

Л. И. ГОРЕЦКИЙ, В. И. БАРЗДО,  
С. М. ПОЛОСИН-НИКИТИН, А. М. ВИКТОРОВ

# СТРОИТЕЛЬСТВО АЭРОДРОМОВ

Под редакцией доктора техн. наук  
проф. Н. Н. Иванова

*Допущено Министерством высшего и среднего  
специального образования СССР в качестве  
учебника для студентов специальности  
«Строительство аэродромов» высших учебных  
заведений*



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ТРАНСПОРТ»  
Москва 1968

**Строительство аэродромов.** Горецкий Л. И., Барздо В. И., Полосин-Никитин С. М., Викторов А. М. Изд-во «Транспорт», 1968 г., стр. 1—512.

В учебнике изложены основные вопросы технологии строительства аэродромов: подготовка территории к строительству, земляные работы на летном поле, устройство дренажно-водосточной сети, постройка покрытий.

Рассмотрены также производство и организация работ на производственных предприятиях аэродромов капитального типа (ЦБЗ, АБЗ и др.).

Производство строительных работ излагается на базе передовой технологии, поточного метода, индустриализации, комплексной механизации и в ряде случаев полной или частичной автоматизации технологических процессов.

Учен опыт работы по строительству аэродромов в СССР и труды советских ученых в области аэродромного, дорожного, гидротехнического и промышленного строительства.

Учебник предназначен для студентов вузов по специальности «Строительство аэродромов».

Содержание учебника соответствует программе курса «Технология строительства аэродромов». Таблиц 69. Иллюстраций 190. Библиографий 25.

---

---

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Среди всех видов транспорта воздушный с каждым годом все более и более завоевывает ведущее место в общей системе транспортной сети СССР, так как отличается большой скоростью и неограниченной маневренностью в пути. Воздушный транспорт соединяет с центральными городами малодоступные или практически недоступные для других видов транспорта районы. Даже при наличии железных и автомобильных дорог и передачи на эти более дешевые виды транспорта основной части грузовых перевозок воздушный транспорт сохраняет свое значение как средство скоростной переброски пассажиров, скоропортящихся грузов, а также как средство почтовой и административной связи. По пятилетнему плану (1966—1970 гг.) перевозки пассажиров воздушным транспортом увеличатся в 1,8 раза.

Развитие воздушного транспорта неразрывно связано со специальной отраслью строительной техники — аэродромостроением, строительством аэропортов.

Современный аэропорт представляет собой комплекс сложных инженерных сооружений и земельный участок с воздушным пространством, предназначенный для обслуживания, стоянки, взлета и посадки самолетов. Площадь аэропорта обычно составляет 800 га и больше. Из них 100 га занимают искусственные покрытия взлетно-посадочных полос (ВПП), рулежных дорожек (РД), мест стоянок (МС) и перронов. До 100 га отводится под сооружения для обслуживания пассажиров, почты и грузов, складов; технического обслуживания прибывающих и отправляемых самолетов (осмотр, заправка топливом, маслом); ремонта самолетов; под административно-хозяйственные здания.

Взлетно-посадочные полосы для обеспечения взлета и посадки самолетов с большими скоростями на современных аэродромах устраивают длиной 3 км и более.

В связи с непрерывным развитием воздушного транспорта в СССР с каждым годом увеличивается объем аэродромостроительных работ, что требует повышения уровня индустриализации строительства и превращения его в комплексно механизирован-

ный и автоматизированный процесс; широкого использования при монтаже аэропорта и его сооружений унифицированных элементов, изготовленных на производственных предприятиях строительства.

Аэродромостроение требует массовой подготовки кадров новой специальности — инженеров-строителей, на которых возлагаются задачи изыскания и проектирования, строительства, реконструкции, ремонта и содержания аэродромов.

Строительство аэродромов имеет свои особенности и является одной из отраслей советской строительной индустрии. В основу аэродромного строительства положены поточный метод, индустриализация, комплексная механизация и автоматизация процессов производства. Механизация и автоматизация снижают трудоемкость строительного-монтажных работ, облегчают и улучшают условия труда, ускоряют, удешевляют и повышают качество строительства.

Индустриализация строительства требует создания механизированных и автоматизированных производственных предприятий: карьеров нерудных строительных материалов, дробильных, цементобетонных, асфальтобетонных заводов, полигонов для изготовления железобетонных изделий.

Неотъемлемой частью дальнейшего подъема строительной индустрии является систематическое улучшение экономических показателей строительства, удешевление стоимости аэропорта.

Успешное решение задач дальнейшего улучшения строительства требует от инженеров-строителей знаний технологии производства аэродромостроительных работ, современной отечественной и зарубежной строительной техники, а также умения эффективно претворять эти знания в своей практической деятельности.

Книга написана коллективом авторов под руководством проф. Н. Н. Иванова и служит учебником по курсу «Технология строительства аэродромов» для высших учебных заведений СССР по специальности «Строительство и эксплуатация аэродромов».

Учебник написали: главы XI—XVI и § 74 — Л. И. Горецкий; введение, главы I, II, кроме § 19—21, III—VI, IX, X — В. И. Барздо; предисловие, § 19—21 главы II, главы VII, VIII, XVII—XX, XXII — С. М. Полосин-Никитин; главу XXI — А. М. Викторов.

Авторы считают, что книга не свободна от недостатков, поэтому все замечания и пожелания, направленные на ее улучшение, будут приняты с благодарностью и учтены в дальнейшей работе.

Отзывы и предложения просим направлять в адрес издательства: Москва, Б-174, Басманный тупик, 6а.

---

---

---

## ВВЕДЕНИЕ

### § 1. Характеристика аэродромно-строительных работ

Для того чтобы построить аэродром с одной ВПП для современных самолетов, необходимо выполнить следующие основные работы:

1. Снять, переместить на расстояние до 200—500 м и временно обваловать 50—100 тыс/м<sup>3</sup> растительного грунта. После производства земляных работ этот объем растительного грунта необходимо восстановить на площадях летного поля, где требуется создать прочный дерновой покров.

2. Отрыть траншеи, уложить трубы коллектора, засыпать и уплотнить грунт в траншеи на протяжении 10—30 км.

3. Разработать в выемке или резерве 200—600 тыс. м<sup>3</sup> грунта (на некоторых аэродромах до 3—4 млн. м<sup>3</sup>), переместить его в насыпь на расстояние 500—1500 м, уложить и уплотнить.

4. Построить аэродромное основание и покрытие на площади 300—500 тыс. м<sup>2</sup>.

5. Спланировать поверхность летного поля на площади 100—150 га и выполнить агротехнические работы для создания дернового покрова.

Из комплекса аэродромно-строительных работ наиболее трудоемким является устройство покрытий. При строительстве аэродрома с покрытием из монолитного бетона вблизи объекта строят бетонный завод производительностью 200—400 м<sup>3</sup>/смену, на котором сооружают и оборудуют склады для приема, выдачи и переработки материалов. Только на завоз и обработку заполнителей бетона (без добычи их в карьере) затрачивается свыше 25% чел.-дней, необходимых на строительство всей летной зоны аэродрома. Большой удельный вес этих работ требует максимальной механизации всех рабочих процессов.

В целях эффективного использования карьерного оборудования и равномерной загрузки железнодорожного транспорта камень, щебень и песок завозят на строительную площадку равномерно в течение всего года, не считаясь с сезонностью работ по

строительству бетонных покрытий. Таким образом, за вычетом 1—1,5 осенних месяцев, необходимых для периодического ремонта карьерного оборудования, поступление на стройплощадку каменных материалов начинается с ноября-декабря, а расходование — с апреля-мая. Поэтому запас материала на складах объекта достигает: щебня 50—60 тыс. м<sup>3</sup>, песка 30—40 тыс. м<sup>3</sup>, цемента 12—15 тыс. т.

Для обеспечения строительства электроэнергией к объекту подводят временную или постоянную линию электропередач или устанавливают временные электростанции мощностью 400—1000 квт.

Водоснабжение осуществляется путем установки насосных станций у водных источников. Общая потребность воды на объекте может достигать 500—800 м<sup>3</sup> в сутки.

Организация строительства аэродрома и технология выполнения работ должны базироваться на последних достижениях науки и техники. Снижение стоимости и сокращение сроков строительства, повышение производительности труда могут быть достигнуты путем внедрения индустриальных методов строительства, поточного метода производства работ, применения комплексной механизации и автоматизации строительно-монтажных работ.

## § 2. Индустриализация строительства

Под индустриальным методом строительства понимают такой метод, при котором на месте возведения инженерного сооружения производят только его сборку и монтаж из крупноразмерных конструкций и блоков, изготовленных на заводах.

Применение этого метода обеспечивает снижение трудовых затрат, сокращение продолжительности строительства и скорейший ввод в действие сооружений. При индустриальном строительстве отпадает необходимость устройства временных зданий и сооружений для обработки и изготовления материалов, бетонных смесей и т. п. Индустриализация почти полностью устраняет неблагоприятное влияние природно-климатических условий на качество и сроки выполнения работ и позволяет вести их ритмично в течение всего года.

В практике аэродромного строительства индустриальные методы применяют: при строительстве покрытий из сборных плит, изготовленных на заводах железобетонных конструкций (ЖБК); устройстве сети коллектора из асбоцементных труб; сооружении смотровых колодцев и дождеприемников из железобетонных звеньев, изготовленных на заводах.

Повышение уровня индустриализации аэродромного строительства возможно путем совершенствования и унификации плит для сборных покрытий, блоков для оснований под трубы коллектора, колец для коллектора и звеньев для дождеприемников и смотровых колодцев; разработки совершенных методов соеди-

нения сборных элементов; применения наиболее прогрессивных машин для выполнения строительных, монтажных, транспортных и погрузочно-разгрузочных работ.

Для широкого внедрения индустриальных методов в практику аэродромного строительства необходимо наличие развитой строительной индустрии вблизи строительной площадки.

С увеличением расстояния от места изготовления деталей на заводах до места их монтажа на объекте увеличивается стоимость транспортирования, что удорожает строительство.

При отсутствии в районе строительства заводов ЖБК, сборные элементы, целесообразно изготавливать на специально построенных для этой цели производственных предприятиях. В этом случае на строительную площадку должны поставляться полуфабрикаты (товарный бетон, фракционированный щебень, горячие, теплые или холодные асфальтобетонные смеси), изготовленные на централизованных промышленных предприятиях или установках строительных организаций.

Не весь комплекс работ на аэродроме может быть выполнен индустриальными методами. Некоторые виды работ (земляные, планировочные и агротехнические, строительство оснований под аэродромные покрытия из цементогрунта, песка, щебня, гравия) по своей специфике не могут быть выполнены индустриальными методами, поэтому их выполняют средствами комплексной механизации.

### **§ 3. Комплексная механизация и автоматизация строительства**

Под комплексной механизацией строительства понимают такой способ производства работ, при котором все строительные процессы и рабочие операции выполняются наиболее совершенными машинами, подобранными по производительности и параметрам.

Так, например, для выполнения земляных работ на аэродроме в зависимости от конкретных условий строительства, наиболее широко применяются скреперные и экскаваторные способы. При скреперном способе в работе участвуют четыре типа машин: рыхлитель, скрепер, автогрейдер (или бульдозер) и катки. Наиболее трудоемкий процесс выполняют скреперы. Производительность остальных машин должна быть равна производительности скреперов, иначе будут простаивать или скреперы, или остальные машины.

При экскаваторном способе производства работ производительность экскаваторов должна быть равна производительности всех автомобилей-самосвалов, отвозящих грунт в насыпь, а производительность остальных машин (бульдозера, катка) — производительности экскаваторов.

Параметры машин, участвующих в выполнении комплексного процесса, должны быть увязаны между собой. Так грузоподъем-

ность автомобилей-самосвалов, принятых для отвозки грунта требуется согласовать с геометрической емкостью ковша экскаватора. Толщина слоя грунта, отсыпаемого скреперами, должна быть равна толщине слоя, которую могут уплотнить катки.

Для того чтобы выполнить условия комплексной механизации необходимо не только подобрать машины по производительности и параметрам, но и выбрать такие наиболее производительные машины, которые в конкретных условиях строительства аэродрома позволят выполнить работы с наименьшей их стоимостью при хорошем качестве работ.

Оснащенность строительных и монтажных организаций средствами механизации определяется следующими показателями механовооруженности и энерговооруженности.

*Механовооруженность строительства* определяется отношением балансовой стоимости (в %) используемых в строительстве машин, установок и механизмов к общему объему строительного монтажных работ.

*Механовооруженность рабочих* определяется балансовой стоимостью используемых в строительстве машин, установок и механизмов, приходящейся на одного рабочего, занятого на выполнении работ.

*Энерговооруженность строительства* определяется общей установленной мощностью (в кВт) двигателей, используемых в строительстве машин, установок и механизмов, приходящейся на 1 млн. руб. строительного-монтажных работ.

*Энерговооруженность рабочих* определяется общей установленной мощностью (в кВт) двигателей, используемых в строительстве машин, установок и механизмов, приходящейся на одного рабочего, занятого на выполнении работ в строительстве.

Механовооруженность и энерговооруженность могут определяться с учетом транспортных средств и без учета их.

Различают три стадии механизации строительного производства: частичную, комплексную и автоматизацию.

При частичной механизации некоторые рабочие операции строительного процесса выполняют вручную. Например, при отрывке траншеи под коллектор экскаватором, дно траншеи зачищают вручную.

При комплексной механизации все рабочие операции строительного процесса, включая и вспомогательные, выполняют при помощи комплекта машин.

Высшей формой комплексной механизации является автоматизация, т. е. применение приборов, приспособлений и машин, позволяющих осуществлять строительный процесс без непосредственного физического усилия рабочего. Автоматизация находит применение при управлении машинами, учете использования их, контроле качества и обеспечении безопасности производства работ. Рабочий контролирует только ход процесса и работу машин, устройств и приборов.



Способы и средства осуществления комплексной механизации данного вида работ или строительства должны выбираться на основании сопоставления определяемых расчетом показателей экономической эффективности возможных вариантов выполнения заданных объемов работ, сроков строительства, производительности и последовательности выполнения работ. При этом должны учитываться основные параметры инженерных сооружений и конкретные условия производства работ.

Основные показатели, по которым должна оцениваться экономическая эффективность сравниваемых вариантов комплексной механизации строительных и монтажных работ:

*себестоимость* выполнения комплексно механизированного (автоматизированного) процесса или вида строительных работ, определяемая на единицу измерения ( $1 \text{ м}^3$  грунта,  $1 \text{ м}^2$  аэродромного покрытия и т. п.):

$$C = \frac{\Sigma M}{Q}, \quad (1)$$

где  $C$  — себестоимость единицы продукции;

$\Sigma M$  — сумма стоимостей машино-смен всех машин, участвующих в выполнении строительного процесса;

$Q$  — объем работ, выполняемых за смену;

*капитальные вложения* на приобретение средств комплексной механизации и автоматизации;

*затраты труда рабочих*, определяемые на единицу измерения, принятую при исчислении себестоимости.

Кроме основных показателей, в отдельных случаях для оценки экономической эффективности сравниваемых вариантов принимают: сроки окупаемости капитальных вложений на приобретение средств комплексной механизации, продолжительность выполнения отдельных видов строительных работ, расход электроэнергии и топлива на единицу работ, степень обеспечения и оздоровления условий труда рабочих и др.

Планирование комплексной механизации и автоматизации строительных и монтажных работ должно предусматривать разработку и осуществление конкретных мероприятий, направленных на сокращение ручного труда, на внедрение прогрессивных способов механизации и улучшение использования парка машин. Осуществление этих мероприятий обеспечивает сокращение сроков строительства, снижение себестоимости работ и повышение производительности труда.

#### § 4. Поточный метод производства работ

Поточным называют такой метод, при котором происходит непрерывный и равномерный выпуск продукции, а следовательно, непрерывное и равномерное потребление трудовых и материально-технических ресурсов.

Поточный метод осуществляется расчленением производств на составляющие процессы, разделением труда между исполнителями, созданием производственного ритма, совмещением строительных процессов во времени и пространстве.

Организацию поточного метода строительства аэродрома проще всего проследить на примере устройства аэродромного покрытия. В этом случае площадь аэродрома разбивается на равные участки (захватки). При неизменной конструкции покрытия объемы работ на каждой захватке будут равны.

Весь комплекс работ по устройству покрытия расчленяют на составляющие рабочие операции. Так, например, при строительстве аэродромных покрытий из сборных плит необходимо последовательно выполнить рабочие операции: спланировать и уплотнить дно корыта, завезти материал для основания, разровнять материал, спланировать и уплотнить основания, подвезти и уложить плиты. Выполнение каждой рабочей операции поручается механизированному звену. Звенья, последовательно перемещаясь по захваткам, создают готовую продукцию. Продолжительность работы звена на захватке называют *ритмом потока*.

Если производительность звена по рабочей операции больше чем скорость потока, звено не будет полностью загружено работой. Если же производительность звена меньше, чем требуется скорость потока, это будет тормозить работу звеньев, занятых выполнением всех последующих рабочих операций.

Развертывание работ поточным методом происходит следующим образом. На первой захватке первое звено начинает выполнять первую рабочую операцию. После того как будет выполнена первая рабочая операция, первое звено переходит на вторую захватку, а на первой захватке второе звено начинает выполнять вторую рабочую операцию. Таким образом в работу постепенно включаются все звенья и начинается выпуск готовой продукции.

По структуре и виду продукции различают частные, специализированные, объектные и комплексные потоки.

*Частный поток* — элементарный поток, представляющий собой последовательное выполнение одной рабочей операции на ряде захваток (завозка, разравнивание, уплотнение грунта и т. д.)

*Специализированный поток* — совокупность частных потоков объединенных единой системой параметров и схемой потока, а также общей строительной продукцией в виде законченного участка земляных работ, аэродромного покрытия или дренажно-водосточной сети.

*Объектный поток* — совокупность специализированных потоков, совместной продукцией которых является готовый аэродром, ангар или здание.

*Комплексный поток* — группа организационно связанных объектных потоков, объединенных общей продукцией в виде комплекса инженерных сооружений аэропорта.

Аэродромно-строительные работы распределены по площади аэродрома различно. Например, работы с грунтом по площади распределены неодинаково. Работы по строительству покрытий и работы с растительным грунтом распределены по площади равномерно. Поэтому при выполнении работ поточным методом механизированными звеньями с постоянным составом машин и рабочих скорость их перемещения по площади будет различной: постоянной при строительстве покрытий и переменной при разработке выемок и возведению насыпей.

Возникает необходимость подразделить потоки на потоки с постоянной и переменной скоростью.

Вместо «скорость потока» иногда применяют термин «темп потока» или «интенсивность потока», понимая под этим количество продукции, выпускаемой строительным потоком за единицу времени, измеренное в натуральных показателях.

Иногда к выполнению последующей рабочей операции нельзя приступить сразу же после окончания предыдущей. Необходимый перерыв в производстве, вызванный характером применяемых материалов (выдерживание бетона и др.), называют *технологическим перерывом*. В ряде случаев технологический перерыв не должен превышать определенного интервала времени. Так, например, при устройстве цементогрунтового основания необходимо после внесения цемента в течение 5—6 ч выполнить следующие рабочие операции: перемешать грунт с цементом, увлажнить смесь, перемешать ее вторично после увлажнения, спланировать и уплотнить основание.

Если для последующей рабочей операции или специализированного потока необходимо подготовить фронт работ, этот перерыв во времени называют *организационным*.

Время, в течение которого в строительный поток аэродрома включаются все составляющие его частные (или специализированные) потоки называют *периодом развертывания* специализированного (или объектного) потока.

Период развертывания потока в днях  $t_{\text{раз}}$  зависит от количества рабочих операций в потоке  $n$ , ритма потока  $r$ , количества рабочих смен в сутки  $m$ , продолжительности технологических  $t_{\text{тех}}$  и организационных перерывов  $t_{\text{орг}}$ .

$$t_{\text{раз}} = \frac{r(n-1)}{m} + t_{\text{тех}} + t_{\text{орг}}. \quad (2)$$

После того как на последней захватке аэродрома будет закончена первая рабочая операция, происходит свертывание потока и освободившиеся механизированные звенья могут быть переброшены на следующий объект строительства. Время от окончания на последней захватке первой рабочей операции до окончания на этой захватке последней рабочей операции называют *периодом свертывания потока*.

В специализированном потоке с постоянными параметрами ( $n, r, m, t_{\text{тех}}, t_{\text{орг}}$ ) период свертывания  $t_{\text{св}}$  равен периоду развертывания  $t_{\text{раз}}$  (2).

С начала выполнения последней рабочей операции на первой захватке до окончания первой рабочей операции на последней захватке все механизированные звенья участвуют в работе этот период принято называть *периодом установившегося потока*.

Отношение продолжительности периода установившегося потока к общей продолжительности действия потока называют *коэффициентом эффективности применения* поточной организации работ Э:

$$\mathcal{E} = \frac{T_{\text{пот}} - (t_{\text{раз}} + t_{\text{св}})}{T_{\text{пот}}}, \quad (3)$$

где  $T_{\text{пот}}$  — полное время действия потока;

$t_{\text{раз}}$  — период развертывания потока;

$t_{\text{св}}$  — период свертывания потока.

Время, необходимое для выполнения работ поточным методом  $T_{\text{пот}}$ , будет равно сумме отрезков времени на развертывание потока  $t_{\text{раз}}$  и продолжительности завершающего частного потока (периода выпуска готовой продукции)  $t_{\text{опер}}$ .

При ритмичном потоке период выпуска готовой продукции равен продолжительности каждой рабочей операции

$$t_{\text{опер}} = T_{\text{пот}} - t_{\text{раз}}. \quad (4)$$

Из этого уравнения следует, что продолжительность выполнения каждой рабочей операции всегда меньше, чем продолжительность действия потока, на величину периода развертывания потока.

При заданном сроке строительства чем большим временем располагают строители для выполнения каждой рабочей операции, тем менее мощными машинами можно выполнить каждую рабочую операцию, а следовательно, построить аэродром в заданный срок с меньшей энерговооруженностью.

При заданной мощности строительной организации, т. е. заданной интенсивности потока, продолжительность строительства аэродрома будет меньше при организации потока с меньшим периодом развертывания. Поэтому во всех случаях время на развертывание и свертывание потока должно быть минимальным, а период установившегося потока — максимальным.

Как следует из уравнения (2), уменьшение периода развертывания потока возможно за счет сокращения времени выполнения рабочей операции на захватке (ритма потока), увеличения количества смен в сутки, сокращения технологических и организационных перебоев.

Уменьшение ритма потока при заданной его интенсивности сопровождается пропорциональным сокращением размеров захватки. Но размеры захватки можно уменьшать только до определенного предела, при котором дальнейшее уменьшение размеров захватки может вызвать резкое сокращение производительности машин. Особенно это относится к машинам, которые работают с разворотами на концах захватки (прицепные катки, грейдеры и др.).

Наиболее целесообразным является ритм потока, равный одной смене. При увеличении ритма потока до двух и более смен, звено первой смены оставляет незавершенным рабочую операцию на захватке, что затрудняет приемку работ и контроль качества. При уменьшении ритма потока до части смены механизированное звено должно в течение смены перемещаться с захватки на захватку, что может привести к ненужным затратам времени.

Период развертывания потока можно сократить путем применения машин (комбайнов), способных выполнять одновременно несколько технологических операций на каждой захватке.

## **§ 5. Специализация и кооперирование**

В настоящее время в аэродромном строительстве осуществляется специализация по двум направлениям: отраслевой и по видам работ. Отраслевая, т. е. предметная специализация, заключается в том, что строительно-монтажные организации специализируются на выполнении комплекса работ по строительству аэродромов. На основе внутрипроизводственного разделения труда, организуются специализированные по отдельным видам и комплексам работ и технологическим операциям участки производителей работ (земляные и бетонные работы, устройство водостоков).

При строительстве некоторых аэродромов осуществлена специализация по видам работ (земляные, бетонные, устройство водостоков). Эти специализированные строительные организации, кроме работ, которые они выполняют на аэродроме, производят работы и на других объектах.

Специализация строительных организаций способствует значительному улучшению технико-экономических показателей их деятельности. В специализированных организациях имеются наиболее благоприятные условия для дальнейшей индустриализации строительства. Здесь могут быть использованы не только строительные детали, изготовленные промышленностью, но и организовано производство различных полуфабрикатов.

Важным преимуществом специализированных организаций является их мобильность и маневренность, т. е. возможность быстро сосредоточить крупные силы на том или ином объекте при необходимости выполнить в короткий срок большой объем работ данного вида. Такая необходимость может возникнуть при же-

лании организовать поток с постоянной скоростью при неравномерном распределении работ по площади аэродрома.

Дальнейшее совершенствование организации строительства аэродромов должно установить наиболее эффективные формы и масштабы специализации с учетом местных условий.

Чрезмерная узкая специализация может привести к увеличению числа строительных организаций и к усложнению управления строительством.

При специализации по видам работ одна из строительных организаций является генеральным подрядчиком. Эта генподрядная организация выпускает продукцию на основе постоянного кооперирования. Кооперирование осуществляется путем установления производственных связей между генподрядными и субподрядными организациями, а также между подрядными организациями и предприятиями, изготовляющими и транспортирующими на строительство сборные конструкции, детали, узлы и полуфабрикаты.

Производственные связи в условиях кооперирования должны основываться на высокой договорной дисциплине и ответственности за сроки и качество выполнения сторонами своих обязательств в соответствии с графиками совмещения работ генподрядной и субподрядных организаций на основе проекта производства работ.

Если при отраслевой специализации имеется возможность перебрасывать ресурсы с одного вида работ на другой и тем устранять задержки, то при специализации по видам работ задержка с выполнением работ одной строительной организацией, как правило, приводит к остановке комплексного строительного процесса. Поэтому при специализации по видам работ должны быть организованы четкие производственные связи между подрядными организациями, основанные на тщательно разработанном проекте производства работ.

## **§ 6. Организационно-техническая подготовка к строительству аэродромов**

Строительство новых и реконструкцию действующих аэродромов следует начинать только после организационно-технической подготовки, которая обеспечивает планомерное развертывание и осуществление строительно-монтажных работ, ввод в эксплуатацию объектов строительства в установленные планом сроки, снижение себестоимости и высокое качество работ.

Организационно-техническая подготовка к строительству аэродрома осуществляется обычно в два этапа: 1) организационные мероприятия; они выполняются до начала работ на строительной площадке; 2) подготовительный период, в который выполняются строительно-монтажные работы по подготовке строительной площадки для основных объектов.

До начала подготовительного периода в целом должны быть осуществлены следующие организационные мероприятия:

утверждено в установленном порядке проектное задание со сводным сметно-финансовым расчетом;

решены вопросы обеспечения строительства материалами, конструкциями и деталями в увязке с общим балансом этих ресурсов и учетом планов развития промышленности строительных материалов и строительной индустрии в районе строительства; при необходимости должны быть определены подлежащие вводу в действие дополнительные производственные мощности материально-технической базы строительства, создаваемой по особому плану на основе технико-экономических обоснований (ТЭО), и решены вопросы ввода этих дополнительных мощностей в сроки, увязанные с планируемым строительством;

разработаны и утверждены рабочие чертежи и сметы в срок до 1 сентября года, предшествующего планируемому, на объем работ первого года строительства, а спецификации для заказа оборудования, приборов, кабельных и других изделий для особо важных строек — до 1 апреля;

определены строительные, монтажные и специализированные организации для осуществления запланированного строительства и решены вопросы по созданию или наращиванию их производственных мощностей, а также по размещению и культурно-бытовому обслуживанию кадров;

произведен в натуре отвод территории;

оформлено финансирование; при выполнении работ подрядным способом заключен договор на строительство с подрядной организацией;

получены фонды и размещены заказы на первоочередные поставки оборудования для строящегося (реконструируемого) предприятия или сооружения в соответствии с графиком;

закончены работы, связанные с переселением лиц и организаций, расположенных на территории строительной площадки.

*В состав работ подготовительного периода входят:* закрепление опорной геодезической сети, освоение территории (осушительные работы на заболоченных участках, перенос из зоны воздушных подходов линий электропередач, связи и др.), создание складского хозяйства, производственных предприятий и монтаж механизированных установок (автоматизированный бетонный завод со складом цемента), устройство постоянных или временных железнодорожных путей, автомобильных дорог, строительство основных или временных (инвентарных) зданий и сооружений для размещения строителей и вынос проекта в натуру.

После выполнения работ подготовительного периода в объемах, достаточных для успешного развития работ основного периода, приступают к выполнению последних.

*В состав работ основного периода входят:* земляные аэродромные работы, устройство водосточно-дренажных и других

инженерных сетей, оснований, искусственных покрытий ВПП, РД, МС, а также создание дернового покрова на грунтовой части летного поля.

## § 7. Организация труда в строительстве

Одним из важных условий повышения производительности труда является организация заработной платы, в основу которой положены технические нормы времени (нормы выработки), тарифная система и формы оплаты труда.

*Нормой времени* называют время, необходимое на производство единицы продукции (1 м<sup>3</sup> грунта, 1 м<sup>2</sup> аэродромного покрытия). Нормы времени, как правило, выражаются в человеко-часах или машино-часах. Норма времени может быть установлена на отдельную рабочую операцию или строительный процесс, состоящий из нескольких рабочих операций.

Технически обоснованные нормы времени устанавливают на основании технического нормирования, которое включает изучение нормируемого строительного процесса, установление наиболее рациональной его организации, выбор рабочих для хронометражных наблюдений, производство этих наблюдений, анализ результатов наблюдения и определение нормы. В строительстве применяют единые нормы времени на строительные и монтажные работы, которые утверждаются Госстроем СССР и Государственным комитетом по труду и заработной плате по согласованию с ВЦСПС в качестве обязательных для применения на стройках всех министерств и ведомств.

На отдельные, редко встречающиеся строительные и монтажные работы, не вошедшие в Единые нормы и расценки (ЕНиР), разрабатывают местные (ведомственные) нормы, которые утверждает начальник строительства или управляющий трестом для применения только в этих строительных организациях. Единые нормы времени и значительная часть местных норм разрабатываются методами технического нормирования и поэтому являются технически обоснованными.

Кроме технически обоснованных норм, существуют опытно-статистические нормы, которые устанавливаются на основе фактических затрат рабочего времени на выполнение аналогичных работ. Установленные таким способом нормы не отражают имеющихся резервов повышения производительности труда, не учитывают применения современной строительной техники и опыта передовиков-строителей, а также непрерывно возрастающего культурно-технического уровня рабочих кадров.

В норму времени  $t_n$  входит не только время, фактически затраченное на выполнение рабочей операции  $t_p$ , но и перерывы  $t_n$  для отдыха, время, затраченное рабочим на его перемещение в процессе работ, на подготовительно-заключительные операции. Обеденный перерыв в рабочее время не включают.



Затраты времени, необходимого для выполнения рабочей операции, включают в состав технической нормы времени. Потери времени, возникающие вследствие недостатков в организации труда на строительстве, не подлежат включению в состав технической нормы времени (простой из-за отсутствия материалов).

Отношение времени полезной работы  $t_{\text{раб}}$  к технической норме времени  $t_{\text{нор}}$  называют *коэффициентом использования времени*  $k_v$ . Так, например, величина коэффициента  $k_v$  для землеройно-транспортных машин принимается равной 0,80, для экскаваторов он редко поднимается выше 0,75.

Время простоя для наиболее часто используемых машин приведены ниже:

	Время простоя, % от продолжительности смены
Подготовительные и заключительные работы (ежесменная приемка и сдача машины)	3
Переезд к месту работ от места ночной стоянки и обратно	2
Переход к месту работ с одной захватки на другую	1
Крепеж машины	3
Технологические перерывы, связанные с работой других машин	2
Перерывы, связанные с обедом (включение и выключение двигателя)	1
Дополнительная заправка топливом и водой	2
Отдых	6
Всего	20

Отсюда 
$$k_v = \frac{100 - 20}{100} = 0,80.$$

*Нормой выработки* называется количество единиц строительного процесса или операции, которое должен выработать рабочий или группа рабочих за единицу времени (смену, час) при определенных организационно-технических условиях с учетом имеющегося передового опыта при наиболее эффективном использовании средств производства. Норма выработки — обратная величина нормы времени.

Норма выработки  $H_{\text{выр}}$  и норма времени  $H_{\text{вр}}$  связаны следующей зависимостью:

$$H_{\text{выр}} = \frac{\text{продолжительность рабочей смены}}{\text{норма времени}}$$

или

$$H_{\text{вр}} = \frac{\text{продолжительность рабочей смены}}{\text{норма выработки}}.$$

Для определения производительности труда рабочего применяют три метода: натуральных показателей, нормативный и цено-ностный.

При натуральном методе вся продукция, произведенная одним или несколькими рабочими, делится на количество человеко-дней, затраченных на выполнение данной работы.

При нормативном методе производительность труда определяется сопоставлением количества нормативного времени, требующегося по нормам на выполнение объема работ, с фактически затраченным временем на выполнение этого же объема.

При ценностном методе производительность труда рабочего определяется как частное от деления стоимости выполненных работ (по плановым ценам) на количество человеко-дней, необходимых для выполнения объема работ по плановой стоимости.

*Тарифная система.* Если технически обоснованные нормы позволяют определить количество затраченного труда, то при помощи тарифной системы осуществляется оценка качества труда, учитывается различие между квалифицированным и неквалифицированным, тяжелым и легким трудом.

Основными элементами тарифной системы являются тарифно-квалификационный справочник, тарифные сетки и тарифная ставка.

*Тарифно-квалификационный справочник* предназначен для тарификации работ и рабочих, занятых в строительных, монтажных, ремонтно-строительных организациях, а также в ремонтно-строительных цехах предприятий. Справочник обязателен для применения во всех этих организациях независимо от ведомственного подчинения. Тарификация рабочих проведена на основе шестиразрядной сетки с одной тарифной ставкой на каждый разряд. В пределах каждой профессии используются не все разряды, а лишь те, которые соответствуют сложности работ данной специальности. Такая методика позволяет обеспечить одинаковый уровень тарификации рабочих разных профессий, имеющих разную квалификацию и не допускает разнобоя в оплате труда на работы одинаковой сложности.

*Тарифная сетка* (разряд) определяет квалификацию рабочего, который должен выполнить порученную ему работу. Тарифная сетка заработной платы состоит из определенного количества тарифных разрядов, с соответствующим тарифным коэффициентом и ставкой заработной платы. Тарифным коэффициентом называется отношение ставки данного разряда к ставке первого разряда. Тарифный коэффициент ставки первого разряда всегда принимается за единицу.

Тарифные коэффициенты и часовые тарифные ставки для шестиразрядной сетки, которая введена для строительных, монтажных, ремонтно-строительных организаций, а также ремонтно-строительных предприятий, указаны ниже:

Разряд . . . . .	I	II	III	IV	V	VI
Тарифный коэффициент	1,00	1,13	1,29	1,48	1,72	2,00
Часовые тарифные ставки, коп	32,0	37,0	42,5	48,8	56,2	64,0

*Тарифной ставкой* заработной платы называется сумма заработка рабочего, которая причитается ему за выполнение установленной нормы выработки при сдельной оплате или за отработанный день (час) при повременной оплате труда.

*Расценкой* называется сумма заработка рабочего, звена или бригады, которая выплачивается за выполненную единицу работы при сдельной оплате труда. При практическом использовании расценок руководствуются следующими основными правилами: сумма заработной платы рабочего, звена, или бригады равна расценке, установленной за единицу продукции, умноженной на все количество единиц выполненной продукции. Расценка не подлежит изменению, если фактический состав звена рабочих по численности или по разрядам отличается от предусмотренного в нормах.

В практике строительства применяют две основные системы заработной платы: сдельную и повременную.

*Сдельная оплата труда* — основная форма заработной платы, при которой труд оплачивают по расценке за единицу выработанной продукции. Поэтому размер заработной платы, получаемой сдельщиком, определяется нормой выработки. Сдельная система оплаты труда имеет следующие разновидности: прямая неограниченная и сдельно-премиальная.

Прямой неограниченной сдельной оплатой труда называется такой вид оплаты, когда выполненная продукция оплачивается по прямой расценке. За выполненную работу заработную плату определяют умножением количества единиц произведенной продукции на установленную расценку за единицу.

*Сдельно-премиальной оплатой труда* называется такой вид оплаты, при которой рабочих-сдельщиков премируют за выполнение аккордного задания к установленному календарному сроку или досрочно в размере от 0,5 до 1,0% сдельного заработка по аккордному наряду за каждый процент сокращения нормативного времени.

При повременной оплате труда рабочему оплачивают за единицу проработанного времени (час, смена, месяц) независимо от количества выполненной работы. Повременная оплата может быть почасовой, посменной и помесечной. Повременная оплата применяется чаще всего на подсобных работах, для которых трудно установить норму выработки.

*Наряд-задание.* На строительстве рабочим выдается наряд-задание, в котором указывается объем работ, условия и размеры оплаты, сроки исполнения. Одновременно он является основным документом учета результатов труда рабочих и их заработка. Количественная и качественная приемка работ и расчет с рабочими проводится на основании наряда. Наряд следует выдавать за 2—3 дня до начала работы, чтобы исполнитель мог заранее ознакомиться с предстоящей работой и продумать организацию труда внутри бригады или звена.

## § 8. Основные предпосылки, обуславливающие повышение производительности труда в строительстве

Увеличение производительности труда в строительстве и снижение себестоимости строительных работ может быть достигнуто путем повышения уровня индустриализации строительства, комплексной механизации работ на заводах строительной индустрии и на строительных площадках, организации работ поточными методами.

Важнейшим фактором роста производительности является разделение труда.

*Разделение труда.* При строительстве аэродромов широко применяется разделение труда как между строительными организациями, так и между рабочими в бригаде, что создает предпосылки для повышения производительности в строительстве.

При разделении труда в бригаде каждому рабочему поручается одна рабочая операция, постоянно повторяя которую рабочий затрачивает на ее выполнение меньше времени и сил, чем рабочий, совершающий попеременно целый ряд различных операций, а также не тратит времени на переходы от одной операции к другой и на смену инструмента. Но чрезмерное расчленение строительного процесса может привести к тому, что рабочий будет быстро уставать из-за большого количества однообразных движений. Поэтому для каждого строительного процесса должно существовать оптимальное расчленение, которое может быть установлено только путем научной организации труда.

При небольшом объеме работ на объекте может случиться так, что объем рабочей операции будет недостаточен для полной загрузки рабочего в течение смены. В этом случае следует поручить рабочему выполнение другой рабочей операции, что приведет к необходимости совмещения профессий.

*Выбор способа производства работ.* Производительность труда в строительстве зависит также от правильного выбора комплекта машин для производства работ.

Для производства аэродромно-строительных работ промышленность выпускает различные виды строительных, землеройных и транспортных машин. Некоторые из этих машин (экскаваторы, транспортные средства, катки) могут выполнять только одну технологическую операцию. Другие машины в состоянии выполнять несколько технологических операций, следующих одна за другой; так, например, скрепером можно набирать грунт, перемещать его в насыпь и разравнивать слоями различной толщины. Бульдозер и грейдер можно применить на разравнивании грунта, срезке растительного слоя и перемещении на расстояние до 50—100 м.

При выборе машин следует отдавать предпочтение тем машинам, которые при хорошем качестве работ обеспечивают наибольшую производительность рабочих, занятых выполнением тех-

нологического процесса, при наименьшей стоимости единицы продукции. Особое внимание при выборе машин следует обратить на подбор их по производительности. Если для какой-либо операции будет принята машина меньшей производительности, это повлечет за собой задержку в работе остальных машин. При наличии в комплексном звене одной или нескольких машин с большей производительностью, чем это требуется для выполнения работ в заданные сроки, эти машины обречены на неполное их использование, если на строительстве нет других работ, на выполнении которых можно использовать эти машины.

Лучшие показатели, как правило, имеют машины более мощные, а следовательно, и более производительные. Выработка на одного рабочего у этих машин будет большей, а стоимость единицы продукции меньшей. Но обязательное условие при этом — полная загрузка машины в течение всего периода строительства при работе ее не менее чем в две смены. Кроме того, размеры рабочего места должны обеспечивать нормальные условия для работы машины.

При подборе комплекта машин для комплексной механизации строительного процесса необходимо выделить одну основную рабочую операцию, трудоемкость и стоимость которой наибольшие по сравнению с остальными рабочими операциями, и в первую очередь выбрать машину для выполнения этой операции.

Количество машин, необходимых для выполнения рабочей операции, при потоке с постоянной скоростью будет равно

$$n = \frac{v}{\Pi}, \quad (5)$$

где  $n$  — количество машин, необходимых для выполнения рабочей операции;

$v$  — скорость потока в смену;

$\Pi$  — производительность машины в смену.

При потоке с переменной скоростью количество машин может быть вычислено по формуле

$$n = \frac{R}{t_{\text{опер}}}, \quad (6)$$

где  $R$  — трудоемкость рабочей операции (машино-смен), равная

$$R = Q/\Pi;$$

$t_{\text{опер}}$  — продолжительность выполнения рабочей операции;

$Q$  — объем работ по рабочей операции.

Если количество машин для выполнения рабочей операции получится равным единице ( $n=1$ ), это наилучшее решение, так как в этом случае одна машина с наибольшей возможной мощностью будет полностью загружена работой в течение смены и равномерно в течение действия потока. Если количество машин

получается равным двум, трем и более, это допустимо только в том случае, когда нет более мощной машины или применение ее нецелесообразно по характеру выполняемых работ.

При  $n < 1$  машина будет не полностью загружена работой; если ее полностью загрузить, это приведет к удлинению срока строительства.

Неполная загрузка машины произойдет в том случае, если по характеру работ нельзя допустить технологических разрывов между данной и предшествующей рабочей операцией. Машины, выполняющие предшествующую рабочую операцию, будут тормозить работу машины, занятой выполнением данной рабочей операции. При отсутствии машины с требуемой производительностью следует загрузить ее на родственных рабочих операциях. Для всех рабочих операций машины выбирают с учетом параметров машины, выполняющей основную рабочую операцию.

Если для выполнения одного и того же строительного процесса можно подобрать несколько комплектов машин, необходимо установить технико-экономические показатели по каждому комплекту и выбрать наилучший, обеспечивающий выполнение работ в заданные сроки при наименьшей их стоимости и высоком качестве (см. § 3).

При малом объеме работ, когда не представляется возможность полностью загрузить даже наименее мощную машину, целесообразно выполнять рабочую операцию средствами малой механизации.

---

# ЧАСТЬ I

## СТРОИТЕЛЬСТВО ЛЕТНОГО ПОЛЯ

---

---

### Глава I

#### ОСВОЕНИЕ ТЕРРИТОРИИ СТРОИТЕЛЬСТВА АЭРОДРОМА

##### § 9. Состав работ по освоению территории строительства. Вынос проекта в натуру

В состав работ по освоению территории строительства могут входить: расчистка участка от кустарника и мелколесья, валка и уборка леса, корчевка пней, уборка камней, осушение территории строительства на период производства работ, удаление торфа и мха, срезка кочек, удаление инженерных сетей (дорог, телефонно-телеграфных линий, линий электропередач и др.).

Состав и объем работ, связанных с освоением территории, зависит от района строительства и выбранной площади под аэродром. Работы по освоению территории выполняют в подготовительный период в объемах, обеспечивающих нормальное развитие основных работ (устройство дренажно-водосточной сети, производство земляных работ, строительство искусственных аэродромных покрытий, создание дернового покрова и др.).

Последовательность работ по освоению территории должна быть подчинена очередности выполнения основных работ на летном поле. К работам по освоению территории строительства можно приступить после того, как будет произведен вынос проекта в натуру.

Между окончанием изыскательских работ и началом строительства аэродрома иногда проходит продолжительный период времени, в течение которого часть геодезических знаков, установленных изыскателями (репера, оси и границы искусственных покрытий, точки вершин квадратов и др.), может быть повреждена или уничтожена. Поэтому до начала строительства следует восстановить геодезические знаки и закрепить их на местности.

Эту работу, называемую *выносом проекта в натуру*, выполняют опытные геодезисты заказчика и передают по акту подряда

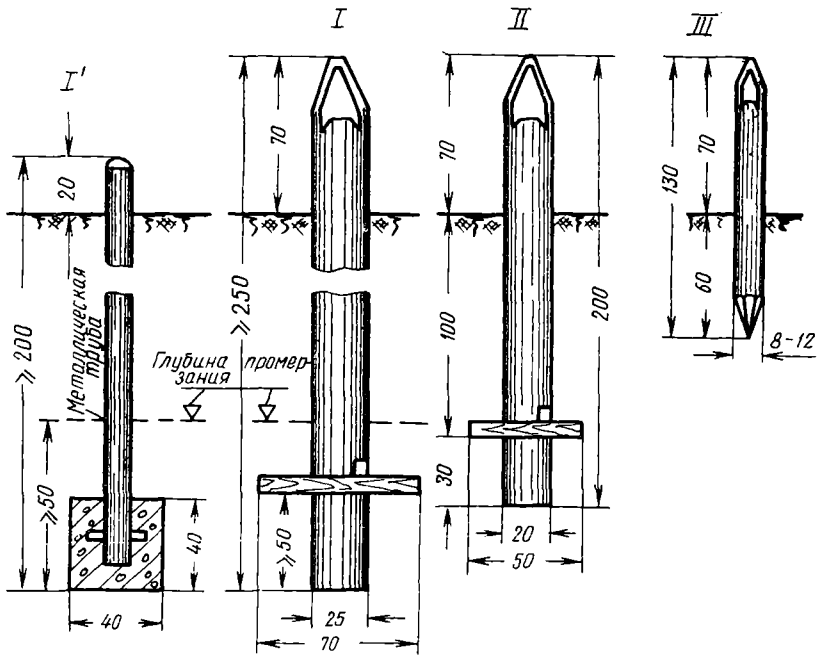


Рис. 1. Типы геодезических знаков для закрепления проекта на местности

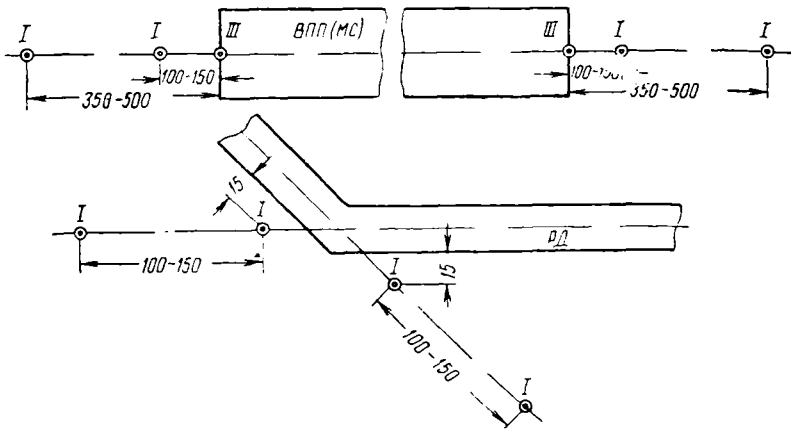


Рис. 2. Схема закрепления на местности осей ВПП (МС) и РД



ку в объемах, обеспечивающих нормальное развитие работ по строительству аэродрома. Одновременно заказчик передает подрядчику границы землеотвода (межевые столбы) и опорную геодезическую сеть.

После восстановления и закрепления геодезических знаков выносят и закрепляют на местности оси искусственных покрытий ВПП, РД, МС, дорог, сооружений, границ летного поля специальными знаками (реперами), размеры которых указаны на рис. 1. Закрепительные знаки I и II типа ограждают легкой деревянной обноской. Желательно вместо деревянных знаков I типа устанавливать металлические репера I' на бетонных фундаментах. Точки пикетажа, поперечников, вершин квадратов закрепляют деревянными колышками и сторожками. Оси и края искусственных покрытий обозначают вехами, устанавливаемыми через 50—100 м.

При выносе проекта на местность должна быть обеспечена точность нивелирования IV разряда.

Выносить проект на местность рекомендуется в следующей последовательности: разбивка осей ВПП, РД, МС, границ летного поля, полос подходов, осушительной сети, земляных работ.

Ось ВПП и групповых МС закрепляют четырьмя знаками I типа по два знака с каждого конца на расстоянии 100—150 и 350—500 м в зависимости от местных условий (рис. 2).

Ось РД закрепляют двумя знаками I или II типа в вершине угла или на продолжении оси после ее пересечения с новым направлением (см. рис. 2).

Трассы коллекторов, дрен, открытых канав закрепляют знаками III типа, которые устанавливают в начале, конце и в углах поворота трассы. Знаки, фиксирующие начало и конец трассы, устанавливают на расстоянии 10 м от начала или конца. В углах поворота трассы устанавливают два знака, по одному — на продолжении оси каждого прямолинейного участка, в 10 м от вершины угла.

## § 10. Разбивка земляных работ

Обозначение на местности границ земляных работ в плане и по высоте называют *разбивкой земляных работ*. Во избежание ошибок при разбивке следует сначала проверить соответствие фактических отметок опорных геодезических знаков (реперов) с проектными. До начала разбивки восстанавливают сетку квадратов на участках, где запроектированы земляные работы.

Проверяют геодезические знаки и восстанавливают сетки квадратов так же, как и перед выносом проекта в натуру (см. § 9). Точность выноса проекта земляных работ в плане не должна превышать  $\pm 1$  м.

Разбивку выполняют по участкам очередности в той же последовательности, в какой запланировано выполнение земляных

работ, т. е. сначала на ВПП, РД, МС, а потом на летном поле.

Поскольку разбивочные работы не должны задерживать выполнения земляных работ, их следует выполнять с некоторым опережением последних, но чрезмерное опережение может привести к уничтожению разбивочных знаков до подхода потока земляных работ.

*Разбивку по сетке квадратов* начинают с выбора осей выемок и насыпей. Оси совмещают с одной из сторон сетки квадратов в направлении наиболее вытянутого размера контура, где, как правило, объем земляных работ наибольший. На местности оси контуров закрепляют вешками, границы выемок и насыпей обозначают путем выноса с проекта вертикальной планировки точек пересечения изолиний нулевых работ с осями сетки квадратов. На местности точки находят путем отмеривания расстояний, определенных по проекту, от ближайшей вершины квадрата до границы контура.

Найденные точки закрепляют вешками, а между ними делают плугом борозду. Рекомендуется ставить разные вешки для обозначения границ выемок и границ насыпей.

Высотную разбивку, т. е. вынесение проектной поверхности, проводят путем забивки по нивелиру в вершинах квадратов колышков, верх которых соответствует проектной поверхности с точностью  $\pm 10$  мм. На участках насыпей высота колышков равна рабочей отметке. В выемках до забивки колышка следует отрыть прикопку, равную величине рабочей отметки. Если величина рабочих отметок превышает 0,5 м, колышки следует забивать после частичного выполнения земляных работ, когда до проектной поверхности останется 30—50 см.

В процессе работ, для постоянного контроля и восстановления проектных отметок, устанавливают рабочие репера по II типу за пределами контуров выемок и насыпей на расстоянии, позволяющем проводить восстановление без промежуточных точек.

*Разбивка визирками.* Дополнительные точки в промежутках между вершинами квадратов устанавливают по визиркам. Визирки позволяют выставлять дополнительные точки на одной линии с двумя точками в вершинах квадратов или другими точками, установленными по нивелиру. Для разбивки требуется три визирки (рис. 3), их делают из досок толщиной 2,5 и шириной 10 см.

Разбивку визирками выполняют два человека: бригадир и рабочий. Сначала покрашенную визирку ставят на точке в вершине квадрата и закрепляют ее. Потом бригадир с визиркой становится на точке в другой вершине квадрата, а рабочий с визиркой становится в створе двух визирок в месте, где следует установить дополнительную точку, и забивает колышек так, чтобы визирка, установленная на нем, была на одной линии с верхней частью визирки бригадира и нижней границей покрашенного поля визирки. Руководит разбивкой бригадир, который указы-

вает рабочему, где и на какую глубину следует забить колышек. При невозможности закрепить третью визирку или при частой перестановке ее в бригаду по разбивке следует включить еще одного рабочего.

При помощи визирок можно также определить границу контура выемки или насыпи, для чего две визирки устанавливаются на колышки, забитые по нивелиру, а с третьей рабочий, визируя на себя (ставит визирку на землю), перемещается до тех пор, пока не будет достигнуто совмещение трех визирок.

Применение этого метода разбивки при современном способе производства земляных работ усложняет организацию работ, так как направления разработки грунта и его перемещения не всегда совпадают с направлением осей сетки квадратов и, кроме того, колышки, сбитые работающими машинами, требуют кропотливой работы по их восстановлению; в этом случае необходимо

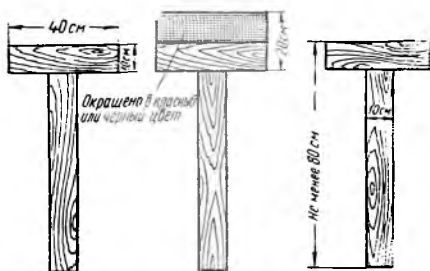


Рис. 3. Комплект визирок

путем визирирования в двух взаимно перпендикулярных направлениях найти месторасположение колышка, а потом забить его по нивелиру.

Можно упростить и облегчить работу по восстановлению сбитых колышков, если заранее их высотное положение вынести и закрепить за пределами участка работ, где нет движения землеройных и транспортных машин (рис. 4). На забитые по нивелиру в вершинах квадратов колышки 3 устанавливают и закрепляют рабочие визирки 4. На участке, где нет движения машин, забивают два кола 5, к верхней части которых прикрепляют горизонтальные планки так, чтобы верх их находился на одной линии 1 с верхней частью двух визирок 4.

При необходимости восстановить сбитый колышек рабочий, визируя на себя, забивает колышек так, чтобы верх установленной визирки на нем был на одной линии с верхом планок на колях.

*Угломерный метод разбивки*, предложенный еще в 1939 г. инж. М. Б. Любомировым, значительно упрощает разбивочные работы, но требует кропотливой подготовительной работы. Сущность этого метода заключается в том, что разбивка производится по проектным горизонталям при помощи теодолита (рис. 5).

Сначала по проекту вертикальной планировки составляют разбивочный план, на котором намечают две опорные точки. Первая предназначается для стоянки теодолита, вторая используется для трассирования. Из первой точки проводят лучи по всему

контуру, предназначенному для разбивки. Измеряют углы между лучами и линией, соединяющей первую и вторую опорные точки. В местах пересечения лучей с красными горизонталями намеча-

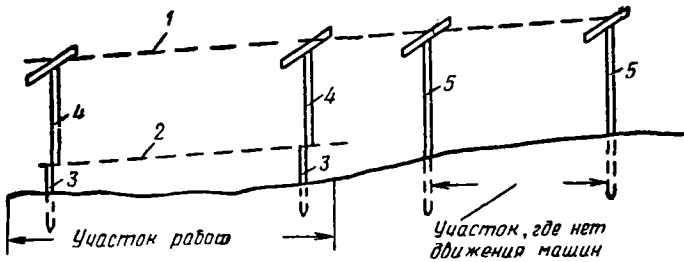


Рис. 4. Схема закрепления точек разбивки

ют контрольные точки и определяют расстояния от контрольных точек до первой опорной точки. Зная разницу в отметках между первой опорной точкой и контрольными точками и расстояния их от опорной точки, вычисляют угол наклона от горизонта луча,

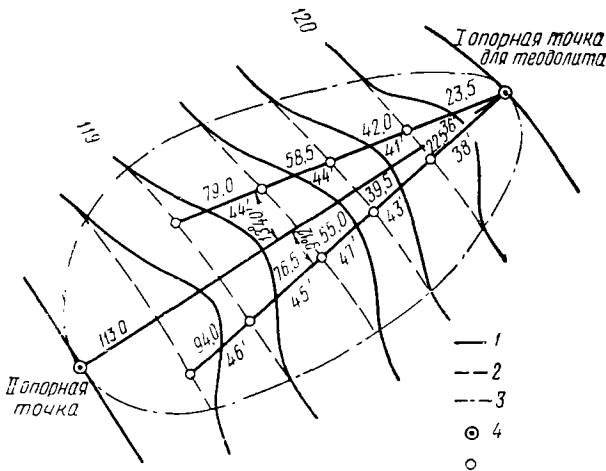


Рис. 5. Разбивочный план для угломерного метода разбивки земляных работ:

1 — горизонтали рельефа; 2 — проектные горизонтали; 3 — линия нулевых отметок; 4 — опорные точки; 5 — контрольные точки

соединяющего первую опорную точку с каждой контрольной точкой. Результаты вычисления записывают на разбивочном плане (см. рис. 5).

Разбивку земляных работ на местности по разбивочному плану проводят в следующей последовательности: находят на

местности опорные точки, которые закрепляют реперами (II типа). Над первой точкой устанавливают теодолит, визирную ось которого направляют на вторую опорную точку, и закрепляют лимб. Контрольные точки находят путем поворота трубы теодолита в плане на угол, равный углу между линией, соединяющей опорные точки, и соответствующим лучом. Трубу наклоняют на угол, соответствующий вычисленному по разбивочному плану. Расстояния до контрольных точек измеряют дальномером. Для упрощения работ на рейке следует сделать отметку, равную высоте теодолита.

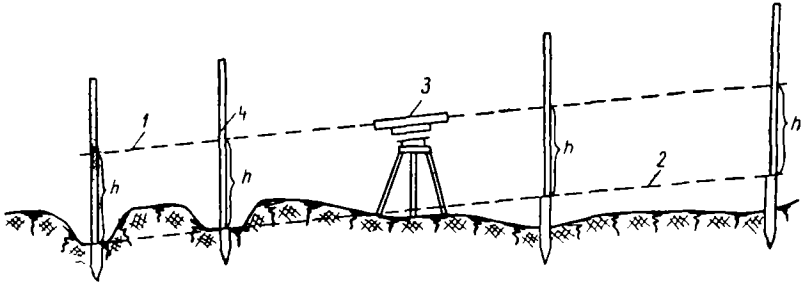


Рис. 6. Метод наклонного нивелирования:

1 — визирный луч нивелира; 2 — проектная линия; 3 — труба нивелира; 4 — рейка;  
 $h$  — превышение визирного луча над проектной линией

**Метод наклонного нивелирования.** Если есть несколько проектных точек, расположенных на прямой линии, как в плане, так и по высоте, то для высотной их разбивки можно применить наклонное нивелирование (рис. 6). Для этого необходимо две крайние точки установить по нивелиру на проектной отметке обычным методом. Затем устанавливают нивелир в створе линии и, действуя двумя подъемными винтами, расположенными параллельно проектной линии, добиваются одинаковых отсчетов по рейкам, стоящим на двух крайних точках. Полученный отсчет записывают в журнал и по нему устанавливают все остальные точки.

Переносить в натуру проектную плоскость дна корыта можно также методом наклонного нивелирования. Для этого необходимо установить по нивелиру на проектной отметке четыре точки: две — вдоль корыта, третью — в поперечном направлении, как можно дальше отстоящую от линии, которая соединяет две предыдущие точки, четвертую контрольную точку устанавливают в любом месте. Нивелир устанавливают так, чтобы линия, соединяющая два подъемных винта, была параллельна двум точкам, установленным вдоль корыта. Затем, действуя этими двумя винтами, добиваются одинаковых отсчетов по двум рейкам, стоящим на точках, выставленных вдоль корыта. После этого, действуя третьим винтом, добиваются отсчета по рейке, стоящей на третьей точке, равного отсчету, полученному по предыдущим

двум точкам. В этом случае достигается параллельность визирной оси нивелира проектной поверхности. Для контроля служит отсчет по рейке, стоящей на четвертой точке. Он должен быть равным отсчету по предыдущим трем точкам. Все остальные точки будут находиться на проектной поверхности, если отсчет по рейке, установленный на колышке, будет равен отсчету, полученному ранее.

### § 11. Расчистка участка от кустарника и мелкого леса

От кустарника и мелкого леса вместе с их корневой системой очищают: участки в пределах искусственных аэродромных покрытий независимо от высоты насыпей; участки мелких выемок, траншей, канав и резервов при их глубине не более 0,5 м; участки в пределах насыпей безрельсовых дорог при их высоте до 1,0 м, в пределах магистральных подземных трубопроводов на ширину полосы согласно указанию в проекте производства земляных работ; участки на летном поле при высоте насыпи до 1,5 м; в пределах территории выемок, резервов и грунтовых карьеров, используемых для отсыпки аэродромных насыпей.

На участках выемок, канав или грунтовых карьеров глубиной более 0,5 м необходимостью удаления кустарника и мелкого леса вместе с корневой системой решают в зависимости от способа разработки грунта (типоразмера землеройной машины) и последующего использования грунта.

При разработке выемки глубиной более 1 м экскаватором корневая система и пни могут быть удалены в процессе разработки выемки, но грунт в этом случае будет засорен древесиной и поэтому он не может быть использован для отсыпки насыпей на аэродроме; его следует отвезти в отвал.

Очистить участок от кустарника можно двумя способами: 1) срезкой кустарника с последующим удалением его за пределы участка и очисткой поверхности от корней и пней; 2) удалением кустарника вместе с корневой системой за пределы участка.

При первом способе для срезки кустарников и мелкого леса диаметром до 15—20 см применяют кусторезы или бульдозеры, монтируемые на тракторе С-100 (С-80); для сбора кустарника и удаления его за пределы участка — корчеватели-собиратели; для очистки поверхности от корней и пней — корчеватели-собиратели или рыхлители. При втором способе все рабочие операции можно выполнить корчевателем-собирателем.

При необходимости использовать древесину для строительных целей, или при большом объеме работ, позволяющим полностью загрузить все машины в течение всего строительного периода, целесообразно применить первый способ; при незначительном объеме работ — второй способ.

Наибольший диаметр деревьев, срезаемых кусторезами Д-174В и Д-514 за один прием, составляет 20—22 см для березы

и 25—30 см для сосны. За два-три приема кусторез срезает березу диаметром 25—30 см и сосну диаметром 30—40 см.

При срезании мелкого леса кусторез сминает и раскалывает стволы, поэтому этот способ валки не следует применять для строевого леса.

Редкую и мелкую поросль ивняка толщиной до 5 см кусторез Д-174В не срезает, а подминает под рабочий орган. Для срезки такого кустарника необходимо применить кусторез с активным рабочим органом по типу косилки Д-306А, монтируемой на болотном тракторе ДТ-55. Этот кусторез может работать на заболоченной местности и срезать деревья толщиной до 10 см. При ширине захвата 2,4 м производительность его составляет 1—2 га/смену.

При небольшом объеме работ и отсутствии кусторезов для удаления кустарника и мелколесья можно применять бульдозеры с зубьями (Д-275, Д-259А, Д-492 и Д-290) или корчеватель-собиратель. Зубья бульдозера или корчевателя-собирателя заглубляют в растительный слой на 15—20 см, и трактор, двигаясь на низшей передаче, срезает растительность, удаляя ее за пределы очищаемой территории. Необходимо следить, чтобы нож бульдозера был хорошо заточен, в противном случае бульдозер будет не срезать, а сминать кустарник. Корчеватели-собиратели выполняют эту работу лучше, так как большая часть срезаемого грунта проходит между их зубьями, но для удаления мелкого и редкого кустарника они не пригодны.

До начала работ следует осмотреть местность, выявить и удалить все возможные препятствия (камни, пни большого диаметра). Если нельзя удалить препятствия, их следует обозначить так, чтобы тракторист мог своевременно заметить.

При очистке местности кусторезом работу можно организовать круговой, челночной схемами и загонами.

Работая по круговой схеме (рис. 7, а), кусторез не имеет холостых проходов. Эта схема применима только на больших и ровных площадях местности. При неудовлетворительном рельефе и наличии отдельных препятствий кусторез может работать загонами (рис. 7, б).

На косогорах и при наличии кустарника, имеющего наклон в одну сторону, кусторез лучше всего работает по челночной схеме (рис. 7, в).

После прохода кустореза следует убрать кустарник, упавший на полосу следующего прохода. Носовую часть кустореза периодически очищают.

Особенно осторожно следует работать на заболоченных местах и при наличии валунов.

Срезанную древесину убирают корчевателем-собирателем, который может работать по следующим схемам: челночной без поворота и с поворотом на концах гона, путем укладки древесины на расчищенной полосе.

Корчеватель-собираатель (рис. 8, а) может работать без поворота при длине гона не более 25—60 м. Если длина гона больше указанной, а количество срезанной древесины невелико, собираатель после очистки полосы поворачивается и очищает следующую

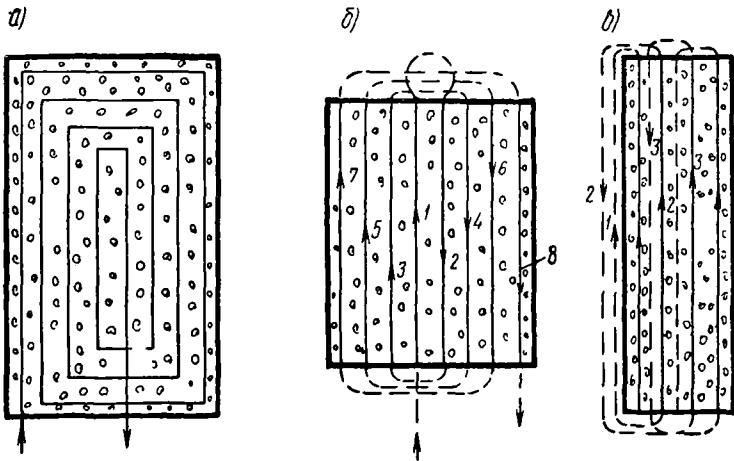


рис. 7. Схема работы кустореза:  
 ————— рабочие проходы; - - - - - холостые проходы;  
 1-8 — номера проходов

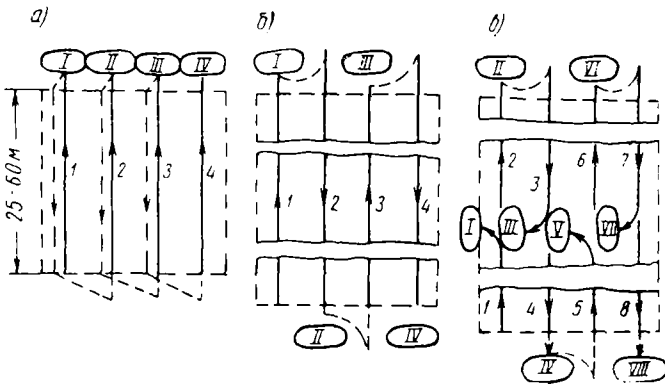


Рис. 8. Схема работы корчевателя-собираателя:  
 ————— рабочие проходы; - - - - - холостые проходы;  
 1, 2, 3... — номера проходов; I, II, III... — последовательность и места укладки древесины

шую полосу (рис. 8, б). При большом количестве древесины корчеватель-собираатель после набора полного отвала, сходит на очищенную полосу и сбрасывает древесину, а затем продолжает дальнейшую очистку местности (рис. 8, в).



## § 12. Валка и уборка леса

На всем летном поле и полосах безопасности деревья подлежат удалению. На полосах воздушных подходов деревья необходимо только спилить на тех участках, где они представляют опасность для взлетов и посадки самолетов. Деревья ценных пород следует не уничтожать, а пересаживать в заранее выбранные места с соблюдением агротехнических требований.

Трудоемкость валки и уборки леса в значительной степени зависит от твердости древесины, крупности и густоты леса, характера грунта и климатических условий в период производства работ.

Удалить деревья с корнями можно двумя способами: спилить, а после выкорчевать оставшиеся пни; свалить вместе с корнями.

При первом способе необходимо спилить деревья, обрубить сучья, раскряжевать хлысты, доставить деловую древесину на склад, собрать и удалить за пределы участка сучья, выкорчевать и удалить пни, засыпать ямы после корчевки пней.

При втором способе рабочие операции по валке деревьев и корчевке пней совмещаются, остальные рабочие операции остаются, как и при первом способе.

Выбор способа удаления леса зависит от конкретных условий строительства, характера леса, возможности его использования и наличия средств механизации.

При валке деревьев с корнем часто повреждается деловая древесина, и, если подлежит удалению строевой лес, лучше его спилить. Механическим способом нельзя валить деревья с корнем зимой и летом, когда грунт очень прочный, а также при наличии деревьев большого диаметра. В этих условиях лучше применять взрывной способ.

Как правило, при валке дерева с корнем затраты энергии будут значительно меньше, чем при спиливании деревьев с последующим корчеванием пней.

Спиливать деревья лучше зимой, так как зимняя древесина долговечнее и ее легче транспортировать.

Деревья следует валить в сторону их наклона или по направлению ветра. Нельзя валить деревья при сильном ветре, когда качаются толстые сучья деревьев, сильном снегопаде, при видимости менее 50 м, потому что в этих случаях невозможно повалить дерево в заданном направлении и тем самым обеспечить безопасность работ.

*Валку деревьев спиливанием* выполняют бензомоторными пилами различных конструкций или электрическими пилами, работающими от передвижных электростанций. К валке деревьев приступают в следующей последовательности: сначала подготавливают рабочее место, для чего вокруг дерева вырубают и убирают кустарник, хворост, подготавливают 4—5-метровые дорожки для того, чтобы быстро отойти от дерева, когда оно начнет

падать. Вальщик подходит к дереву с выключенным мотором пилы, прижимает упор пилы к стволу, включает мотор, плавно нажимает на пилу и подпиливает дерево на высоте  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$  диаметра комля с той стороны, куда его намечено свалить. Дерево подпиливают в виде двойной горизонтальной прорези (рис. 9, а) или выпиливают треугольник (рис. 9, б) на глубину не менее  $\frac{1}{4}$  диаметра ствола. Если не подпиливать, то скол (отщеп) комлевой части дерева при его падении может травмировать рабочего. Затем с противоположной стороны на 2—3 см выше делают пропил так, чтобы он одновременно подошел к подпилу, иначе дерево может упасть в нежелательном направлении. При спили-

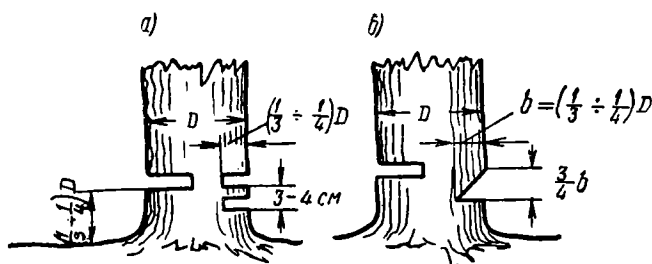


Рис. 9. Способы подпила дерева

вании деревьев диаметром более 30 см необходимо в пропил осторожно забивать дубовые или березовые клинья во избежание зажима пилы. Дерево начинает падать, когда пила не доходит на 2—3 см до начала подпила. Для безопасности работы и ускорения валки желательно до начала падения дерева толкать его баграми или специальными вилками.

Когда дерево начинает падать, пилу быстро относят от пня на безопасное расстояние (3—4 м). Отходя от дерева, нельзя поворачиваться к нему спиной. Нужно все время следить за падением дерева, тогда легко избежать несчастного случая, если оно изменит первоначальное направление своего падения.

После того как дерево свалено, необходимо обрубить сучья. Эту операцию выполняют рабочие, входящие в состав бригады. Сучья обрубают сукорезами, начиная с комля, двигаясь к вершине. Крупные сучья отпиливают механическими пилами.

Бригада по валке деревьев спиливанием состоит из 6—8 человек: моториста, его помощника, подрубочника, толкача и 3—4 рабочих, занятых на обрубке сучьев и сборке их в кучи.

Валку леса следует организовать следующим образом. Участок, где требуется удалить лес, разбивают на делянки (пасеки) размером 20×50 м. Моторист с помощником, свалив 8—10 деревьев, переходят на вторую делянку, а на первой в это время рабочие обрубают сучья. Спилив 8—10 деревьев на второй де-

лянке, моторист с помощником возвращаются на первую делянку, а рабочие переходят на вторую делянку.

После очистки дерева от сучьев, его раскряжевывают — распиливают моторными пилами на деловую древесину. Раскряжевку выполняют на месте валки леса или на промежуточном складе, куда доставляют хлысты.

Доставка деревьев с места валки к промежуточному складу называется трелевкой. Трелевка должна производиться только на подготовленных волоках, иначе она опасна и запрещена правилами техники безопасности. На пути движения трелевочных тракторов необходимо заранее убрать поваленные деревья, вырубить кустарник, удалить большие камни, срезать пни и кочки заподлицо с землей.

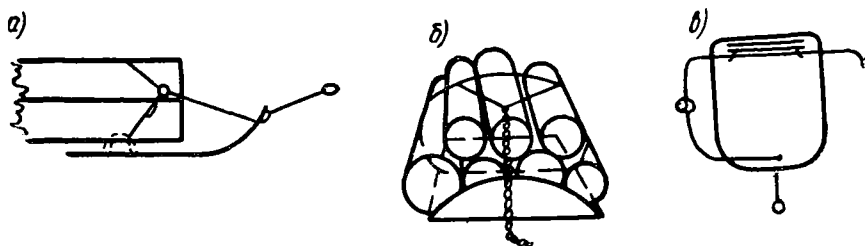


Рис. 10. Способ увязки бревен при трелевке на пэнах:  
а — вид сбоку нагруженного пэна; б — схема увязки бревен; в — схема установки пэпа под нагрузкой

Деревья треляют трактором с тросом по несколько бревен. Для облегчения перемещения деревьев применяют пэны, конусы и подсанки. Пэн изготавливают из стального листа размером  $1,2 \times 1,2$  м и толщиной не менее 5 мм. Переднюю часть листа загибают в виде санного полоза и делают овальное отверстие для троса, а на противоположном конце листа — два металлических кольца. Бревна укладывают на пэн и увязывают удавной петлей, как показано на рис. 10. Для увеличения производительности один трактор работает с двумя пэнами. Один пэн занят на трелевке, второй — на погрузке.

*Валку деревьев с корнем* выполняют бульдозерами, корчевателями-собирающими, взрывным методом или непосредственной тягой трактора.

При небольшом объеме работ валку деревьев с корнем лучше всего производить бульдозером или корчевателем-собирающим на тракторах мощностью 100 и 140 л. с. Деревья диаметром до 15 см валят в один прием, вместе с поверхностной корневой системой, заглубляя нож бульдозера или зубья корчевателя-собирающего в растительный слой. Деревья диаметром 15—25 см валят в два приема (рис. 11). Сначала поднимают отвал бульдозера или корчевателя-собирающего на наибольшую высоту, затем,

упирая в ствол нож отвала или зубья корчевателя-собиранья, начинают валить дерево на низшей передаче трактора. После того как дерево наклонено, опускают нож или зубья под корень, извлекая дерево вместе с корневой системой. При валке деревь-

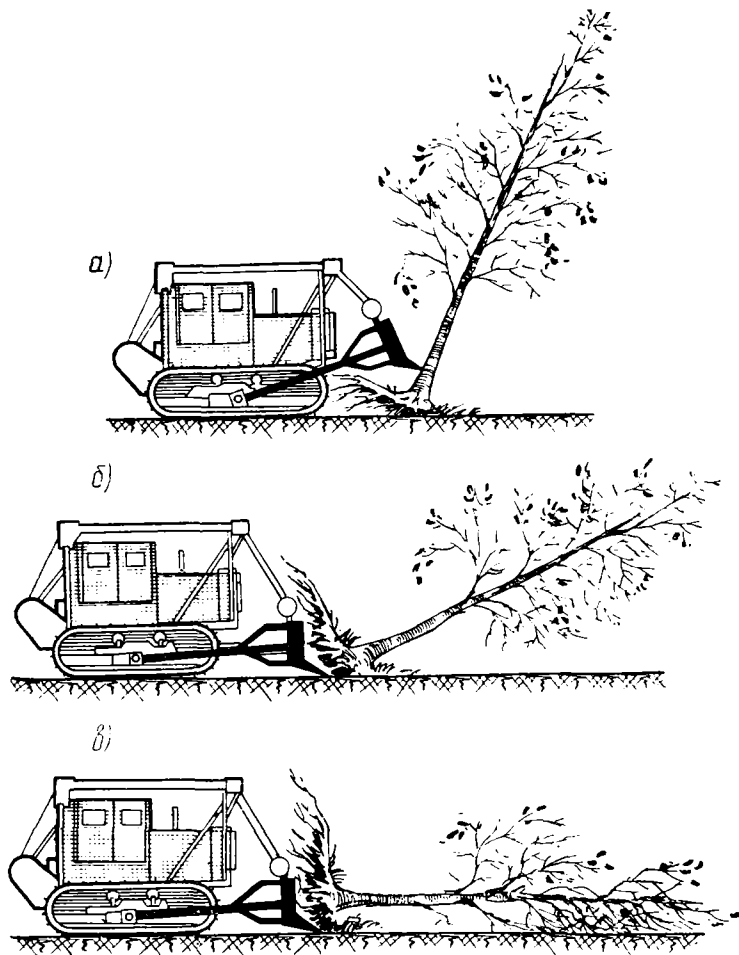


Рис. 11. Валка деревьев бульдозером:  
*а* — нажим поднятым отвалом; *б* — опускание отвала под корни дерева; *в* — валка дерева

ев диаметром более 30 см следует вначале подрезать корни деревьев отвалом бульдозера со стороны валки и, если необходимо, с боков. Для облегчения валки можно предварительно отсыпать небольшую насыпь у ствола дерева, что увеличивает илечо и момент корчевания в 1,5 раза.

Лучше всего валку деревьев с корнем выполнять весной, осенью или летом после дождей, когда грунт влажный.

Валку деревьев взрывным способом применяют, когда другие способы валки неэффективны (большой диаметр дерева, прочный грунт). Заряд закладывают, как указано на рис. 12. Ориентировочный вес заряда принимается 15—20 г на 1 см диаметра дерева. Глубина заложения заряда должна быть не менее 1,5—2,5 диаметра дерева у его корня. Заряд должен быть размещен в нижней трети скважины. Величину заряда и глубину его заложения уточняют несколькими пробными взрывами.

Валку деревьев непосредственной тягой трактора выполняют при небольшом объеме работ, когда нет других средств механизации. При этом способе много времени занимает зачаливание деревьев и последующая расчалка их.

При валке деревьев диаметром 25—30 см прямой тягой трактора применяют трос, длина которого должна превышать на 5—10 м высоту самых высоких деревьев. Трос, оборудованный прицепным кольцом и самозатягивающейся петлей, закрепляют на высоте 1,5—2,0 м при толщине дерева 25—30 см и 2,5—3,0 м — при толщине 40—45 см. Трактор должен работать с амортизатором без рывков. Для облегчения валки деревьев следует обрубать часть корней. После валки дерево следует оттащить на 1—3 м, чтобы после раскряжевки пень не упал в воронку. Для исключения простоя трактора в период извлечения троса из-под упавшего дерева необходимо иметь несколько тросов. После того как дерево повалено, приступают к обрубке сучьев и раскряжевке.

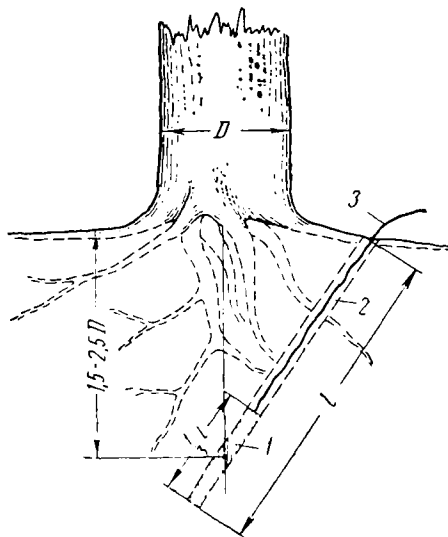


Рис. 12. Валка деревьев взрывным способом:  
1 — заряд; 2 — забивка; 3 — зажигательная трубка

### § 13. Корчевка пней и уборка камней

При очистке территории от пней необходимо: выкорчевать пни, удалить их за пределы участка и засыпать оставшиеся ямы.

Для того чтобы выкорчевать пень диаметром 15 см, необходимо приложить тяговое усилие в горизонтальном направлении до 2,5 т; при диаметре пня 50 см — 16—21 т. Трудоемкость работ

по корчевке пней зависит от возраста деревьев, их породы, типа корневой системы, давности рубки леса, плотности и влажности грунта.

Трудно корчуются дуб, сосна, лиственница, кедр и береза; легче — ель, осина, ольха, клен, пихта. Свежерубленные пни труднее корчуются, чем пни давней рубки. Труднее корчевать из глинистых грунтов, легче — из торфянистых и песчаных.

При диаметре пней до 30 см рекомендуется применять тракторы, бульдозеры и корчеватели-собиратели на тракторах, мощностью до 70 л. с.; при диаметре пней 30—40 см — бульдозеры и корчеватели-собиратели на тракторах мощностью 80—100 л. с., а также экскаваторы со специальным оборудованием; при диаметре пней более 40 см — корчевальные лебедки и машины, бульдозеры на тракторах мощностью 140 л. с. и более.

При диаметре пней более 30 см или мерзлом грунте для корчевки допускаются взрывные работы.

Рабочие приемы при корчевке пней прямой тягой трактора, бульдозером или корчевателем-собирателем аналогичны, как и при валке деревьев с корнем (см. § 12).

При корчевке пней диаметром 40 см и более в сухих тяжелых грунтах, когда требуется усилие более 10 т, применяют тракторные корчевальные лебедки. Трактор с лебедкой заякоривают за крепкий пень или группу пней коротким анкерным канатом с петлей и крюком. На корчующий пень для увеличения момента выкорчевывания накидывают канат, огибающий срез пня. Для увеличения тягового усилия применяют систему полиспастов.

Взрывной метод удаления пней дает хорошие результаты, когда все другие методы неприемлемы или мало эффективны, например, при корчевке зимой или корчевке пней большого диаметра в плотных сухих грунтах. Заряд закладывают, как и при валке деревьев с корнем (см. рис. 12).

Выкорчеванные пни удаляют корчевателями-собирателями за пределы участка работ для их использования или уничтожения, а ямы после удаления пня засыпают грунтом.

Необходимость и способ очистки территории от камней (валунов) устанавливается проектом производства работ. Камни следует удалить с участков выемок где предусмотрены работы с растительным грунтом с участков выемок при разработке их скреперами, с участков насыпей при высоте их до 1,0 м. Камни необходимо извлечь из грунта и переместить за пределы участка работ. В некоторых случаях допускается закапывать камни в грунт на глубину не менее 30 см от проектной подошвы (дна) выемки. Этот способ запрещается в местах устройства корыта под аэродромные покрытия, а также в пределах траншей для подземных инженерных коммуникаций.

Камни извлекают из грунта корчевателями-собирателями или бульдозерами. Мелкие камни собирают в кучи корчевателем-со-

бирателем и грузят одноковшовыми экскаваторами или тракторными погрузчиками на транспортные средства. Крупные камни после извлечения перемещают бульдозерами или корчевателями-собирающими на расстояние до 150 м. При большем расстоянии камни целесообразно транспортировать в автомобилях или при помощи тракторов с пэнами или прицепами.

Негабаритные камни предварительно дробят на куски взрывным способом. Камни объемом до 2 м<sup>3</sup>, можно дробить накладным зарядом из расчета 2 кг взрывчатого вещества на 1 м<sup>3</sup> камня. Если камень больше 2 м<sup>3</sup>, устраивают шпур, в который закладывают заряд из расчета 100—150 г на 1 м<sup>3</sup> камня.

Собранный камень следует использовать как строительный материал.

#### § 14. Осушение территории строительства

Для обеспечения нормальной работы землеройных и строительных машин необходимо до начала основных работ осушить переувлажненные участки, а в период работ не допускать повторного их переувлажнения и образования новых переувлажненных участков. Временную осушительную сеть устраивают по проекту производства работ.

В зависимости от характера увлажнения участка осушают путем отвода поверхностных вод или понижения уровня грунтовых вод. Поверхностные воды удаляют за пределы летного поля сетью временных открытых канав, которую проектируют так, чтобы объем работ по осушению был минимальным, а направление канав не пересекало направления перемещения грунтовых масс. Для уменьшения объема работ необходимо на горизонтальных участках местности канавы проектировать с минимальным уклоном (0,001—0,002), а на остальных участках — с уклоном, равным уклону местности.

Если до начала земляных работ уже построена дренажно-водосточная сеть, ее можно использовать для отвода поверхностных вод, но для предотвращения заиливания сети необходимо устроить фильтры или бассейны-отстойники.

Для понижения уровня грунтовых вод целесообразно использовать постоянную дренажную систему, предусмотренную проектом строительства аэродрома, которую в этом случае необходимо построить до начала основных работ.

Если невозможно построить постоянную дренажную сеть, уровень грунтовых вод может быть понижен отрывкой канав, аналогичных канавам для отвода поверхностных вод, но с глубиной, обеспечивающей необходимое осушение участка. Канавы для отвода поверхностных вод и понижения уровня грунтовых вод не следует совмещать в плане с направлением постоянной дренажной водосточной сети, так как это приведет к необходимости работать в переувлажненных грунтах при устройстве постоянной дренажно-водосточной сети.

При уходе за временной осушительной системой необходим периодически ее очищать, не допуская застоя воды, для чего следует выделить звено рабочих.

В зависимости от сечения канав и типа грунта применяют различные типы канавокопателей. В пределах летного поля после окончания надобности во временной осушительной сети канавы тщательно очищают от переувлажненного грунта и наносов, по слоям засыпают грунтом однородным с грунтом участка и тщательно уплотняют каждый слой.

### § 15. Техничко-экономические показатели работ по освоению территории строительства

Состав и объем работ, возникающих при подготовке территории к строительству, зависит от района строительства аэропорта и участка, выбранного для аэродрома.

При большом объеме работ по очистке участка от кустарника леса, пней и камней, когда можно выполнить их наиболее эффективно машинами с комплексной механизацией всех рабочих процессов, технико-экономические показатели будут более благоприятными, чем при небольшом объеме работ, выполняемым только средствами малой механизации.

Техничко-экономические показатели на некоторые виды работ по освоению территории строительства приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Вид и характеристика работ	Стоимость единицы измерения, руб.	Затраты труда на единицу измерения, чел.-дни
Валка крупного и средней крупности леса мягких пород цепными электропилами (лес средней густоты), га	130,0	75,0
Валка кусторезом подлеска и кустарника средней густоты, га	47,5	24,0
Корчевка пней мягких пород бульдозером (лес средней густоты), га	37,0	7,0
Корчевка пней взрывным способом (при диаметре пней до 40 см и средней густоте леса), га	130,0	102,0
Дробление валунов накладными зарядами при объеме валунов, м <sup>3</sup> :		
до 0,5	0,18	0,025
» 0,7	0,37	0,019
» 1,0	0,59	0,016



## Глава II РАБОТА С РАСТИТЕЛЬНЫМ ГРУНТОМ

### § 16. Требования к производству работ

Работы с растительным грунтом, предусмотренные проектом вертикальной планировки, выполняют в два этапа: растительный грунт снимают и собирают в валы, а после окончания земляных работ с минеральным грунтом — распределяют на грунтовой части летного поля.

Растительный грунт в данном случае служит материалом для создания прочного дернового покрова.

Для нормального развития корневой системы дернообразующих трав толщина растительного слоя должна быть не менее 10—12 см в уплотненном состоянии при содержании гумуса не менее 5% по весу.

Во избежание снижения плодородия растительного слоя следует избегать в процессе производства работ перемешивания растительного слоя с минеральным грунтом, особенно с подзолистыми горизонтами, которые бедны питательными веществами.

Наличие в растительном грунте после его восстановления кусков дернины может привести к образованию кочек в процессе произрастания трав, поэтому при снятии растительного грунта на участках с прочной дерниной следует не только рыхлить дерновой слой, но и измельчать его. Однако следует избегать чрезмерного размельчения во избежание снижения агротехнических качеств и увеличения пылимости летного поля в период эксплуатации аэродрома.

Для сохранения агротехнических качеств растительного слоя не следует допускать его пересыхания в процессе производства работ, поэтому разрыв во времени между рыхлением и обвалованием растительного слоя должен быть минимальным.

При оформлении растительного грунта в валы бульдозером высота их не должна превышать 1,5—2,0 м. Места обвалования должны обеспечивать минимальную трудоемкость работ по снятию и восстановлению растительного грунта. Если растительный грунт восстанавливают на участках, где он был снят, то этому условию будет удовлетворять место, как можно ближе расположенное от площади контура. Если для восстановления на летном поле применяют растительный грунт, снятый с участков корыта аэродромных покрытий, обвалование целесообразно произвести на линии, соединяющей эти два участка. Временное хранение растительного грунта у бровки корыта запрещается, так как это увеличит трудоемкость работ.

Валы с растительным грунтом не должны мешать производству других аэродромно-строительных работ, естественному стоку поверхностных вод, движению транспортных и землеройных машин. Места обвалования следует выбирать так, чтобы

исключить движение землеройных и транспортных машин, занятых восстановлением растительного грунта, через уже построенные участки аэродромных покрытий.

Если валы с растительным грунтом мешают движению транспортных и землеройных машин или стоку поверхностных вод, следует в валах оставить проход для воды и машин.

При снятии и восстановлении растительного грунта с вытянутых узких контуров растительный грунт укладывают в валы вдоль вытянутой стороны контура, со стороны, противоположной направлению перемещения минерального грунта (рис. 13).

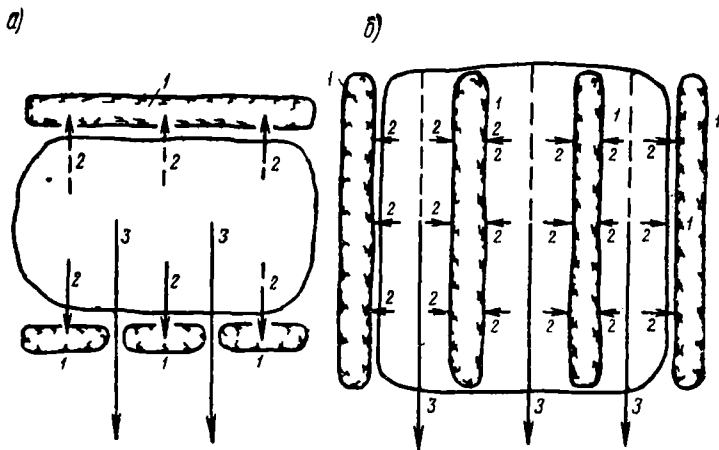


Рис. 13. Схемы обвалования растительного грунта:

*a* — двухсторонняя; *b* — на стыках полос;

*1* — валы растительного грунта; *2* — направление перемещения растительного грунта; *3* — направление перемещения минерального грунта

В результате обвалования растительного грунта не с одной, а с двух сторон контура трудоемкость работ уменьшается вдвое.

При значительных площадях выемок целесообразно укладывать растительный грунт в валы на площади контура. Расстояние перемещения грунта значительно сократится, но создадутся неудобства при разработке минерального грунта на узких полосках, временно занятых растительным грунтом.

## § 17. Состав работ и способы их выполнения

При снятии и временном обваловании растительного грунта необходимо удалить лесную подстилку, разрыхлить и измельчить растительный грунт, очистить его от камней и корней, срезать и уложить в валики, переместить и оформить в валы.

Восстанавливая растительный грунт, следует его переместить, разровнять, спланировать и прикатать на грунтовой части летного поля.

Во избежание пересыхания или переувлажнения растительного грунта необходимо в течение рабочего дня разрыхленный грунт оформить в валы, а спланированный прикатать.

Период времени между снятием и восстановлением растительного грунта устанавливается по условиям производства работ. Целесообразно снимать растительный грунт в первый период производства земляных работ, а восстанавливать в завершающий период с тем, чтобы исключить возможность перемешивания растительного грунта с минеральным землеройными и транспортными машинами.

В зависимости от конкретных условий строительства некоторые рабочие операции могут отпадать. Так, на участке пашни нет необходимости удалять лесную подстилку, рыхлить, измельчать и очищать растительный грунт.

Работы с растительным грунтом — трудоемкие и поэтому подлежат комплексной механизации. Наиболее трудоемкий процесс — перемещение растительного грунта; на основании технико-экономических сравнений в первую очередь следует выбрать машины для выполнения этого процесса.

Производство работ с растительным грунтом хотя и имеет некоторые особенности, но в основном ничем существенно не отличается от работ с минеральным грунтом. В зависимости от мощности растительного грунта и расстояния его перемещения работы могут выполняться бульдозерами, автогрейдерами, грейдерами, грейдерами совместно с бульдозерами и скреперами. При разработке растительного грунта за пределами летного поля, снятие и обвалование его выполняют бульдозерами, погрузку — экскаваторами, а перемещение — транспортными средствами.

## § 18. Организация работ с растительным грунтом

*Рыхлить и измельчать растительный грунт* следует только, когда это требуется по условиям агротехники на глубину снимаемого слоя, не затрагивая минерального грунта.

На задернованных участках грунт рыхлят тракторными сельскохозяйственными плугами, на участках с корнями — кустарниковыми плугами и рыхлителями. Измельчают растительный грунт фрезами, культиваторами, дисковыми и зубьевыми бородами.

Рыхление и измельчение следует выполнять без значительного опережения работ по снятию растительного грунта, так как в противном случае в зависимости от погодных условий грунт может быть пересушен, переувлажнен или уплотнен машинами; поэтому целесообразно рыхлить растительный грунт только на участке, с которого в течение дня он будет убран. Размеры участка назначают из условий оптимальной работы машин по снятию грунта.

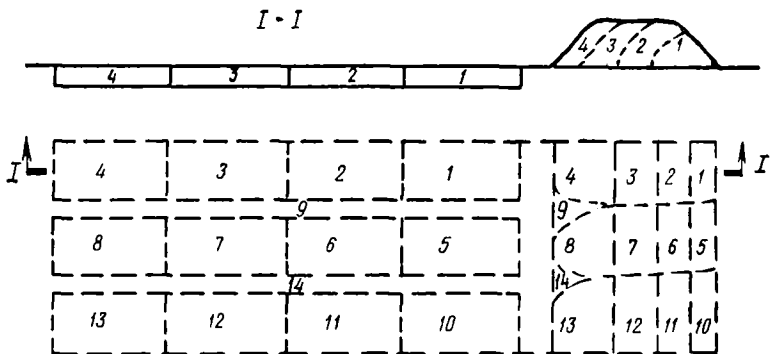


Рис. 14. Схема работы бульдозера при снятии растительного слоя. Цифры обозначают последовательность снятия растительного грунта

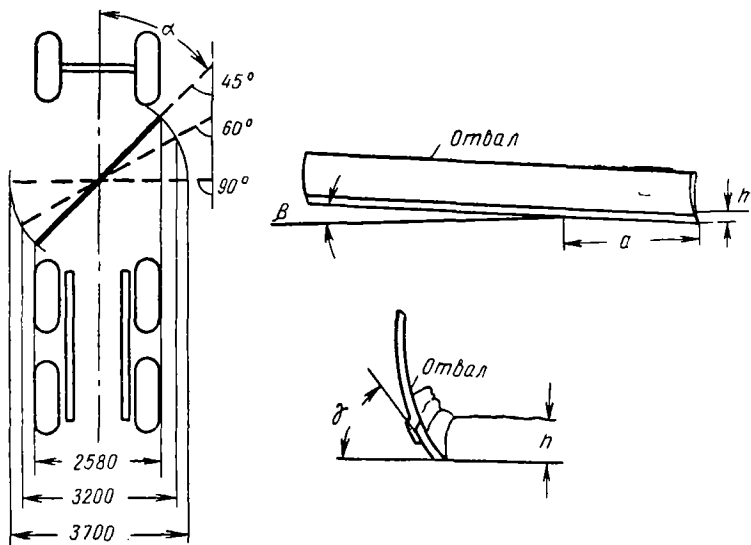


Рис. 15. Углы установки отвала автогрейдера:  $\gamma$  — резания;  $\alpha$  — захвата;  $\beta$  — наклона или зарезания;  $h$  — глубина резания;  $a$  — ширина резания

При больших объемах работ по удалению корней и камней целесообразно их выполнять до начала работ с растительным грунтом.

*Снятие растительного грунта бульдозерами.* Бульдозером можно выполнить почти все технологические процессы по снятию, перемещению и оформлению в валы растительного грунта. Бульдозер целесообразно использовать при расстоянии перемещения грунта до 50 м и толщине растительного слоя более 10 см. При меньшей толщине не исключено зарезание минерального грунта и перемешивание его с растительным грунтом, так как конструкция современных бульдозеров не позволяет машинисту контролировать толщину срезаемого слоя.

При неровной поверхности и толщине растительного грунта более 10 см целесообразно первое зарезание делать ближе к месту укладки грунта (рис. 14) с тем, чтобы последующий грунт перемещать по выровненной поверхности в траншее, образуемой предыдущими зарезаниями.

При наличии ровной местности и толщине растительного слоя менее 10 см первое зарезание следует делать в наиболее удаленном конце участка и перемещать грунт по поверхности растительного слоя, что исключит перемешивание его с минеральным грунтом.

*Снятие растительного грунта автогрейдерами и грейдерами.* При небольшой и неравномерной толщине растительного грунта хорошее качество работ может быть обеспечено автогрейдерами или грейдерами. Машинист грейдера может наблюдать за снятием грунта, при необходимости изменять толщину снимаемого слоя и этим исключить перемешивание растительного грунта с минеральным. При этом способе работ происходит более значительное измельчение грунта, чем при снятии его бульдозером, а это не всегда желательно по требованиям агротехники; трудоемкость работ увеличивается, так как грунт не только перемещается в сторону от движения автогрейдера, но и по направлению его движения. Поэтому автогрейдер целесообразно использовать при перемещении грунта на расстояние не более 10—15 м.

Рекомендуемые углы установки ножа автогрейдера (рис. 15) при зарезании, перемещении и планировке грунта указаны в табл. 2.

Таблица 2

Рабочие операции	Угол, град		
		резани	
Зарезание	30—45	35—40	0
Перемещение	40—50	35—45	0
Планировка	55—90	45—50	0

Снять и переместить растительный грунт в валы автогрейдерами и грейдерами можно по двум схемам, аналогичным как и при работе бульдозером. При снятии от середины (рис. 16) растительный грунт перемещают по еще не снятому слою, что исключает перемешивание его с минеральным грунтом. Эту схему применяют на легких почвах с ровным рельефом.

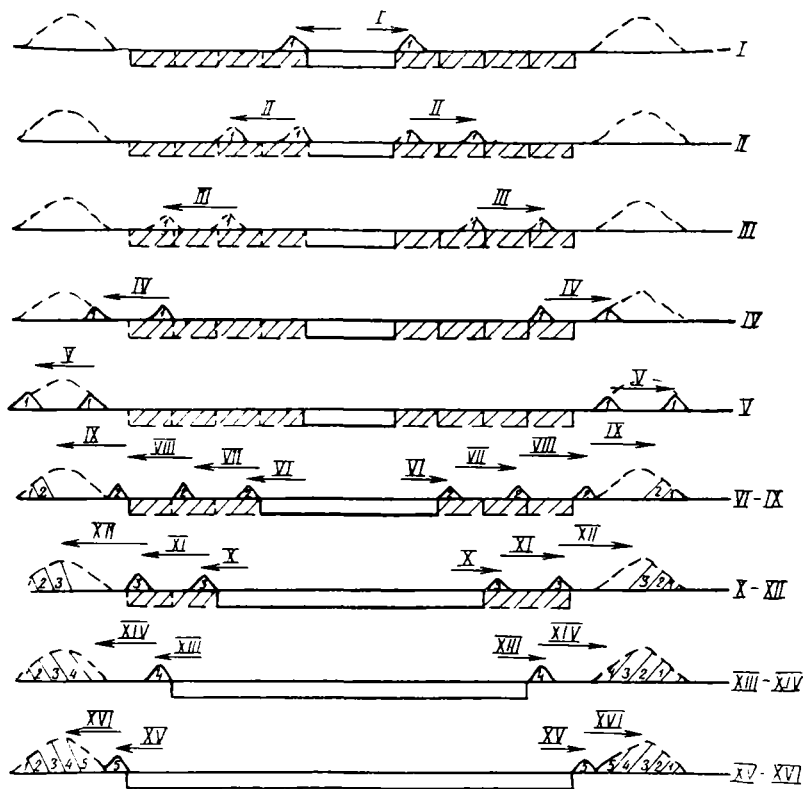


Рис. 16. Схема снятия растительного слоя автогрейдером (грейдером):  
 I, II, III... — номера круговых проходов автогрейдера;  
 1, 2, 3 — порции грунта

При рыхлении растительного грунта и наличии мелких неровностей местности его следует снимать от границ захватки.

Количество проходов грейдера  $n_c$  для снятия растительного грунта толщиной  $h$  с участка шириной  $B$  равно:

$$n_c = \frac{Bh}{2f}, \quad (7)$$

где  $f$  — сечение стружки грунта, срезаемой грейдером за один проход ( $0,11—0,14 \text{ м}^2$ ).

Для перемещения снятого растительного грунта необходимо сделать следующее количество проходов грейдера:

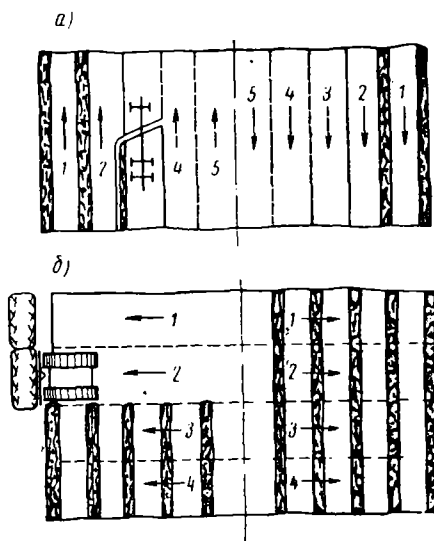
$$n_n = \left( \frac{L}{l} - 1 \right) n_c, \quad (8)$$

где  $L$  — расстояние от центра тяжести срезаемого растительного грунта до центра тяжести вала, м;

$l$  — расстояние перемещения грунта за один проход автогрейдера, м.

*Снятие растительного грунта автогрейдерами (грейдером) и перемещение бульдозерами.* Если необходимо снять растительный грунт с неравномерной и незначительной толщиной (до 15 см) и переместить его на расстояние до 50 м, целесообразно для срезки грунта применить автогрейдер (грейдер), а для перемещения — бульдозер (рис. 17).

Рис. 17. Схема совместной работы автогрейдера (грейдера) и бульдозера при снятии и обваловании растительного слоя. Цифрами показана последовательность работы машин



Растительный грунт срезают и укладывают в валы автогрейдером вдоль захватки (рис. 17, а). После того как на всей захватке растительный грунт будет уложен в валы, проходами бульдозера поперек захватки перемещают его в валы за пределы захватки (рис. 17, б).

*Снятие и восстановление растительного грунта другими машинами.* Снять растительный грунт толщиной более 10 см и переместить его на расстояние 50—500 м можно скреперами. В этом случае особое внимание требуется обратить на то, чтобы вместе с растительным грунтом скрепером не был срезан минеральный грунт. Если скреперы не обеспечивают хорошее качество работ, следует предварительно срезать растительный грунт ав-

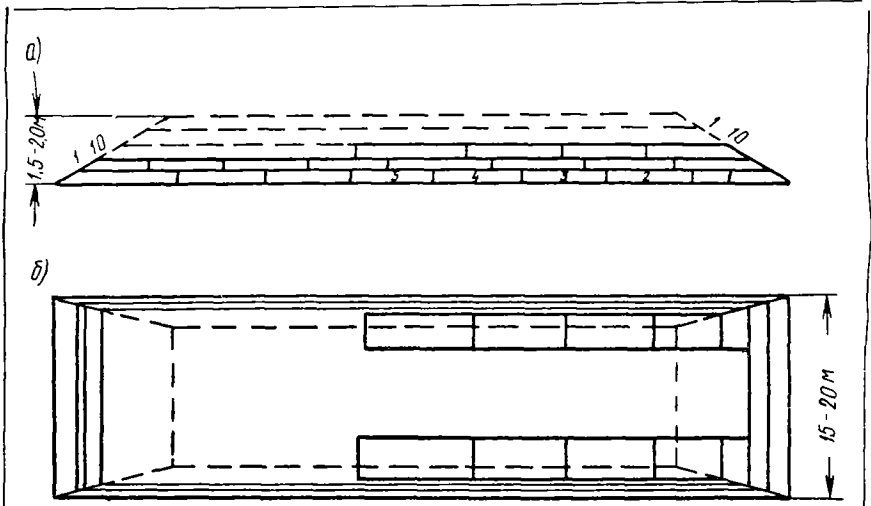


Рис. 18. Схема укладки растительного грунта в призмы скрепером:  
*a* — вид призмы сбоку; *b* — вид сверху;  
 1, 2, 3, — последовательность разгрузки скрепера

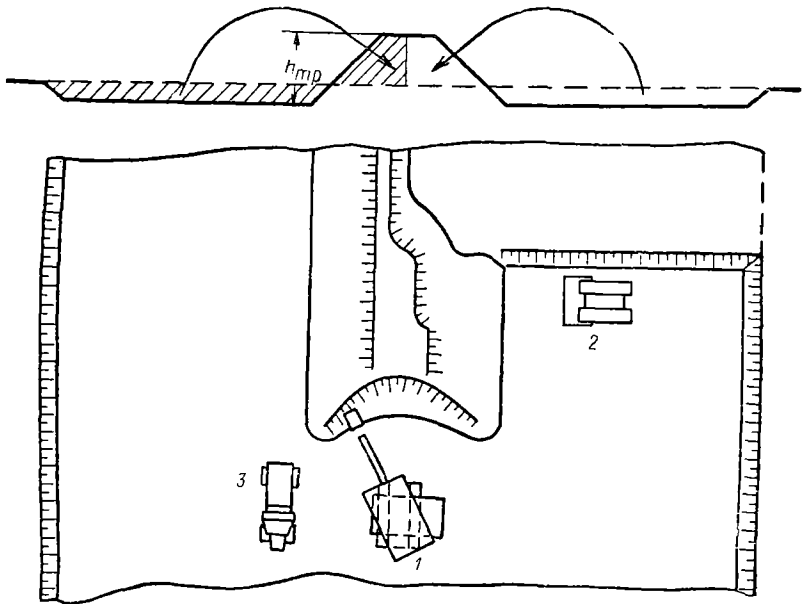


Рис. 19. Схема совместной работы бульдозера с экскаватором на снятии растительного грунта, и погрузка его в транспортные средства:  
 1 — экскаватор; 2 — бульдозер; 3 — автомобиль-самосвал



тогрейдерами и уложить его в валики, после чего скреперы, двигаясь вдоль валиков, набирают грунт.

Снятый скреперами растительный грунт можно уложить в призмы посылно (рис. 18). Отсыпав первый слой по всей площади основания призмы, приступают к отсыпке второго и последующих слоев от края призмы к середине с отступлением от кромки нижнего слоя на величину, равную 1,5—2,0 толщины слоя.

При отсыпке призм следует обеспечить в их торцах плавные въезд и съезд с уклоном не более 1:10. Планировку поверхности призм и откосов выполняют бульдозерами.

На расстоянии более 500 м растительный грунт целесообразно перемещать автомобилями-самосвалами или тракторными прицепами. Погрузку грунта в транспортные средства следует выполнять экскаваторами из призм или куч, созданных бульдозерами (рис. 19).

*Планировка и прикатка растительного грунта.* К восстановлению растительного грунта можно приступить только после окончания работ с минеральным грунтом и тщательной планировки поверхности выемки или насыпи по геодезическим отметкам. Планировку выполняют автогрейдерами с углами установки ножа, указанными в табл. 2. При завозке грунта автомобилями-самосвалами или тракторными прицепами целесообразно разравнивать грунт бульдозером, а планировать автогрейдером. При отсутствии бульдозера растительный грунт можно распределить из куч автогрейдером с выдвинутым в сторону ножом, чтобы исключить наезд передних колес автогрейдера на кучи, или применить сменное оборудование (навесной бульдозер), которым могут быть оснащены некоторые марки автогрейдеров.

Для прикатки растительного грунта можно использовать легкие прицепные катки без балласта на пневматических шинах или с гладкими вальцами.

Целесообразные способы выполнения работ с растительным грунтом в зависимости от мощности растительного слоя и расстояния его перемещения указаны в табл. 3.

Таблица 3

Расстояние перемещения растительного грунта, м	Толщина растительного слоя, см	Рекомендуемые машины для выполнения работ
До 10—15	До 10	Автогрейдер, грейдер
" 50	Более 10	Бульдозер
" 50	Менее 10	Бульдозер совместно с автогрейдером
50—500	Более 10	Скрепер до 6 м <sup>3</sup>
50—500	Менее 10	Автогрейдер для срезки, скрепер до 6 м <sup>3</sup> для перемещения
Более 500	Более 10	Бульдозер для срезки и сгребания в кучи, экскаватор с ковшом до 0,5 м <sup>3</sup> для погрузки в транспортные средства, автомобили-самосвалы или тракторные прицепы для перемещения

## § 19. Состав агротехнических работ

Цель агротехнической работы — укрепить устойчивым растительным покровом с хорошо развитым дерновым слоем поверхность летних полос и полос безопасности аэродромов. Дерновым слоем (покровом) называют слой почвы, густо заросший травой и переплетенный ее корнями и корневищами. Для создания такого слоя используют многолетние травы, которые способны в течение ряда лет образовывать новые побеги и мощную корневую систему.

Агротехнические работы включают следующие производственные процессы: обработку почвы, подготовку удобрений и внесение их в почву, подготовку травосмесей и засев летного поля.

Все агротехнические работы выполняют в строго назначенные сроки, установленные техническими условиями на производство и приемку аэродромно-строительных работ в зависимости от географического района.

Летное поле — рабочий участок — делят на отдельные захватки (загоны), на которых выполняют все работы, связанные с задержанием.

Загон — часть рабочего участка — площадь для работы одного агрегата по заранее составленным технологическим схемам.

К обработке почвы приступают после окончания основных земляных работ и планировки поверхности летного поля. При выполнении агротехнических работ на части летного поля (до окончания земляных работ) обеспечивают сохранность обработанных участков.

Технология процесса обработки поля включает: вспашку, дискование или фрезерование. Вспахивают только плотные за-

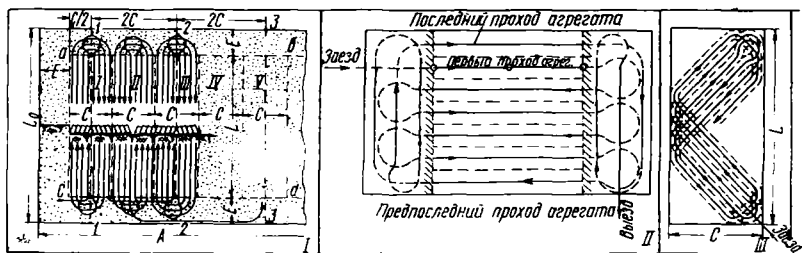


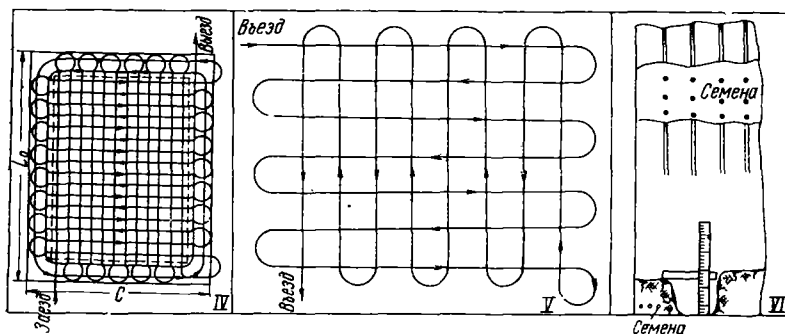
Рис. 20. Технологическая схема производства работ на летнем поле. I — разметка и вспашка загонов, вспашка поворотных полос, контроль валиком или культивацией, прикатка тяжелым катком; II — разметка кой; III — заделка семян зубовой бороной, прикатка легким катком, тие рядков для определения глубины заделки

соренные почвы и те, которые после выполнения основных земляных работ остались неразрушенными. Влажность почвы при вспашке должна быть в пределах 40—60% от влагоемкости, глубина вспашки — до 20—25 см. Если обрабатывают подзолистые почвы, то глубину вспашки ограничивают толщиной перегнойного (растительного) слоя. Вспашку ведут прямоугольными загонами шириной 25—50 м для колесных тракторов и 50—100 м для гусеничных. Для вспашки используют сельскохозяйственные одно-, многолемешные, а также кустарниковые плуги.

Основное агротехническое требование к вспашке — прямолинейность борозд — определяет пригодность для этого процесса только гоновых (загонных) способов движения агрегата. При этом плужный агрегат совершает рабочие прямолинейные проходы вдоль длины загона с холостыми поворотами у поперечных его краев.

Прямолинейность движения плуга — важнейшее условие производительной и качественной пахоты, поскольку при рабочем движении агрегат копирует предыдущий ход. Круговые (фигурные) способы движения при вспашке недопустимы.

Для вспашки летного поля наиболее пригодна гоновая вспашка с уменьшенным количеством развальных борозд и свальных гребней, что достигается чередованием способа «всвал» со способом «вразвал». Сначала пахут первый загон всвал. После вспашки первого загона переводят агрегат на третий и начинают его распахать также всвал. С третьего загона агрегат переводят на второй, расположенный между вспаханymi загонами, и пахут его вразвал. Таким образом, при этом способе пахоты нечетные загоны будут вспаханы всвал, а четные — вразвал.



агротехнических работ на аэродроме: *I* — вспашка; *II* — распределение удобрений, заделка удобрений дисками, предпосевное боронование; *IV* — распределение семян сеялками; *V* — контроль глубины заделки; *VI* — уход за посевами, контрольное вскрытие семян, окончательная сдача работ

Перед началом пахоты необходимо разметить загоны, поворотные полосы. Вспашку начинают всегда с середины загона и ведут ее к краям. Поворотные полосы шириной  $E$  распахи-вают сразу после вспашки всех загонов. Глубину вспашки про-веряют бороздомером. Если почва не сильно уплотнена и не каменная, вспашку заменяют фрезерованием.

После вспашки для измельчения пластов тяжелых глинистых или суглинистых почв, а также для измельчения дернины про-изводят дискование боронами или тяжелыми культиваторами. Его ведут загонным способом по челночной схеме (рис. 20) при ширине загона 150—200 м. При дисковании легких почв требуется два-три прохода по одному следу и три-четыре при тяжелых почвах.

Для разделки целины после кустарниковых и лесных расчи-сток количество проходов увеличивают вдвое.

Первое дискование ведут по направлению вспашки, чем ис-ключают возможность отворачивания вспаханых пластов, а последующие — поперек.

Очередные проходы бороны или культиватора выполняют с перекрытием на 10—20 см.

Для сохранения в почве влаги, дополнительного рыхления ее, для заделки минеральных удобрений и семян трав применяют боронование вслед за вспашкой или дискованием. Для этой цели служат зубовые бороны «зиг-заг», бороны-гвоздевки, шлейф-бо-роны. Проходы выполняют перекрестно-диагональным бороно-ванием.

На малосвязных супесчаных и песчаных почвах при малой их засоренности можно ограничиться только дискованием на глубину 10 см без вспашки.

Боронуют чаще всего одновременно с вспашкой одним агре-гатом с плугом или дискованием.

В табл. 4 приведены рекомендации по предпосевной обработ-ке почвы.

При использовании фрезы боронование исключают. После дискования взрыхленную поверхность выравнивают, боронуют и прикатывают гладкими или кулачковыми катками.

На участках с песчаными суглинистыми почвами без дерни-ны или на участках, где в процессе земляных работ почва улучшалась или рыхлилась, ее обрабатывают на глубину 10—15 см культиватором или дисковой боронкой с последующим боронованием, выравниванием поверхности и прикаткой.

Прикаткой создаются лучшие условия для капиллярного поднятия влаги к поверхности. На тяжелых почвах используют легкие катки, на легких — среднего веса и тяжелые.

В засушливых районах эффективны кулачковые катки. Если почва очень рыхлая, то вначале ее прикатывают легким катком, а затем тяжелым.

Таблица 4

Почвы		
глинистые, подзолистые, и суглинистые	подзолистые, супесчаные и песчаные	черноземы и каштановые (суглинистые и глинистые)

*Обработка с основными земляными работами*

Вспашка или рыхление грунта	Снятие и обвалование растительного грунта	Глубокое рыхление или вспашка
Обвалование расти- тельного грунта	Земляные работы	Земляные работы
Земляные работы	Восстановление расти- тельного слоя	Заделка удобрений культиватором или дис- ковой бороной
Восстановление расти- тельного слоя	Заделка удобрений дис- кованием	Прикатывание тяже- лым катком
Заделка удобрений дис- кованием или мелкой пе- репашкой	Прикатывание тяже- лым катком	Предпосевное бороно- вание
Прикатывание тяже- лым катком	Предпосевное бороно- вание	То же
Предпосевное бороно- вание	—	—

*Обработка без земляных работ*

Вспашка с заделкой удобрения	Дискование на глубину 10—12 см с заделкой органических и минераль- ных удобрений	Вспашка с заделкой удобрения
Разделка пласта диско- ванием	Боронование и мелкая планировка	Разделка пласта дис- кованием
Боронование и мелкая планировка	Прикатывание тяже- лым катком	Боронование и мелкая планировка
Прикатывание тяже- лым катком	Предпосевное бороно- вание	Прикатывание тяже- лым катком
Предпосевное бороно- вание	—	Предпосевное бороно- вание

## § 20. Подготовка удобрений и внесение их в почву

Для создания лучших условий роста растений в почву вносят органические и минеральные удобрения.

К *органическим* удобрениям относят конский навоз, фекалий, торф. Различают минеральные удобрения: *азотные* — аммиачная селитра, сульфат аммония, натриевая селитра, мочеви́на синтетическая; *фосфорные* — суперфосфат, фосфоритная мука, томас-шлак; *калийные* — хлористый и сернокислый калий, зола; *известковые* — известь-пушонка, известковые туфы, мергели, доломитовая мука, мел, торфяная зола, дефекационная грязь

(отходы при переработке свеклы на сахар). Кислые почвы неблагоприятны для растений, поэтому их известкуют.

Известковые удобрения вносят в сильно кислые почвы в количестве 0,5—8,0 кг/га в зависимости от водородного показателя рН и вида почв. Большая доза — для водородного показателя рН 4—5. В засоленные и щелочные почвы добавляют гипс. В подзолистые кислые почвы вносят золу, а осенью — известь в смеси с торфом или перегноем.

Торф используют преимущественно низинный. До внесения в почву его проветривают в течение 25—30 дней для уменьшения влажности (до 50—60% от сухого веса) и окисления содержащихся в нем вредных для растений закисных соединений железа.

При использовании верхового торфа (кислого) его компостируют с известью, фосфоритной мукой или добавляют навоз. Компостирование делают летом, укладывая слои торфа и пересыпая их известью. Периодически компостную кучу перелопачивают и увлажняют.

Перед внесением в почву минеральные удобрения измельчают и просеивают через грохот с отверстиями сита 5—6 мм. Удобрения распределяют туковыми сеялками или разбрасывателями с точным соблюдением установленной нормы и равномерно по всей площади. Сеялками распределяют обычно минеральные удобрения и их смеси, а разбрасывателями — известь и органические удобрения. Удобрения вносят не сразу, а по частям: половину перед посевом и половину во время посева. Норма внесения минеральных удобрений питательного (действующего) вещества зависит от почвы и вида удобрений. В почвы, содержащие до 2% перегноя и улучшенные органическими добавками в виде торфа, требуется 60 кг азотных, 90—120 кг фосфорных и 90—120 кг калийных удобрений на 1 га.

Если в почве содержится более 2% перегноя, то норма устанавливается по табл. 5.

Таблица 5

Почва	Норма удобрения, кг/га		
		фосфорных	калийных
Подзолистая, супесчаная и легко суглинистая	30—40	60—90	90—120
Подзолистая, суглинистая и глинистая	30—50	30—120	40—60
Серая лесная суглинистая, выщелоченный чернозем	30—50	60—90	60—90
Суглинистая	20—30	60—90	30—60
Каштановая	30—40	60	—
Мощный чернозем	—	30—40	—

Удобрения хранят отдельно от семян и машин. Помещения складов должны быть полностью защищены от атмосферных осадков и от подмокания снизу. Каждый вид удобрения хранят в отдельных отсеках, закромах. Помещение проветривают при сухой погоде и хорошо изолируют от наружного воздуха в сырую погоду.

Органические и минеральные удобрения вносят (разбрасывают) в почву с последующей заделкой их почвообрабатывающими машинами. Для механизации внесения органических удобрений применяют автопогрузчики и разбрасыватели. Погрузчики забирают удобрение из куч, подвозят и загружают им разбрасыватели.

Минеральные удобрения при хранении слеживаются, поэтому перед посевом их необходимо подсушить и измельчить в туко- и жмыходробилках. Лучше применять органо-минеральные удобрения в виде гранул (зерен диаметром 1—4 мм). Такое удобрение не слипается, хорошо рассеивается сеялками, предназначенными для высева порошкообразных удобрений.

Большое преимущество гранулированных удобрений — это возможность внесения их в почву в смеси с семенами растений. Рассев порошкообразных и гранулированных удобрений можно производить с помощью разбросных туковых сеялок. Известь, органические и минеральные удобрения, калийные и фосфорные, заделывают при основной обработке почвы. Часть удобрений (0,5 порции) вносят в почву непосредственно перед посевом и заделывают дисковыми или зубowymi боронами, одновременно с предпосевным рыхлением на глубину 3—4 см.

## § 21. Подготовка травосмесей и засев летного поля

Хорошая подготовка семян к посеву, правильный и своевременный посев очень важны для получения качественного задержания. Семена должны быть чистосортными, полновесными, не зараженными болезнями и вредителями, иметь хорошую всхожесть и дружное прорастание. Семена ниже III класса не разрешается применять. К этому классу относятся семена, всхожесть которых менее 65%, а чистота (количество семян основной культуры) не меньше 90%.

Качество семян проверяют анализом в соответствии с указаниями ТУ на производство и приемку аэродромно-строительных работ. Семена трав хранят строго по сортам в таре, россыпью и в закромах. Для предотвращения сырости и защиты семян от грызунов пол склада устраивают на 0,5-1,0 м выше уровня земли. Помещение склада должно проветриваться. Перед закладкой семян помещение чистят, моют и дезинфицируют.

Травосмеси составляют только накануне посева. За 1,5-2 месяца до посева семена проверяют на всхожесть проращиванием.

Всхожесть должна быть не ниже 75—80%. Процент всхожести определяют по формуле

$$B = \frac{A}{b} 100, \quad (9)$$

где  $A$  — количество проросших семян;

$b$  — количество семян, взятых для проращивания.

Перед составлением травосмесей обязательно корректируют нормы высева, исходя из фактической годности семян, входящих в состав травосмеси, по формуле

$$N_{\phi} = \frac{100N}{D_{\phi}}, \quad (10)$$

где  $N$  — проектная эксплуатационная норма семян, кг/га;

$D_{\phi}$  — фактическая хозяйственная годность семян, %.

Чтобы предупредить заболевание растений, перед посевом семена протравливают препаратом НИУИФ, формалином или марганцовокислым калием. Как правило, семена трав применяют в смесях, перемешивая их сухими не раньше чем за 1—2 дня до посева. Крупные и мелкие семена смешивают отдельно небольшими порциями весом не более 30 кг. К крупным семенам относят: костер безостый, овсяницу луговую, пырей безкорневищевый; к мелким — клевер, тимофеевку, люцерну, мятлик, повилику белую и др.

Крупные и мелкие семена высевают отдельно разбросным способом и только по отдельным захваткам (загонам). Сеялку включают за 1,0—1,5 м до начала загона и выключают ее за границей загона. Посев сеялкой вкруговую запрещен. При посеве берут только семена многолетних трав. Посев на летном поле повторяют в течение ряда лет.

Из трав-задернителей рекомендуются рыхлокустовые (овсяница, житник, тимофеевка, пырей) и корневищевые (мятлик луговой, костер безостый, пырей ползучий). Рыхлокустовые злаки при развитии образуют сильно разветвленную и густую сеть волокнистых корней. Они очень устойчивы и слабо повреждаются колесами самолетов, а если и повреждаются, то быстро восстанавливают травяной покров. Корневищевые злаки образуют густую и обширную корневую систему. Наиболее качественное задернение всегда дает только смесь злаков.

Посев следует производить ранней весной и в конце лета сразу же вслед за предпосевной обработкой почвы, но не позднее чем на следующий день.

Перед посевом поле делят на прямоугольные участки; травосмеси готовят для каждого участка отдельно. Сеют травы разбросным способом с равномерным, сплошным и плотным распределением семян по всей площади летного поля в два про-



хода крест-накрест. В одном направлении высевают крупные семена, а в другом — мелкие. Этим обеспечивают равномерное распределение семян по площади. Крупные семена заделывают проходами бороны «зиг-заг», мелкие — с использованием хвостяной волокуши или прикатывают катком.

Семена трав одинаковой крупности высевают также за два прохода: при первом проходе высевают половину нормы, при втором — вторую половину. После второго прохода семена заделывают хвостяной волокушей.

Семена заделывают в почву в зависимости от их размера: крупные семена на легких почвах — на глубину 3—4 см, а мелкие — на 1,5—2 см; на суглинках — 2—3 см для легких и 1—1,5 см для тяжелых почв. Для заделки используют зубовые бороны, хвостяные волокуши. На тяжелых почвах глубину заделки снижают на 30—50%. После посева семян участки посева прикатывают катками с гладкими вальцами весом 0,2—0,3 т. Глубину заделки семян проверяют линейкой, вскрывая гряды (см. рис. 68, VI).

Посев трав можно выполнять также агрегатами механизированного травосеяния типа АДТС и ЦНИИС МПС. Агрегатами высевают травы на откосы и горизонтальные площадки одновременно с внесением удобрений. Посев трав на откосе выполняет агрегат, подвешенный к подъемному канату крана, экскаватора, крановому оборудованию трактора. При обработке горизонтальных площадей агрегат перемещают за трактором или тягачом на пневматических шинах.

Агрегат представляет собой самоходную тележку, опирающуюся на два катка. В верхней части рамы установлены туковая сеялка и две секции зернотравяной сеялки. В нижней части рамы между катками закреплен рыхлитель для рыхления крупных комьев грунта и заделки удобрения на глубину до 5—7 см, а также борона для заделки в почву семян.

После восстановления на участке посева растительного грунта и его разравнивания агрегатом рыхлят грунт, высевают семена нескольких биологических групп, вносят удобрения и заделывают семена в грунт, прикатывают посевы. Эти операции выполняют за два прохода. При посеве трав на откосах вначале агрегат под действием собственного веса скатывается на катках по откосу вниз, одновременно разрыхляя дисковым рыхлителем растительный грунт. Затем подъемным канатом его перемещают по откосу вверх. При перемещении агрегат высевает сеялкой семена, вводит удобрения (туковой сеялкой) и заделывает их в растительный грунт бороной типа «зиг-заг». Одновременно посев уплотняется катками агрегата. На горизонтальных участках операции повторяются аналогично, а агрегат перемещается за трактором. После посева и в последующие дни в зависимости от погодных условий участок поливают из расчета 2000—4000 л/га воды на один полив.

Выработка агрегата 6000 м<sup>2</sup> в смену при ширине захвата 1,8 м. Глубина рыхления грунта до 7 см, глубина заделки семян до 4 см.

*Уход за посевами.* Другое важнейшее условие получения задерненного слоя высокого качества — хороший и своевременный уход за посевами.

В зависимости от почвенных условий и засоренности участка при затвердевшей корке необходимо рыхление легкой гвоздевой бороной. В случае необходимости посевы поливают водой. Кратность полива зависит от почвенных условий и количества выпадаемых осадков. В жаркие солнечные дни растения поливают вечером после захода солнца. Для полива используют поливочные машины типа ПМ-10, Д-298.

*Контроль качества агротехнических работ и приемку работ* ведут непрерывно. Проверяют семена, удобрения, своевременность посева, точное соблюдение норм высева семян, глубину заделки, правильность технологии обработки почвы, внесения удобрения и высева семян. Освидетельствование и сдачу агротехнических работ производят после предпосевной обработки почвы, внесения удобрений и высева семян с оформлением соответствующих актов на скрытые работы, а окончательную сдачу — после всхода посеянных трав. В этом случае проверяют: соответствие проекту фактически выполненных работ и внесенных в почву семян и удобрений по актам скрытых работ; качество дернового покрова в зависимости от вида и количества побегов растений на единицу площади. Оценка посевов ведется по пятибальной системе в зависимости от количества побегов на площади 400 см<sup>2</sup>.

Если побегов более 300 (для низовых трав) и более 200 (для верховых), считается, что качество дернового покрова отличное; хорошо — 300 верховых и 200 низовых; удовлетворительно — 100 низовых и 50 верховых.

Количество побегов контролируют мерным прибором в виде квадратной рамки размером 20×20 см, внутри которой подсчитывают побеги.

Дерновой покров, готовый к сдаче, должен быть плотным, связным, равномерным по густоте, иметь достаточно развитую корневую систему. Развитой корневой системой считают такую, при которой не менее 60% корней находятся на глубине более 15 см.

К моменту приемки дерновой покров не должен допускать в сухую погоду образования колеи глубиной более 5 см при прокатке самолета.

Для проведения агротехнических работ, связанных с обработкой почвы и посевом трав, необходимо учитывать опыт местных строительных организаций. Это важно в особых условиях производства земляных работ.

## Глава III РАЗРАБОТКА ВЫЕМОК

### § 22. Строительная классификация грунтов

В аэродромной практике применяют классификацию грунтов, разработанную для дорожного строительства (СНиП II-Д. 5-62). Характеристика глинистых грунтов приведена в табл. 6, а несцементированных обломочных — в табл. 7.

Таблица 6

Глинистые грунты	Число пластичности	Содержание песчаных частиц, % от веса сухого грунта
Супесь:		
легкая крупная	1—7	>50
легкая	1—7	>50
пылеватая	1—7	20—50
тяжелая пылеватая	1—7	<20
Суглинок:		
легкий	7—12	>40
» пылеватый	7—12	<40
тяжелый	12—17	>40
» пылеватый	12—17	<40
Глина:		
песчаная	17—27	>40
пылеватая (полужирная)	17—27	Не нормируют
жирная	27	То же

Примечания. 1. При содержании частиц крупнее 2 мм в количестве 20—50% к наименованию грунта добавляют слово «гравелистый» при окатанных частицах и «щебенистый» при острыеберных, неокатанных частицах.

2. Для супесей легких крупных указано содержание песчаных частиц размером 0,25—2 мм, для остальных грунтов — размером 0,05—2 мм.

Для того чтобы определить, к какой разновидности следует отнести по дорожной классификации глинистый грунт, необходимо определить число пластичности грунта и содержание в нем песчаных частиц (0,05—2 мм). Число пластичности определяют как разность между процентами влажности границы текучести грунта и границы раскатывания (ГОСТ 5184—49). Содержание песчаных частиц можно определить путем мокрого просева грунта через сито с отверстиями 0,05 мм или путем отмучивания песчаных частиц по скорости их падения в воде. Как известно, частицы размером 0,05 мм падают в воде со скоростью 0,2 см/сек.

По числу пластичности косвенно судят о содержании в грунте глинистых частиц (мельче 0,002 мм). Чем больше число пластичности грунта, тем, как правило, он содержит большее количество глинистых частиц.

Таблица 7

Несцементированные грунты	Размер частиц, мм	Содержание частиц, % от веса сухого грунта
Грунт:		
щебенистый (при преобладании окатанных частиц — галечниковый)	>10	>50
дресвяный (при преобладании окатанных частиц — гравелистый)	>2	>50
Песок:		
гравелистый	>2	25—50
крупный	>0,5	>50
средний	>0,25	>50
мелкий	>0,1	>75
пылеватый	>0,1	<75

Примечание. Для установления наименования крупнообломочного или песчаного грунта последовательно суммируют проценты содержания частиц исследуемого грунта: сначала крупнее 10 мм, затем крупнее 2 мм, далее крупнее 0,5 мм и т. д. Наименование грунта принимают по первому удовлетворяющему показателю в порядке расположения наименований в табл. 7.

С увеличением в грунте глинистых частиц он становится во влажном состоянии более липким и пластичным. При высыхании такие грунты увеличивают усадку, а при увлажнении — сильнее набухают. При большем содержании глинистых частиц (27%) они становятся практически водонепроницаемы.

Пылеватые частицы (0,002—0,05 мм) в воде не набухают или набухают весьма незначительно. Капиллярное поднятие воды в пылеватых грунтах происходит с большей скоростью и на большую высоту (до 2—3 м). В процессе промерзания пылеватые грунты склонны к переувлажнению (пучению).

Песчаные частицы (0,05—2 мм) лишены связности, обладают большей водопроницаемостью и небольшим капиллярным поднятием (не более 50—60 см).

### § 23. Классификация грунтов по трудности их разработки

При разработке грунтов некоторые землеройные машины более производительны работают в связных грунтах, чем в рыхлых. Так, например, грейдер-элеватор имеет большую производительность в суглинистых грунтах, чем в песчаных. Другие машины (например, экскаваторы) имеют большую производительность в несвязных грунтах. Поэтому грунты по трудности разработки разделены на группы для каждого вида землеройных машин (табл. 8).

Как следует из табл. 8, один и тот же грунт в зависимости от способа разработки можно отнести к различным группам.

Таблица 8

Характеристика грунтов	Средний объемный вес в плотном состоянии, кг/м <sup>3</sup>	Группа грунта при разработке						
		Экскаваторами		скреперами	грейдер-элеваторами	бульдозерами	грейерами	вручную
		одноковшовыми	многоковшовыми					
Галька и гравий:								
мелкие и средние размером до 40 мм	1750	I	II	II	—	II	II	II
крупные размером до 150 мм	1950	II	—	II	—	II	II	III
Глина:								
жирная, мягкая	1800	II	II	II	II	II	II	II
насыпная, слежавшаяся с примесью гальки и булыг	1750	II	II	II	—	II	II	II
мягкая с примесью щебня, гравия, гальки и булыг	2000	III	—	II	—	II	II	II
мореная с валунами до 50 кг и 30% по объему	2100	IV	—	—	—	III	—	IV
Грунт растительного слоя:								
без корней	1200	I	I	I	I	I	I	I
то же с корнями кустарника и деревьев	1200	I	I	I	—	I	—	I
Песок:								
естественной влажности без примесей	1600	I	II	II	III	II	II	I
то же с примесью гравия или щебня до 40% по объему	1700	I	II	II	—	II	III	II
то же с примесью гравия и щебня более 40% по объему	1700	I	II	II	—	II	III	III
сухой, барханный и дюнный	1600	I	II	II	—	III	—	II
Суглинок:								
легкий и лессовидный	1600	I	I	I	I	I	I	I
тяжелый	1750	II	II	II	I	II	II	II
Супесь:								
без примесей	1600	I	II	II	II	II	II	I
с примесью гравия, гальки или щебня до 40% по объему	1800	I	II	II	—	II	II	II
то же, более 40% по объему	1850	I	II	II	—	II	II	II
Торф:								
без корней	600	I	I	I	I	I	I	I
с корнями толщиной более 30 мм	600	II	—	I	—	I	—	II
Мерзлые грунты предварительно разрыхленные:								
песчаные и супесчаные		II	—	—	—	III	—	III
глинистые и суглинистые		V	—	—	—	III	—	III
скальные, предварительно разрыхленные		IV	—	—	—	—	—	—

## § 24. Последовательность разработки выемок

Если грунт из выемки используется для возведения насыпи, выемку следует разрабатывать в последовательности, которая необходима для отсыпки насыпи. При однородном грунте в выемке независимо от последовательности ее разработки насыпь будет отсыпана по всей высоте из однородных грунтов. При неоднородном грунте следует выбрать такой способ и последовательность разработки выемки, который обеспечит послойную отсыпку насыпи из однородного грунта с укладкой слабодреннующих грунтов в нижнюю часть насыпи. При неоднородном по глубине залегании грунтов в выемке не следует разрабатывать ее экскаватором сразу на всю глубину, так как это не позволит отсыпать слои насыпи из однородных грунтов. Последовательность разработки выемки должна быть выбрана такая, которая позволит устраивать нижние слои насыпи из менее дренируемых грунтов, чем верхние.

Если в выемке грунты различны по физико-механическим свойствам, ее разрабатывают послойно (послойный метод), чтобы обеспечить отсыпку насыпи слоями из однородных грунтов.

При однородном грунте в выемке или при удалении его в отвал выемку можно разрабатывать сразу на всю глубину (забойный метод).

Глубокие выемки (более 3 м) целесообразно разрабатывать по горизонтам.

Выемку разрабатывают не сразу по всему контуру, а на полосах (участках очередности), размеры которых должны обеспечивать нормальные условия работы землеройных и транспортных машин, занятых на разработке выемки. Последовательность разработки полос и каждой полосы в отдельности назначают с учетом обеспечения отвода поверхностных вод с разрабатываемой площади. Если возникает опасность притока воды к месту разработки с прилегающей местности, необходимо с нагорной стороны отрыть канавы, отводящие ее за пределы выемки.

При разработке выемок следует иметь в виду, что часто грунты в выемке имеют меньшую плотность, чем после уплотнения их в насыпи. Поверхность выемки с таким грунтом после ее уплотнения оседает, поэтому выемку не следует доводить до проектной отметки на величину предполагаемой осадки.

Выемки на летном поле целесообразно разрабатывать сразу до проектной отметки с учетом предполагаемой осадки после уплотнения. Глубокие выемки следует разрабатывать в две стадии: сначала начерно до глубины, несколько меньшей (6—8 см), чем проектная, а перед устройством основания под покрытие выемки тщательно отделяют, контролируя отметки нивелиром.

## § 25. Состав работ на участках выемок

До начала разработки выемки необходимо обследовать грунты, предназначенные для отсыпки насыпей путем отрывки шурфов на проектную глубину разработки выемки из расчета один шурф на каждые 5000 м<sup>3</sup> грунта, отсыпаемого в насыпь. В неоднородных грунтах количество шурфов увеличивают.

Из шурфов отбирают образцы каждой характерной грунтовой разновидности в количестве 4—5 кг для стандартного уплотнения. Перед отправкой в лабораторию каждый образец снабжают паспортом с указанием даты, места взятия пробы и мощности данного слоя.

Поступившие в лабораторию образцы осматривают, после чего наиболее характерные грунты подвергают стандартному уплотнению.

При разработке выемки необходимо снять и временно обваловать растительный грунт, разрыхлить минеральный грунт, разработать и переместить минеральный грунт, спланировать и уплотнить поверхность выемки и восстановить растительный грунт.

При разработке выемки в плотных и сухих грунтах или имеющих включение камней следует рыхлить грунты плугами или рыхлителем на глубину резания применяемой землеройной машины. Взрывным способом рыхлят скальные грунты при разработке их экскаваторами.

В процессе разработки выемок ежедневно следует определять естественную влажность грунтов, идущих в насыпь. Кроме того, влажность периодически определяют после длительных дождей с тем, чтобы установить время для возобновления земляных работ.

## § 26. Выбор способа разработки выемок

Из комплекса рабочих операций производства земляных работ наиболее трудоемкие, а поэтому и наиболее дорогостоящие: разработка и погрузка грунта в выемке, перемещение и отсыпка его в насыпи. Остальные рабочие операции (разравнивание и уплотнение грунта в насыпи, планировка поверхностей насыпей и выемок) имеют меньшую трудоемкость и поэтому не являются решающими при выборе способа производства земляных работ. Стоимость различных способов производства земляных работ<sup>1</sup> указана на рис. 21. Этот график позволяет выбрать наиболее дешевый способ разработки и перемещения грунта.

С увеличением геометрической емкости ковша скрепера и мощности тягача стоимость разработки и перемещения грунта уменьшается. Так, при расстоянии перемещения грунта 500 м

<sup>1</sup> Е. В. Калечиц. Основы экономики производства земляных работ при поточном строительстве дорог. М., Автотрансиздат, 1961.

стоимость разработки и перемещения  $1000 \text{ м}^3$  грунта скреперами емкостью ковшей 2,7; 6,0; 8,0 и  $15,0 \text{ м}^3$  соответственно равны 317, 269, 248 и 155 руб.

Разрабатывать грунт экскаваторами с геометрической емкостью ковша  $0,5 \text{ м}^3$  и транспортировать его тракторными прицепами целесообразно при расстоянии перемещения более 300 м по сравнению со скреперами емкостью ковша  $2,7 \text{ м}^3$ ; более 450 м —  $6 \text{ м}^3$ ; более 550 м —  $8 \text{ м}^3$  и более 1800 м по сравнению со скреперами емкостью ковша —  $15 \text{ м}^3$ .

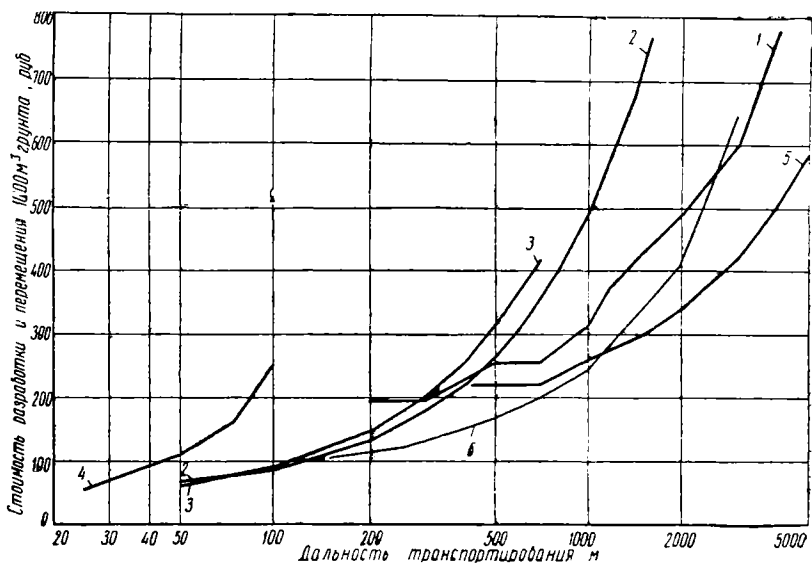


Рис. 21. Стоимость разработки и перемещения в насыпь  $1000 \text{ м}^3$  грунта II группы:

1 — экскаватором Э-505А с прицепами Д-179А; 2 — скрепером Д-222; 3 — скрепером Д-354; 4 — бульдозером Д-271; 5 — экскаватором Э-505А с автомобилями ЗИЛ-585; 6 — скреперами  $10 \text{ м}^3$  с автомобильными тягачами 200 л. с.

Области применения других типов землеройных и транспортных машин будут иные, поэтому для каждого конкретного случая необходимо определять стоимость производства землеройных работ в зависимости от расстояния перемещения и выбирать наиболее экономичный (см. § 3).

## § 27. Разработка выемок скреперами

Для производства земляных работ промышленность выпускает скреперы с ковшом емкостью от  $1,5$  до  $15 \text{ м}^3$ .

Стоимость разработки и перемещения грунта на расстояние 50—450 м скрепером с ковшом  $6 \text{ м}^3$  и гусеничным трактором 100 л. с. значительно ниже, чем при выполнении этих работ



экскаваторами и транспортными машинами (см. рис. 21). Скрепер с емкостью ковша  $15 \text{ м}^3$  и более совместно с быстроходным мощным тягачом (300 л. с.) экономически целесообразно применять при расстоянии перемещения грунта до 1,5—2,0 км.

Скреперы с успехом применяют для разработки всех грунтов, за исключением скальных и грунтов с включением булыж-

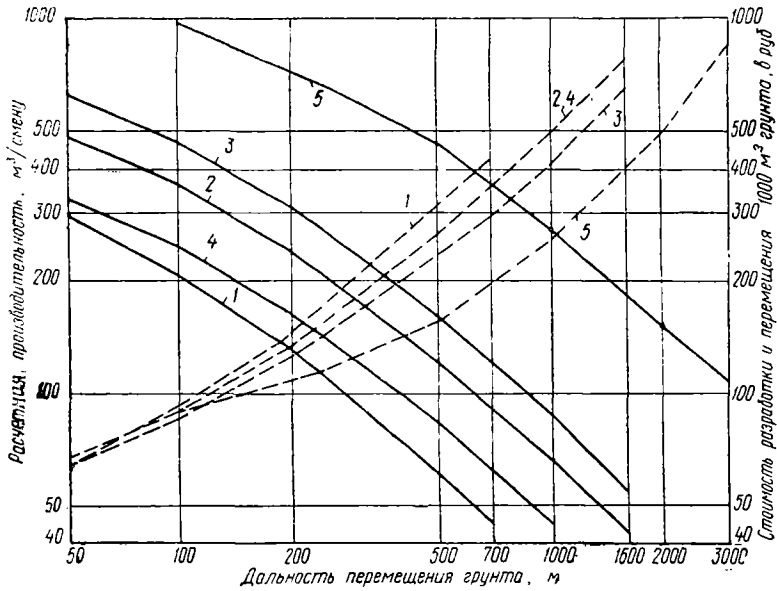


Рис. 22. Расчетная производительность в смену скреперов при разработке и перемещении грунта II группы и расчетная стоимость работ: 1 — Д-354 ( $2,75 \text{ м}^3$ ); 2 — Д-222 ( $6 \text{ м}^3$ ); 3 — Д-222А ( $8 \text{ м}^3$ ) и Д-374 ( $8 \text{ м}^3$ ); 4 — Д-373 ( $2 \times 2,75 \text{ м}^3$  — двоянный); 5 — скрепер  $15 \text{ м}^3$  с автомобильным тягачом 300 л. с.; — — — производительность скреперов; — — — стоимость разработки и перемещения грунта

ника и валунов размером более 25 см. При влажности связных грунтов более 0,5 от предела текучести эффективность работы скреперов с полупринудительной выгрузкой снижается, а при влажности более 0,8 становится невозможной.

С увеличением емкости ковша скрепера увеличивается его производительность и уменьшается стоимость производства работ (рис. 22).

Скрепер — машина циклического действия, цикл работы которого состоит из следующих рабочих операций: набора грунта, перемещения в насыпь, укладки грунта в насыпь, возвращения к месту набора (рис. 23).

**Набор грунта.** Увеличение коэффициента наполнения ковша приводит к увеличению производительности скрепера. Поэтому

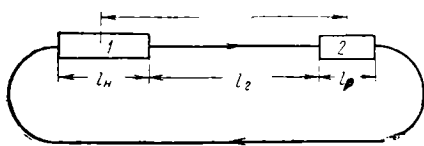


Рис. 23. Схема рабочего цикла скрепера:

1 — набор грунта; 2 — разгрузка грунта;  $l_0$  — расстояние перемещения грунта;  $l_n$  — длина пути набора;  $l_2$  — длина грузового хода скрепера;  $l_p$  — длина пути разгрузки грунта

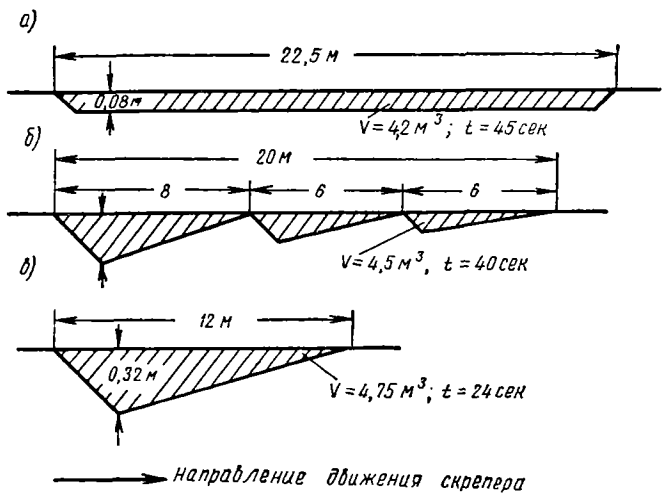


Рис. 24. Схемы набора грунта скрепером с емкостью ковш 6 м<sup>3</sup>: а — прямоугольная; б — гребенчатая; в — клиновья; V — объем вырезанного грунта; t — продолжительность набора

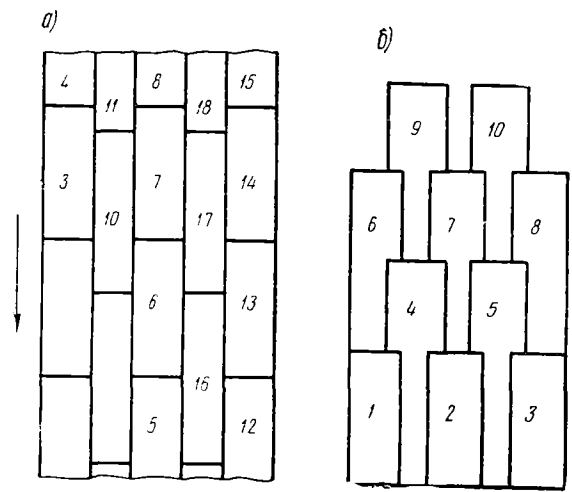


Рис. 25. Схемы набора грунта скреперами в плане: а — многорядная через полосу; б — шахматно-гребенчатая; 1—18 — последовательность набора

необходимо не только заполнять всю геометрическую емкость ковша, но и стараться наполнить ковш с «шапкой».

Уменьшение продолжительности набора приводит к заметно-му увеличению производительности скрепера только при пере-мещении на небольшие расстояния. При больших расстояниях производительность скрепера увеличивается незначительно. Так, например, при сокращении продолжительности набора с 45 до 24 сек производительность скрепера Д-222 увеличивается при перемещении грунта на расстояние 50 м на 5,5%, а на 500 м только на 0,9%.

Для увеличения коэффициента наполнения ковша скрепера и сокращения продолжительности набора следует набирать

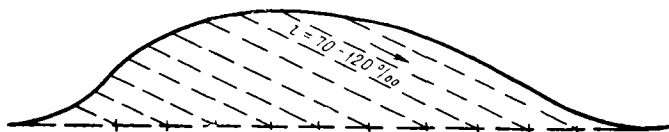


Рис. 26. Схема разработки выемки наклонными слоями

грунт только при движении скрепера на прямой и применять эффективные схемы набора грунта.

В зависимости от сечения стружки грунта в продольном направлении наполнение скрепера и время набора различно (рис. 24). Наиболее эффективен набор грунта при клиновом профиле стружки, так как по мере набора скрепера часть тяговой мощности трактора затрачивается на перемещение грунта и мощность, приходящаяся на зарезание, падает. Поэтому по мере набора необходимо подымать нож скрепера, что позволяет полностью использовать мощность трактора. При снятии скрепером растительного грунта ограниченной толщины следует срезать его прямоугольной стружкой (рис. 24, а).

Производительность скрепера также зависит от выбранной схемы набора грунта в плане (рис. 25). Так, при наборе грунта через одну полосу скрепер не уводит в сторону, что наблюдается при наборе грунта полосами подряд. Кроме того, гребень, образованный на полосах 9—11 и 16—18, после срезки грунта на полосах 1—4, 5—8 и 12—15 создает благоприятные условия для увеличения коэффициента наполнения ковша скрепера.

Шахматная схема набора позволяет еще более увеличить коэффициент наполнения, так как в последний период наполнения ковша скрепер срезает более узкую полосу, которая поступает в ковш под сильным напором. Эту схему набора применяют только опытные машинисты.

Хорошие результаты набора получают при разработке выемки наклонными слоями (рис. 26). Для перемещения трактора и скрепера с грунтом под уклон требуется меньшее тяговое уси-

лие, поэтому большая часть мощности трактора может быть использована на срезание грунта. Наиболее оптимальные уклоны равны 70—120%. При больших уклонах грунт не поступает в ковш, а увеличивает призму волочения.

Предварительное рыхление всех грунтов II группы, за исключением песчаных, увеличивает производительность скреперов. Грунты I группы следует рыхлить только для скреперов емкостью 2,25 м<sup>3</sup>. Практикой установлено, что рыхлить грунты необходимо, если длина пути набора превышает следующие размеры:

Для скрепера емкостью 2,25 м <sup>3</sup>	12—14 м
"                  6,00 " "	18—22
Для скрепера емкостью 10,00 м <sup>3</sup>	26—28
"                  15,00	35—38

Но чрезмерное рыхление может привести к снижению производительности скрепера за счет уменьшения коэффициента наполнения ковша. Поэтому при работе рыхлителем с пятью зубьями следует на легких грунтах снять три стойки, а на тяжелых — две стойки и рыхлить на глубину не более 0,2—0,3 м.

Тяговые расчеты трактора С-100 показали, что его мощность при транспортировании скрепера 6 м<sup>3</sup> с грунтом используется неполностью, в то время как при наборе мощность трактора недостаточна.

Поэтому возникает необходимость применять толкачи-тракторы, оборудованные специальным толкающим приспособлением или бульдозеры. Организация работы скреперов с толкачами должна быть четкой, исключаящей простои.

Один толкач может обеспечить набор грунта нескольких скреперов. Количество обслуживаемых скреперов одним толкачом может быть определено, как частное от деления времени цикла скрепера на время работы толкача с одним скрепером и переход его к следующему скреперу.

*Перемещение грунта.* Увеличение скорости передвижения скрепера с грунтом и порожняком приводит к заметному увеличению производительности, особенно при транспортировании на большие расстояния. Так, например, увеличение скорости скрепера 6 м<sup>3</sup> в грузовом направлении с 1,0 до 1,5 м/сек и в обратном направлении с 1,2 до 2,0 м/сек повышает производительность при транспортировании на расстояние 50 м на 2,5% и на расстояние 500 м на 37%.

Увеличение скорости скреперов возможно при поддержании транспортных путей в хорошем состоянии, что может быть достигнуто периодическим профилированием их автогрейдером.

*Разгрузка грунта.* При послышной отсыпке насыпи продольными полосами с разгрузкой грунта при движении скрепера не требуется дополнительного разравнивания грунта автогрейдерами и предварительного уплотнения катками.

## § 28. Разработка выемок экскаваторами

Экскаватор — машина циклического действия, рабочий цикл которой состоит из следующих рабочих операций: набора грунта, поворота стрелы, разгрузки ковша и обратного поворота его к забою.

Экскаваторы применяют для производства сосредоточенных земляных работ, когда глубина выемок превышает 1 м, а расстояние перемещения грунта более 500 м.

Для производства земляных работ на аэродромах используют экскаваторы со следующим рабочим оборудованием: прямая лопата — для разработки выемок с погрузкой грунта на уровне стояния экскаватора; обратная лопата — для разработки траншей и котлованов в отвал; драглайн — для разработки мокрых забоев с погрузкой в транспортные средства на уровне стояния экскаватора. В сухих забоях погрузку грунта можно выполнять ниже стояния драглайна, на уровне подошвы забоя.

Экскаваторами можно разрабатывать все грунты, включая предварительно разрыхленные скальные и мерзлые. По трудности разработки экскаваторами грунты разделены на четыре группы (см. табл. 8).

Экскаваторы работают эффективно, когда высота забоя позволяет за одно черпание набрать полный ковш. Минимальная высота забоя (глубина выемки) в зависимости от емкости ковша экскаваторов с прямой лопатой и драглайнов указана в табл. 9.

Таблица 9

Емкость ковша экскаватора, м <sup>3</sup>	Минимальная высота забоя в зависимости от группы грунта, м			Оптимальная ширина забоя для прямой лопаты, м
	I, II	III	IV	
0,25	1,0	2,0	3,0	4,6
	2,0	2,6	3,0	
0,50	1,5	2,5	3,5	6,8
	2,5	3,0	3,5	
1,00	2,5	3,5	4,5	8,7
	3,0	3,5	4,0	
2—3	3,5	4,0	6,0	11,6
	4,0	5,0	6,0	

Примечание. В числителе — высота забоя для экскаваторов с прямой лопатой, в знаменателе — для драглайнов.

При глубине выемки меньше, указанной в табл. 9, набрать грунтом ковш экскаватора за одно резание невозможно и необходимо сделать два и более движений ковша снизу вверх, что

снижает производительность почти на 25%. Наибольшая высота забоя не должна превышать максимальной высоты резания ковша с тем, чтобы исключить опасность обвала козырька забоя.

Производительность экскаваторов в значительной степени зависит от угла поворота стрелы. Так, для экскаваторов с геометрической емкостью ковша 0,25, 0,50 и 1,00 м<sup>3</sup> производительность при погрузке в транспортные средства в зависимости от угла поворота указана в табл. 10.

Таблица 10

Угол поворота стрелы, град	Геометрическая емкость ковша экскаватора, м <sup>3</sup>		
	0,25	0,50	1,00
Производительность экскаваторов, %			
70	100,0	100,0	100,0
90	94,0	94,0	95,5
135	87,5	86,0	89,0
180	84,5	78,5	79,5

Примечание. За 100% принята производительность экскаваторов при угле поворота 70°.

Для разработки сухих забоев можно применять экскаваторы с прямой лопатой и погрузкой в транспортные средства на уровне стояния экскаватора или драглайна с погрузкой в транспортные средства ниже стояния экскаватора, на уровне подошвы забоя.

При одной и той же мощности экскаваторов и углах поворота стрелы производительность драглайнов составляет 85-95% от производительности экскаваторов с прямой лопатой. Это объясняется тем, что продолжительность одного цикла драглайна, ковш которого подвешен на тросе, большая, чем у экскаватора, ковш которого укреплен жестко на рукояти.

Новаторы строительства предложили схемы разработки выемок, при которых углы поворотов стрелы драглайна уменьшены до 15—20° вместо минимально возможных при работе прямой лопатой 70—90°. Эти схемы (рис. 27) позволяют резко сократить время рабочего цикла и добиться производительности драглайнов равной и даже несколько большей, чем экскаваторов с прямой лопатой.

Для рационального использования экскаваторов необходимо из контура выемки выделить участки с глубиной, не менее указанной в табл. 10 (рис. 28). Участки выемки с меньшей глубиной можно разработать скреперами, если расстояние перемещения грунта находится в пределах экономически целесообразных для скреперов. Если расстояние перемещения более указанного (см. рис. 21), то целесообразно на этих участках создать необходимую высоту забоя бульдозерами и разработывать их экскаваторами с погрузкой в транспортные средства (см. рис. 19).

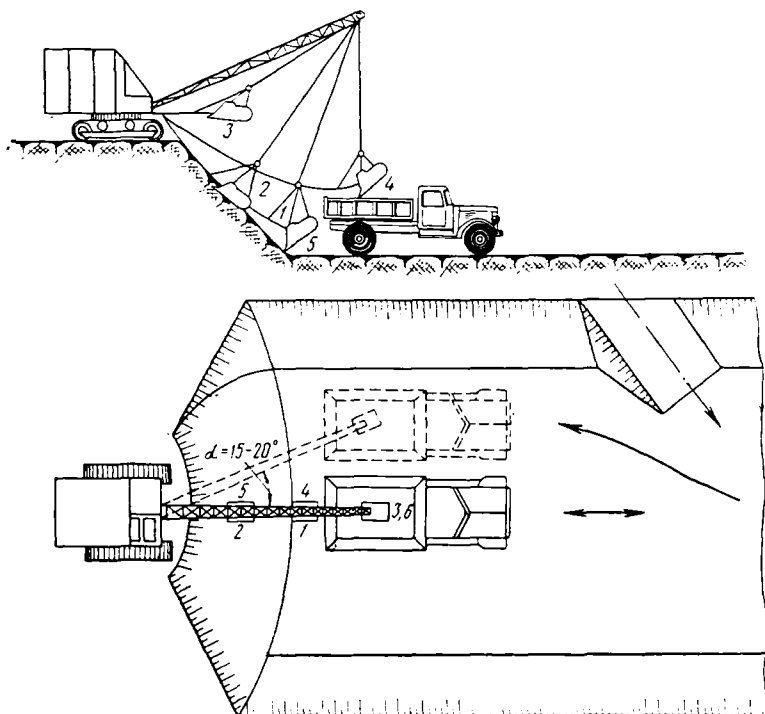


Рис. 27. Схема (продольно-челночная) разработки выемки драглайном:

1, 2, 3, 4, и 6 — последовательные положения ковша

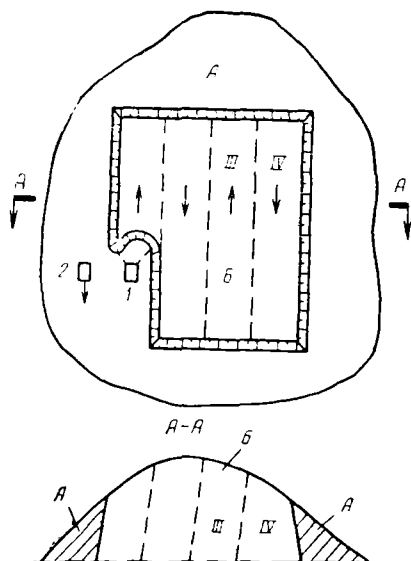


Рис. 28. Схема разработки выемки экскаваторами:

А — участок с глубиной выемки, менее необходимой для работы экскаватора; Б — участок выемки, подготовленный для работы экскаватора; I — IV — номера забоев;

I — экскаватор; 2 — транспортное средство

Участок выемки, намеченный к разработке экскаваторами, разбивают на забои, оптимальная ширина которых указана в табл. 9. При более широком забое увеличивается угол поворота стрелы, но уменьшается количество передвижек экскаватора. С уменьшением ширины забоя уменьшаются углы поворота, но увеличивается количество передвижек.

Направление движения транспортных средств должно быть навстречу движению экскаватора в забое (см. рис. 28), чтобы исключить опасный для работающих перенос ковша через кабину водителя.

Повысить производительность экскаваторов можно путем:

применения при разработке легких и средних грунтов облегченных ковшей большой емкости или увеличения емкости основного ковша наваркой задней и боковых стенок. Увеличение ковша в 1,5 раза повышает производительность экскаватора в легких грунтах на 40%, в средних — на 30%. Применение ковшей с полукруглым днищем и режущей кромкой повышает производительность на 50—100%;

четкой организации движения транспортных средств, работающих с экскаватором. Время вынужденного ожидания транспорта целесообразно использовать для переброски грунта с дальних участков забоя на линию разгрузки ковша. Место остановки транспортных средств следует обозначить вешками;

организации работы в забое с минимально возможными углами поворота стрелы экскаватора и с меньшим количеством передвижек экскаватора в забое;

совмещения операций при выполнении рабочего цикла экскаватора;

содержания в хорошем состоянии режущей кромки ковша экскаватора. Если режущая кромка затупилась, необходимо ее заточить путем наплавки.

## **§ 29. Транспортирование грунта при экскаваторном способе разработки**

Процесс транспортирования грунта следует рассматривать совместно с процессами разработки выемок и возведения насыпей. Только в этом случае может быть достигнута комплексная механизация производства земляных работ, при которой будут увязаны производительности и параметры всех машин, участвующих в выполнении указанных процессов, достигнуты наилучшие технико-экономические показатели. Все процессы необходимо организовать так, чтобы не было задержек в работе экскаватора, а транспортные средства не простаивали долго под погрузкой.

При экскаваторном способе производства земляных работ транспортные средства необходимо выбирать в зависимости от параметров и производительности экскаватора, дальности пере-



мещения грунта, рельефа местности, грунтовых и климатических условий в период производства работ.

Наиболее распространенные транспортные средства при разработке грунта экскаваторами на аэродромах — тракторные саморазгружающиеся тележки, автомобили-самосвалы и самоходные самосвалыные тележки (думпера).

Стоимость перемещения грунта транспортными средствами превышает стоимость его разработки в несколько раз. Так, при разработке грунта экскаваторами с ковшом емкостью  $0,5 \text{ м}^3$  и перемещении его автомобилями-самосвалами грузоподъемностью  $3,5 \text{ т}$  стоимость транспортирования грунта превышает стоимость его разработки в 1,3 раза при расстоянии перемещения  $500 \text{ м}$  и в 2,5 раза при расстоянии  $2 \text{ км}$ .

Наименьшая стоимость работ будет при правильном назначении количества транспортных средств. При недостаточном их количестве будет простаивать экскаватор, что приведет к удорожанию работ, при избытке будут простаивать в ожидании погрузки транспортные средства, что также приведет к удорожанию работ.

Следовательно, оптимальное решение будет тогда, когда производительность экскаватора будет равна производительности всех транспортных средств, работающих с ним. Из этого условия количество транспортных средств  $n$  будет равно отношению производительности экскаватора  $P_{\text{э}}$  к производительности одной транспортной единицы  $P_{\text{т}}$ :

$$n = \frac{P_{\text{э}}}{P_{\text{т}}}. \quad (11)$$

Продолжительность цикла работы транспортного средства  $T_{\text{ц}}$  равна сумме времени на погрузку  $t_{\text{п}}$ , движение с грунтом  $t_{\text{г}}$ , разгрузку  $t_{\text{р}}$ , возвращение в забой  $t_{\text{х}}$  и ожидания погрузки  $t_0$ :

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{п}} + t_{\text{г}} + t_{\text{р}} + t_{\text{х}} + t_0. \quad (12)$$

Для наглядности рабочий цикл транспортных средств изображен на рис. 29 в координатах «расстояние — время». Из графика видно, что количество транспортных единиц  $n$  может быть также определено, как частное от деления продолжительности цикла транспортной единицы  $T_{\text{ц}}$  на продолжительность погрузки экскаватором  $t_{\text{п}}$ :

$$n = \frac{T_{\text{ц}}}{t_{\text{п}}}. \quad (13)$$

*Перевозка грунта саморазгружающимися тракторными тележками (тракторными прицепами).* Гусеничные тракторы с тракторными прицепами имеют лучшую проходимость по рыхлым и переувлажненным грунтам, чем автомобили-самосвалы. Поэтому саморазгружающиеся тракторные тележки желательно

применять при менее благоприятных грунтовых и климатических условиях при перемещении грунта на расстояние 300—500 м.

При таких небольших расстояниях перемещения средняя скорость передвижения тракторного прицепа незначительно отличается от скорости автомобиля-самосвала. При больших расстояниях (более 500 м) и хороших землевозных путях целесообразно перемещать грунт не тракторными прицепами, а автомобилями-самосвалами.

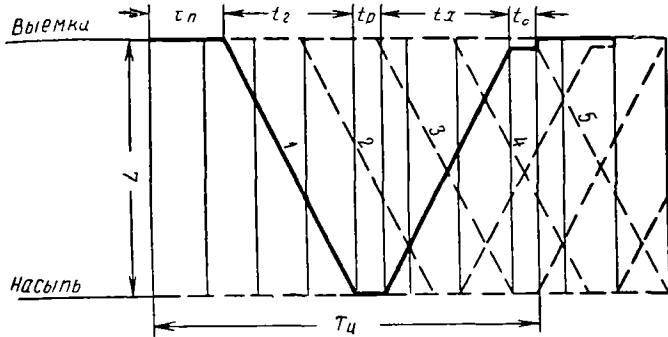


Рис. 29. График рабочего цикла транспортных средств:  
1, 2, 3, 4, 5 — номера транспортных средств

Тракторные прицепы разгружают во время движения через дно (Д-179А) на обе стороны (Д-258) и опрокидыванием (Д-401). За один цикл тракторный прицеп может перевезти 9—14 м<sup>3</sup> грунта.

Производительность тракторного прицепа зависит от геометрической емкости кузова прицепа  $V$ , коэффициента наполнения кузова  $k_n$ , коэффициента использования времени  $k_b$ , коэффициента разрыхления грунта  $k_p$  и продолжительности цикла  $T_{ц}$ .

Продолжительность цикла тракторного прицепа может быть определена по формуле (12).

Время погрузки  $t_n$  зависит от производительности экскаватора  $\Pi_э$ , геометрической емкости кузова прицепа  $V$ , коэффициента наполнения  $k_n$  и коэффициента разрыхления грунта  $k_p$ :

$$t_n = \frac{T_{см} V k_n k_b}{\Pi_э k_p}. \quad (14)$$

Продолжительность перемещения тракторного прицепа зависит от расстояния перемещения  $l$  и скорости движения тракторного прицепа с грузом  $v_r$  и порожнего  $v_x$ :

$$t_r = \frac{l}{v_r}; \quad t_x = \frac{l}{v_x}. \quad (15)$$

Скорость движения в свою очередь зависит от величины необходимого тягового усилия для перемещения груженого  $P_r$  и порожнего  $P_x$  прицепа. Необходимое тяговое усилие для перемещения груженого и порожнего тракторного прицепа зависит от веса прицепа  $G_n$ , веса грунта в кузове прицепа  $G_r$ , веса трактора  $G_{тр}$ , уклона пути  $i$  и сопротивления движению (коэффициента трения качению)  $f$ .

Для перемещения порожнего прицепа тяговое усилие должно быть равно

$$P_x = G_n(i + f) + G_{тр}i, \quad (16)$$

а для перемещения груженого прицепа

$$P_r = (G_n + G_r)(i + f) + G_{тр}i. \quad (17)$$

Сопротивление движению транспортных средств на пневматических шинах в зависимости от состояния землевозных путей приведено ниже:

	Коэффициент сопротивления движению
Грунтовая дорога в удовлетворительном состоянии	0,08
Грунтовая дорога в неудовлетворительном состоянии	0,15
Плотный грунт	0,20
Рыхлый песок	0,25
Рыхлый грунт, свежая насыпь	0,30

Зная необходимые тяговые усилия для перемещения порожнего и груженого прицепа и техническую характеристику трактора (рис. 30), можно определить скорость перемещения тракторного прицепа.

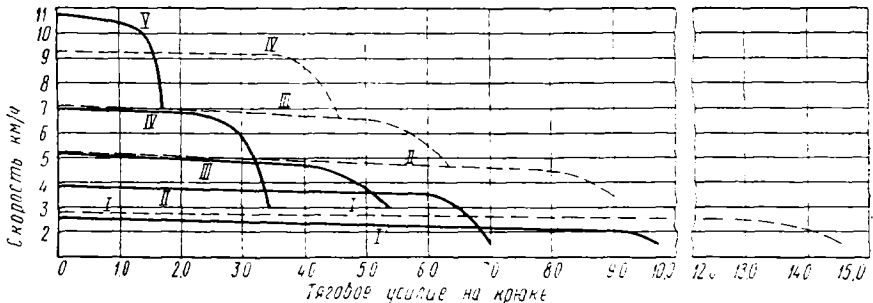


Рис. 30. Тяговые характеристики тракторов. Сплошными линиями показаны тяговые характеристики трактора Т-100, пунктирными — Т-180. I—V передачи

Производительность тракторных прицепов в значительной степени зависит от состояния землевозных путей, поэтому экономически целесообразно периодически профилировать и уплотнять пути движения тракторных прицепов.

*Перевозка грунта автомобилями-самосвалами и самоходными самосвальными тележками (думперами).* Для отвозки грунта от экскаватора применяют автомобили-самосвалы грузоподъемностью 3,5; 5 и 7 т и думпера грузоподъемностью 6 т.

Для более мощных автомобилей требуется устройство улучшенных или колеиных дорог, что не всегда экономически целесообразно при площадном характере земляных работ на аэродромах.

При выборе типа автомобиля-самосвала необходимо, чтобы кузов автомобиля загружался кратным числом ковшей экскаватора: 3, 4, 5. При меньшей кратности автомобиль испытывает большие динамические нагрузки в момент выгрузки грунта из ковша. При кратности больше 5 автомобиль продолжительное время стоит под погрузкой.

Для уменьшения динамических нагрузок на транспортные средства при выгрузке грунта из ковша экскаватора необходимо, чтобы ковш находился над кузовом на высоте не более 0,5—1,0 м

При дальности возки грунта до 500 м средняя скорость автомобиля-самосвала составляет не более 10 км/ч, так как значительную часть времени автомобиль тратит на набор скорости в начале пути и торможение в конце участка. С увеличением расстояния перемещения до 1, 2 и 3 км средняя скорость автомобиля-самосвала увеличивается соответственно до 14, 22 и 29 км/ч. Поэтому с увеличением расстояния перевозки грунта увеличивается эффективность работы автомобильного транспорта.

### **§ 30. Разработка выемок бульдозерами и другими машинами**

Рабочий цикл бульдозера состоит из набора грунта в выемке, перемещения и укладки его в насыпь, возвращения бульдозера в выемку. В выемке нож отвала заглубляют и перемещают бульдозер на I—II передачах до тех пор, пока не будет набран полный отвал, после чего нож выглубляют и на повышенной передаче перемещают грунт в насыпь. В месте укладки грунта нож бульдозера приподнимают на высоту отсыпаемого слоя. К месту набора бульдозер возвращается на максимально возможной скорости.

Производительность бульдозера при разработке грунта II группы и перемещении его на расстояние 10 м достигает 1100 м<sup>3</sup>/смену. С увеличением расстояния производительность бульдозера резко уменьшается и при расстоянии 100 м составляет 33—110 м<sup>3</sup>/смену в зависимости от марки бульдозера (рис. 31).

**Набор грунта.** Для того чтобы полностью использовать мощность трактора и набрать полный отвал за минимальное время, применяют клиновую схему зарезания грунта аналогичную, как и при наборе скрепером (см. рис. 24, в). Если по условиям технологии работ клиновая схема неприемлема (например, при снятии растительного грунта), то грунт набирают прямоугольной стружкой (см. рис. 24, а). Для увеличения объема грунта, удерживаемого на отвале, рекомендуют применять открылки, укрепленные на отвале бульдозера.

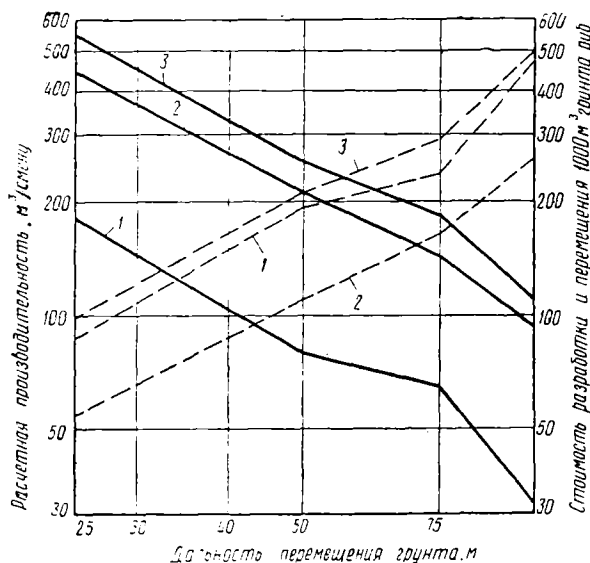


Рис. 31. Расчетные производительности бульдозеров и стоимости работ при разработке и перемещении грунта II группы:

1 — Д-159Б; 2 — Д-271; 3 — Д-275

Сплошные линии — производительность бульдозеров, пунктирные — стоимость работ

живаемого на отвале, рекомендуют применять открылки, укрепленные на отвале бульдозера.

**Перемещение грунта.** При перемещении часть грунта ссыпается с отвала, образуя валики с обеих сторон по ходу бульдозера. Потери составляют 0,5—1,0% от первоначального объема грунта на отвале на каждый метр пути перемещения. Процент потерь можно уменьшить, применяя открылки на отвале бульдозера и траншейный способ разработки выемки (см. рис. 14). При траншейном способе разработку выемки начинают с ближайшего участка к насыпи. Последующие порции грунта перемещают по траншее, образованной предыдущими проходами, что позволяет удерживать на отвале большее количество грунта и устраняет ссыпание его с отвала. Потери грунта можно уменьшить, перемещая

грунт между валами, образованными предыдущими проходами бульдозера.

При перемещении на расстояние более 50 м к концу пути на отвале остается небольшое количество грунта (50—75% от первоначального объема), что приводит к резкому уменьшению производительности бульдозера. Для увеличения производительности бульдозера при перемещении грунта на расстояние более 25 м рекомендуют применять схему работы с промежуточным валом (рис. 32). При этой схеме производительность бульдозера увеличивается за счет уменьшения числа проходов на участке от вала до насыпи.

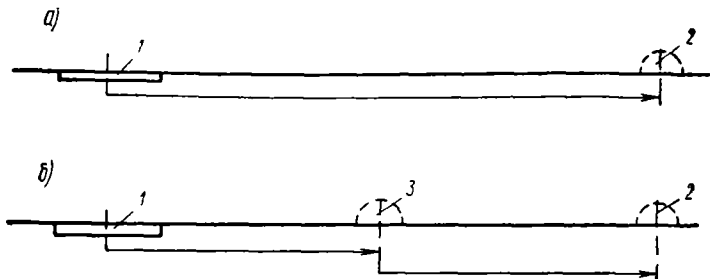


Рис. 32. Схема работы бульдозера с промежуточным валом:  
а — перемещение грунта без промежуточного вала; б — перемещение  
грунта с промежуточным валом;

1 — набор грунта; 2 — разгрузка грунта; 3 — промежуточный вал

Для погрузки грунта в транспортные средства можно использовать грейдер-элеватор. Транспортное средство движется одновременно с грейдер-элеватором так, что грунт непрерывно падает в кузов. После наполнения кузова грейдер-элеватор останавливают и происходит смена транспортных средств. При такой схеме работы грейдер-элеватор превращается в машину циклического действия, производительность его при разработке грунтов I группы равна 900 м<sup>3</sup>/смену.

Грейдер-элеватор имеет большую производительность при разработке легких связных грунтов, а при тяжелых глинах, влажном песке производительность его составляет 45% от производительности на легких грунтах. На грунтах с примесью щебня и гравия и на несвязных грунтах грейдер-элеватор не может работать.

Грейдер-элеватор с транспортными средствами можно применять для разработки выемок, имеющих большую площадь и глубину менее 1 м, когда нецелесообразно использовать экскаватор ввиду недостаточной высоты забоя. Расстояние перемещения грунта при разработке грейдер-элеватором должно быть не менее 300 м. Для перемещения грунта лучше применять тракторные прицепы, имеющие кузова большей емкости и поэтому обеспечивающие более непрерывную работу грейдер-элеватора.

## Глава IV ВОЗВЕДЕНИЕ НАСЫПЕЙ

### § 31. Требования к грунтам для возведения насыпей

Материалом для возведения насыпи служит грунт, разрабатываемый в выемке или завозимый из резерва.

Не все грунты могут быть использованы для отсыпки насыпи. Запрещается укладывать в насыпь торф, илистый грунт, мокрые глины, грунты, содержащие более 5% гипса, мерзлые льдонасыщенные глины, засоленные грунты, содержащие более 8% легкорастворимых солей при хлоридном и сульфатно-хлоридном засолении и более 5% легкорастворимых солей при сульфатном, хлоридно-сульфатном и содовом засолении; песок с примесью ила и илистые суглинки.

Допускается возведение насыпей из естественной карьерной смеси, состоящей из песка, суглинка и гравия. Остальные грунты могут быть использованы для возведения насыпи, но следует помнить, что многие из них имеют нежелательные строительные свойства, которые можно полностью или частично устранить.

Глинистые грунты при увлажнении набухают и размокают, а при высыхании уменьшаются в объеме. Но при некоторой внешней нагрузке изменения объема глинистых грунтов практически не наблюдается. Поэтому глинистые грунты можно укладывать в нижние слои насыпи, где они будут подвергаться давлению вышележащих слоев.

Пылеватые грунты иногда в период промерзания резко увеличивают влажность, в результате чего зимой наблюдается пучение грунта, а весной при оттаивании такой грунт переходит в текучее состояние. Такое явление принято называть морозным пучением, а грунт, склонный к переувлажнению зимой, — пучинистым грунтом.

Особенно опасно пучение на участках с искусственным покрытием, так как это приводит зимой к образованию трещин, а весной — к потере несущей способности покрытия.

Пучины являются следствием трех одновременно действующих факторов: промерзания, присутствия избыточной влаги в промерзающей толще грунта и наличия грунта, склонного к пучению.

Если устранить один из перечисленных факторов, то будет исключено пучение. Так, уложив пучинистый грунт ниже глубины промерзания, можно избежать пучения. Глубина промерзания может быть уменьшена путем устройства термоизоляционных слоев из сухого шлака. Пучения не произойдет, если пучинистый грунт в период промерзания будет изолирован от источников увлажнения.

Может оказаться, что стоимость термо- и влагоизоляции пучинистых грунтов будет значительно большая, чем стоимость работ

по замене пучинистых грунтов устойчивыми. В этом случае насыпи отсыпают из гравелистых, галечниковых и песчаных грунтов, содержащих более 90% по весу фракций крупнее 0,1 мм, в том числе не менее 50% фракций размером 0,25 мм и более.

Применять для отсыпки насыпей глинистые и суглинистые грунты можно, если естественная влажность их не превышает оптимальную, установленную методом стандартного уплотнения.

Лессовидные и трепельные грунты склонны к просадкам при увлажнении. Поэтому их можно использовать на участках, где в период эксплуатации они не будут подвержены увлажнению. Просадочные свойства лессовидных и трепельных грунтов будут устранены, если в насыпи их тщательно послойно уплотнить с надлежащей поливкой водой.

Для того чтобы создать прочную и устойчивую насыпь, необходимо ее отсыпать на всю высоту из однородных грунтов. При наличии в выемке или резерве пригодных грунтов для возведения насыпи, но с различными физико-механическими свойствами следует отсыпать насыпь послойно. В этом случае в верхние слои необходимо укладывать более устойчивые грунты.

### § 32. Уплотнение грунтов

В аэродромных сооружениях грунт всегда подвержен воздействию временной нагрузки непосредственно или через вышележащие конструктивные слои. Во всех случаях деформация грунта под нагрузкой не должна превышать предельно допустимой величины в зависимости от назначения инженерного сооружения.

В основаниях грунт находится преимущественно в естественном состоянии, за исключением участков насыпей, где естественную структуру грунта разрушают при разработке, транспортировании и отсыпке его в насыпь.

Задача строителей заключается в том, чтобы создать искусственно прочную и устойчивую структуру грунта в теле насыпи, а иногда и в выемке.

Один из способов придания прочности и устойчивости грунту, разрыхленному при разработке, является уплотнение. При уплотнении частицы грунта сближаются, что повышает внутренние силы сцепления грунта, а следовательно, и модуль деформации. Водопроницаемость грунта после уплотнения уменьшается, и грунт становится более устойчивым к действию влаги.

Рядом исследователей, как в нашей стране (проф. Н. Н. Иванов, кандидаты технических наук М. Я. Телегин, В. И. Бируля), так и за рубежом (Р. Проктор — США, Льюис — Англия) была установлена зависимость степени уплотнения грунта от его влажности (рис. 33).

Под плотностью принято понимать объемный вес скелета грунта (без веса влаги), т. е. отношение веса абсолютного сухого грунта к его объему до высушивания. Если известен объемный



вес влажного грунта  $\delta_v$  и его влажность  $W$ , то плотность  $\delta_c$  может быть вычислена по формуле

$$\delta_c = \frac{\delta_v}{1 + 0,01W}. \quad (18)$$

Как следует из графика (см. рис. 33), с увеличением влажности грунта плотность его сначала увеличивается до некоторой величины, а потом начинает уменьшаться. Влажность, при которой получают наибольшую плотность грунта, при одной и той же затрате работы (числе ударов гири), называют оптимальной влажностью, а наибольшую плотность — максимальной плотностью.

Оптимальная влажность и максимальная плотность для одного и того же грунта зависят от количества работы, затраченной на уплотнение. Так, кривая 1 (см. рис. 33) получена при стандартном уплотнении грунта, а кривая 2 при уплотнении в четыре раза большем, чем стандартное. Следовательно, с увеличением веса катка или количества проходов при уплотнении оптимальная влажность грунта уменьшается, а максимальная плотность увеличивается.

Кривая 3 соответствует плотности грунта при полном удалении воздуха из пор грунта. Как следует из сопоставления кривых 1 и 2 с кривой 3, уплотненный грунт содержит некоторый процент воздуха (табл. 11).

Оптимальную влажность  $W_0$  и максимальную плотность грунта  $\delta_{\max}$  определяют в приборе для стандартного уплотнения по

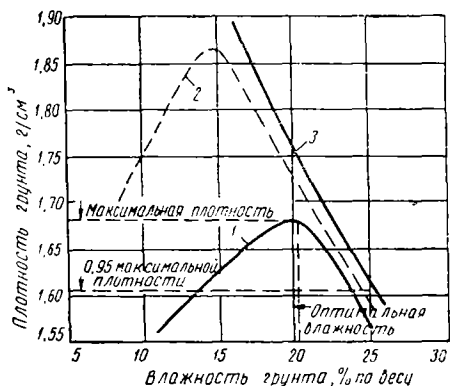


Рис. 33. Зависимость плотности грунта от его влажности

Таблица 11

Грунты	$W_0$ , %	$\gamma$ , г/см <sup>3</sup>	$V$ , %	$\delta_{\max}$
Песок	8—12	2,65	6	2,05—1,90
Супесь легкая	10—15	2,66	6	1,97—1,78
» пылеватая	16—20	2,68	5	1,78—1,65
Глина	18—21	2,68	5	1,72—1,63
Суглинок легкий	14—19	2,70	5	1,86—1,70
» тяжелый	18—22	2,71	4	1,75—1,63
Суглинок тяжелый пылеватый	20—25	2,60	5	1,63—1,50

методике, разработанной в Союздорнии (проф. Н. Н. Иванов и канд. техн. наук М. Я. Телегин). Средние значения  $W_0$  и  $\delta_{\max}$  для различных грунтов указаны в табл. 11.

Ориентировочное значение максимальной плотности может быть вычислено по формуле

$$\delta_{\max} = \frac{\gamma(1 - 0,01V)}{1 + 0,01W_0\gamma}, \quad (19)$$

где  $\gamma$  — удельный вес минеральных частиц грунта,  $г/см^3$ ;  
 $V$  — объем воздуха, содержащегося в грунте при оптимальной влажности и максимальной плотности, %;

$W_0$  — оптимальная влажность грунта, % по весу.

Ориентировочное значение оптимальной влажности может быть вычислено по формуле

$$W_0 = \alpha F, \quad (20)$$

где  $\alpha$  — коэффициент, зависящий от типа грунта. Ориентировочные значения  $\alpha$  для супесей — 0,60, для суглинков — 0,55, а для глин — 0,50;

$F$  — предел текучести грунта, определенный балансирным конусом (ГОСТ 5184—49)

Максимальную плотность, полученную в лаборатории при стандартном уплотнении, принимают за исходную величину для оценки плотности грунта в насыпи или выемке и для назначения требуемой плотности. Отношение плотности грунта  $\delta$  к максимальной при стандартном уплотнении  $\delta_{\max}$  называют коэффициентом стандартного уплотнения  $k_{ст}$ .

Требуемый коэффициент стандартного уплотнения  $k_{тр}$  в зависимости от вида грунта и глубины его залегания как на участках с искусственным покрытием, так и на участках летного поля и полос безопасности указан в табл. 12.

Верхний слой грунта под искусственным покрытием должен быть уплотнен до большей плотности указанной в числителе (см. табл. 12), так как в этом слое при действии временной нагрузки возникают значительно большие напряжения, чем в слоях, расположенных на глубине 1,0—1,5 м.

Лабораторные и полевые наблюдения показали, что грунты, имеющие плотность меньшую, чем 0,95—0,98 от максимальной, полученной при стандартном уплотнении, в процессе промерзания при неблагоприятных условиях склонны к значительному переувлажнению. При уплотнении грунтов до плотности, указанной в табл. 12, опасного переувлажнения в период промерзания практически не наблюдается.

Существующими уплотняющими средствами практически можно уплотнить грунт до большей плотности, чем указано в табл. 12, но как показали полевые наблюдения, это нецелесообразно, так как с течением времени при увлажнении и промерза-

Таблица 12

Грунты	Требуемый коэффициент стандартного уплотнения			
	Виды покрытий		Грунтовая часть летного поля	Полосы безопасности
	цементно-бетонные и асфальто-бетонные	щебеночные, обработанные битумом и цементогрунтовые		
Песок, супесь .	$\frac{0,95}{0,95}$	$\frac{0,95}{0,95}$	0,90	0,85
Суглинок	$\frac{0,95}{0,95}$	$\frac{0,98}{0,95}$	0,95	0,85
Глина	$\frac{1,00}{0,98}$	$\frac{0,98}{0,95}$	0,95	0,85

Примечания: 1. В числителе указан коэффициент уплотнения грунтов в зоне промерзания, в знаменателе — в слоях ниже зоны промерзания.

2. Если в выемках естественная плотность грунтов оказывается ниже требуемой, поверхность уплотняют на всю расчетную глубину до норм, приведенных в таблице.

3. Коэффициент уплотнения в IV и V дорожно-климатических зонах указан в знаменателе.

нии переуплотненные грунты разуплотнятся и приобретут плотность, близкую к указанной в табл. 12.

Длительные наблюдения за дорожными и аэродромными насыпями показали, что если грунты были уплотнены до указанной в табл. 12 плотности, то насыпи не оседают, грунты более водостойчивы и обладают лучшей стабильностью при их увлажнении и промерзании.

Некоторые грунты после их уплотнения в насыпях имеют плотность большую, чем была в выемке. Отношение плотности грунта в насыпи  $\delta_n$  к плотности этого же грунта в выемке или резерве  $\delta_b$  называют коэффициентом относительного уплотнения насыпей  $k_{от}$

$$k_{от} = \frac{\delta_n}{\delta_b} = \frac{V_b}{V_n} . \quad (21)$$

Из этого следует, что фактическое количество грунта, необходимое для отсыпки насыпи, равно геометрическому объему насыпи  $V_n$ , умноженному на коэффициент относительного уплотнения насыпей  $k_{от}$ . Коэффициент  $k_{от}$  определяют опытным путем. Ориентировочные значения его для различных типов грунтов приведены в табл. 13.

Коэффициент стандартного уплотнения	Коэффициент относительного уплотнения мелкозернистых грунтов		
	пески, супеси, суглинки легкие	суглинки тяжелые, глины	лессы и лессовидные грунты, черноземы
1,00	1,10	1,05	1,20
0,98	1,08	1,03	1,18
0,95	1,05	1,00	1,15
0,90	1,00	0,95	1,10
0,85	0,95	0,90	1,05

### § 33. Состав работ и способы их выполнения на участке насыпей

При возведении насыпей необходимо снять и временно обваловать растительный грунт, послойно отсыпать и разравнять насыпь из однородных грунтов, уплотнить каждый слой до требуемой плотности, спланировать поверхность насыпи по геодезическим отметкам, восстановить растительный грунт, где это предусмотрено проектом.

Кроме перечисленных процессов, может возникнуть необходимость в увлажнении или просушивании грунта, если влажность их больше или меньше оптимальной.

Послойное возведение насыпи обусловлено тем, что существующие уплотняющие средства позволяют получить хорошее качество работ с невысокой их стоимостью только при уплотнении слоями толщиной обычно не более 30—50 см. При уплотнении грунта слоями 60—100 см и более стоимость уплотнения значительно возрастает.

Устойчивость насыпи в основном зависит от качества уплотнения отсыпанного грунта. Поэтому на участке насыпи в первую очередь необходимо правильно выбрать средства уплотнения и технически грамотно организовать выполнение этого процесса. Применяют следующие основные методы уплотнения грунта: укаткой, трамбованием и вибрированием. Сущность всех указанных методов состоит в том, что к поверхности грунта периодически прикладывают нагрузку различной величины и продолжительности.

Величина удельной нагрузки на поверхность грунта при укатке составляет 3—20  $\text{кГ/см}^2$ , для кулачковых катков — до 60  $\text{кГ/см}^2$ , при трамбовании — 5—18  $\text{кГ/см}^2$  и при вибрировании — 0,3—0,9  $\text{кГ/см}^2$ . Продолжительность действия нагрузки при укатке равна 0,04—0,25, при трамбовании — 0,008—0,023, при вибрировании — 0,01—0,03 сек.

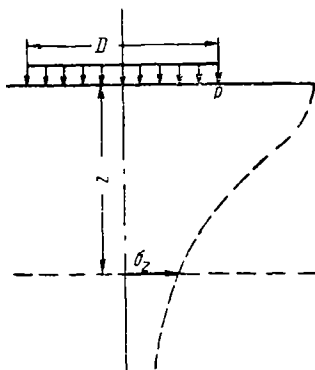
Нагрузка, приложенная к поверхности грунта, сравнительно быстро затухает по глубине. Так, в случае статической нагрузки, приложенной к круглому гибкому штампу диаметром  $D$  (рис. 34),

отношение вертикального напряжения ( $\sigma_z$ ) на глубине  $z$  по оси действия нагрузки к давлению штампа на поверхности грунта  $P$ , равно

$$\frac{\sigma_z}{P} = \frac{1}{1 + a \left(\frac{z}{D}\right)^2}, \quad (22)$$

где  $a$  — коэффициент концентрации напряжений. Для хорошо уплотненных грунтов, работающих в упругой стадии,  $a=2,5$ , для неуплотненных грунтов  $a=2-1$  (меньшие значения для несвязных рыхлых грунтов).

Рис. 34. Распределение по глубине вертикальных нормальных напряжений по оси действия нагрузки



Из уравнения следует, что при диаметре штампа 10 см напряжение на глубине 10 см будет равно  $0,29 P$ , на глубине 25 см —  $0,064 P$  и на глубине 50 см — только  $0,016 P$ . Если допустить, что уплотнение грунта до требуемой плотности может быть достигнуто при вертикальном напряжении  $\sigma_z$ , например, равном  $0,29 P$ , то указанное в формуле напряжение будет достигнуто на глубине, равной диаметру штампа. Поэтому при одном и том же давлении на поверхность грунта эффективная глубина уплотнения будет пропорциональна размерам площадки, передающей давление на грунт.

С увеличением напряжения  $P$  на поверхности грунта также пропорционально увеличивается и эффективная толщина уплотняемого слоя. Но теоретические и экспериментальные исследования показали, что если удельное давление от уплотняющего средства превысит некоторую предельную величину, то происходит не уплотнение, а разуплотнение грунта в результате того, что в грунте образуются сдвиги (пластическое течение грунта) в зонах, указанных на рис. 35.

Наибольшее давление на поверхность грунта  $P_{np}$ , при котором не происходит пластического течения, равно

$$P_{np} = \frac{b \delta \sin \varphi}{4 \operatorname{tg} \beta \sin^4 \beta} + \frac{c}{\operatorname{tg} \beta \sin \beta}, \quad (23)$$

где  $b$  — ширина штампа;  
 $\delta$  — объемный вес грунта;  
 $\varphi$  — угол внутреннего трения грунта;  
 $c$  — сцепление грунта;  
 $\beta = 45^\circ - \varphi$ .

Из уравнения следует, что с увеличением размеров уплотняющей площадки (величины  $b$  в предыдущей формуле) увеличивается и предел прочности грунта ( $P_{пр}$ ). Предел прочности грунта также увеличивается с увеличением сил сцепления в грунте

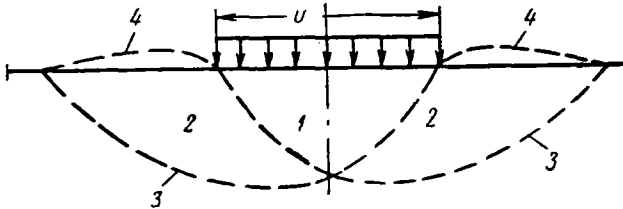


Рис. 35. Зоны пластических сдвигов в грунте от нагрузки, превышающей предельную:  
 1 — конус уплотнения; 2 — зона пластического течения грунта; 3 — поверхность скольжения грунта; 4 — вал взбугривания

(с). Следовательно, с увеличением связности грунта увеличивается и предел его прочности.

Предыдущее уравнение справедливо при нагрузке, равномерно распределенной по полосе шириной  $b$ . Характер нагрузки на грунт от уплотняющих средств несколько отличается от указанной. Пределы прочности грунтов при укатке и трамбовании были установлены Н. Я. Хархутой на основании теоретических и экспериментальных исследований, проведенных в лабораторных и полевых условиях (рис. 36), в зависимости от вида грунта и способа его уплотнения.

Эффективное уплотнение грунтов может быть достигнуто только в том случае, если максимальное напряжение на поверхности контакта рабочего органа уплотняющей машины с грунтом ( $\sigma_{max}$ ) равно 0,9—1,0 от предела прочности грунта (см. рис. 36):

$$\sigma_{max} = 0,9 \div 1,0 \sigma_{пр}$$

При уплотнении грунта катками с гладкими вальцами радиуса  $R$  и удельным линейным давлением  $q$  максимальное напряжение на поверхности грунта  $\sigma_{max}$  с модулем деформации  $E$  равно

$$\sigma_{max} = \sqrt{q \frac{E}{R}} \quad (24)$$

Максимальное напряжение от катка на пневматических шинах с давлением  $P_w$  равно

$$\sigma_{max} = \frac{P_w}{1 - \xi}, \quad (25)$$

где  $\xi$  — статический коэффициент жесткости покрышки (рис. 37), зависящий от давления в шинах.

Максимальное напряжение на поверхности грунта от плиты весом  $P$  с площадью  $F$ , сброшенной с высоты  $H$ , равно

$$\sigma_{\max} = \frac{2P \sqrt{2gH}}{Fg\tau} \quad (26)$$

где  $g$  — ускорение силы тяжести;

$\tau$  — время удара (для рыхлых несвязных грунтов  $\tau = 0,016$ ; для рыхлых связных —  $\tau = 0,023$  сек; для плотных грунтов время удара в два раза меньше, чем для рыхлых).

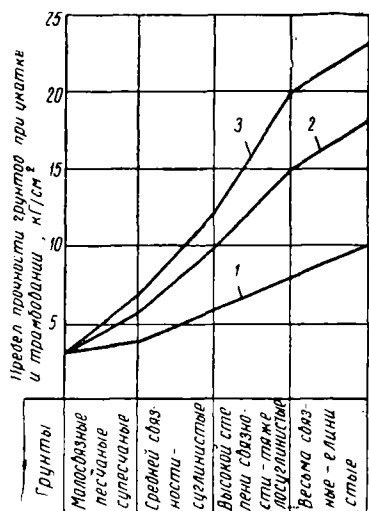


Рис. 36. Пределы прочности грунтов:

1 — при уплотнении катками на пневматических шинах; 2 — при уплотнении катками с гладкими вальцами; 3 — при трамбовании плитами размером в плане более 1 м<sup>2</sup>

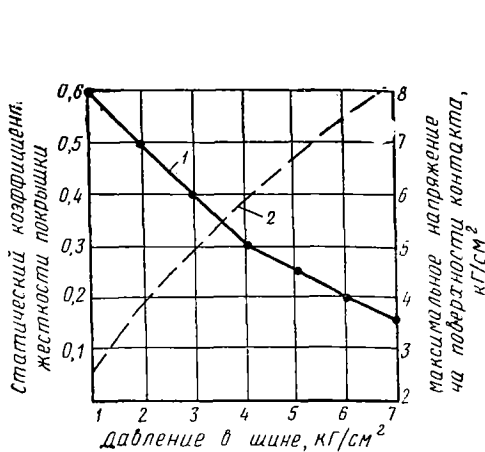


Рис. 37. Кривые статического коэффициента жесткости покрышки (кривая 1) и максимального напряжения на поверхности контакта (кривая 2) в зависимости от давления в шинах

Производительность уплотняющих средств и стоимость уплотнения грунта в насыпи показаны на рис. 38.

Для уплотнения связных грунтов применимы все типы уплотняющих средств, за исключением вибрационных машин; последние применимы только для уплотнения несвязных и малосвязных грунтов, содержащих глинистых фракций не более 5%. Для уплотнения связных грунтов, особенно комковатых, с включением щебня и гравия, наиболее эффективны кулачковые катки, которые хорошо уплотняют нижнюю часть слоя и плохо верхнюю, поэтому завершать уплотнение необходимо катками с гладкими вальцами. Нецелесообразно применять для уплотнения каменис-

тых грунтов катки на пневматических шинах в связи с большим износом покрышек.

Для уплотнения несвязных грунтов применяют все типы уплотняющих машин, за исключением кулачковых катков, которые не уплотняют, а разуплотняют несвязный грунт. Наиболее эффективно уплотняют несвязные грунты вибрационные машины.

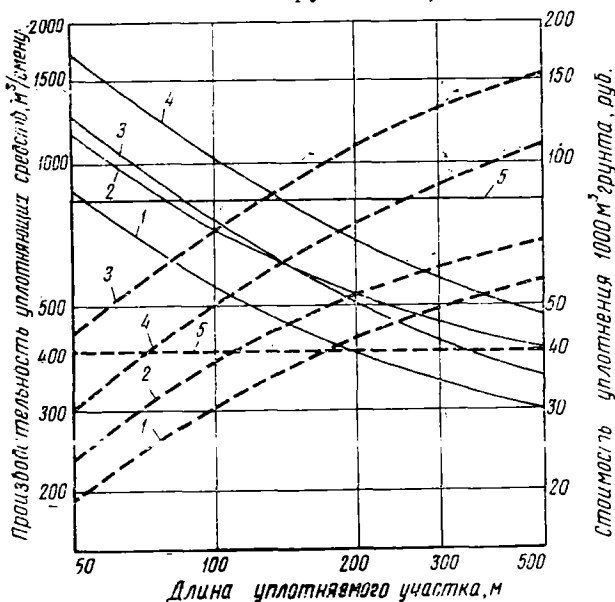


Рис. 38. Расчетные производительности уплотняющих средств и стоимость работ по уплотнению связных грунтов в насыпях (пунктирные линии — производительность уплотняющих машин, сплошные — стоимость уплотнения): 1 — уплотнение катком Д-219 на пневматических шинах; 2 — то же Д-263; 3 — то же Д-326; 4 — уплотнение кулачковым катком Д-220; 5 — уплотнение трамбуемой плитой весом 1,5 т, подвешенной на экскаваторе-кране Э-505А

Катки на пневматических шинах — наиболее универсальные средства уплотнения, обеспечивающие хорошее уплотнение всех грунтов слоями до 40—50 см при сравнительно невысокой стоимости работ.

Для уплотнения грунтов, отсыпанных слоем 0,5—1,0 м и более, применяют трамбуемые плиты, которые обеспечивают хорошее уплотнение всех типов грунтов. Стоимость работ при уплотнении грунта трамбуемыми плитами, как правило, несколько большая, чем при укатке.

### § 34. Производство работ по уплотнению грунта

Для обеспечения необходимой устойчивости насыпей и выемок грунт следует уплотнять до плотности, указанной в табл. 12. Уп-



лотнение следует производить при оптимальной влажности грунта, так как при этом трудоемкость работ наименьшая. Для уплотнения грунта до требуемой плотности при влажности его меньше оптимальной потребуется затратить работу иногда в несколько раз большую. Это наглядно видно на рис. 33, где кривая 2 соответствует уплотнению с затратой работы в четыре раза большей, чем при стандартном уплотнении (кривая 1).

Уплотнять грунт при оптимальной влажности следует еще и потому, что в дальнейшем он меньше подвержен водонасыщению, а следовательно, и разуплотнению, чем грунт, уплотненный до той же плотности, но при влажности меньше оптимальной.

В естественном залегании грунт, как правило, имеет влажность, близкую к оптимальной, поэтому целесообразно так организовать производство земляных работ, чтобы грунт, разработанный в выемке, был уплотнен в насыпи до окончания смены. При такой организации работ грунт не комкуется в жаркие дни и не переувлажняется в период дождей.

При недостаточной влажности грунт следует увлажнять до оптимальной влажности, это уменьшит трудоемкость работы по уплотнению и обеспечит более высокое качество. Несвязные и малосвязные грунты увлажняют в слое, отсыпанном в насыпи незадолго до уплотнения. Связные грунты, в которых перераспределение влаги идет медленнее, лучше увлажнять в месте их разработки поливочными машинами, после предварительного их разрыхления боронами, прицепленными к поливочным машинам. Разрыхление и увлажнение выполняют в два-три приема за несколько часов до разработки с тем, чтобы влага равномерно распределилась в грунте.

Количество воды  $Q$ , необходимое для увлажнения  $1 \text{ м}^3$  грунта до оптимальной влажности  $W_0$ , имеющего в выемке плотность  $\delta$  и влажность  $W_1$  с учетом потерь влаги при разработке, транспортировании и укладке грунта  $W_n$  будет равно

$$Q = \delta (W_0 - W_1 + W_n). \quad (27)$$

Например, для увлажнения  $1 \text{ м}^3$  грунта, имеющего в выемке плотность  $1,7 \text{ т/м}^3$  и влажность  $15\%$ , до оптимальной влажности  $20\%$  при потере влаги в процессе производства работ  $3\%$  потребуются воды

$$1,7 (0,20 - 0,15 + 0,03) = 0,136 \text{ т}.$$

При влажности связных грунтов большей, чем оптимальная, уплотнить их до максимальной плотности, полученной при стандартном уплотнении, невозможно, так как для этого необходимо удалить избыточную влагу, что нельзя осуществить обычными методами и существующими средствами уплотнения.

Переувлажненные грунты можно уплотнить только до плотности, меньшей, чем максимальная плотность при стандартном уплотнении. Так, из рис. 33 следует, что тяжелый суглинок при влажности 25% (влажность на 5% больше оптимальной) может быть уплотнен только до плотности  $1,57 \text{ г/см}^3$  (0,93 от максимальной). При необходимости уплотнить такой грунт до 0,95 от максимальной плотности его следует предварительно подсушить. Для ускорения подсыхания в сухой период года грунт разрыхляют. Для ускоренного проведения работ с целью уменьшения влажности используют добавки молотой извести (кипелки, пушонки) или гипса совместно с хлористым кальцием в количествах, установленных опытным путем. При отсутствии указанных добавок и невозможности подсушить грунт, его следует заменить сухим.

Отсыпанные грунты уплотняют в два этапа: сначала более легкими уплотняющими средствами (30—40% проходов или ударов), а затем уплотняющими средствами с расчетными параметрами.

Предварительное уплотнение выполняют катками с гладкими вальцами и линейным давлением в 2—2,5 раза меньшим, чем расчетное по формуле (24). При уплотнении катками на пневматических шинах первые проходы делают с давлением в шинах, в два раза меньшим, чем расчетное по формуле (25). Для предотвращения чрезмерного износа шин не следует снижать давление в них более, чем в 2,5 раза от максимально допустимого; одновременно с понижением давления следует уменьшать вес балласта катка.

Предварительное уплотнение трамбованием выполняют ударами плиты, совершенными с высоты, в 2—3 раза меньшей, чем определяемой из формулы (26), или применяют более легкие плиты.

Предварительного уплотнения не производят, если грунт отсыпают скреперами или транспортными средствами и движение их организовано так, что они равномерно уплотняют насыпь по всей ширине до плотности не менее 0,90 от требуемой.

Уплотнение трамбовочными плитами применяют для всех видов грунтов при ограниченном фронте работ и значительной толщине отсыпаемого слоя (0,7—1,1 м).

Толщину отсыпаемого слоя и количество проходов (количество ударов или продолжительность вибрирования) определяют по результатам контрольного уплотнения на месте производства работ.

### § 35. Последовательность отсыпки насыпей

Насыпь отсыпают слоями, толщину которых назначают с учетом принятых средств уплотнения. Отсыпку начинают с пониженного участка насыпи (рис. 39). Слои лучше всего отсыпать так, чтобы поверхность их была параллельна проектной поверхности. Это обеспечит сток поверхностных вод в процессе производства работ, так как проектную поверхность, как правило, устраивают

с учетом обеспечения водоотвода. Кроме того, такой метод отсыпки облегчает разбивку и контроль производства работ, так как расстояние от проектной поверхности до поверхности отсыпаемого слоя всегда будет одно и то же.

Площадь каждого слоя насыпи разбивают на полосы, а полосы — на захватки. Площадь захватки  $F$  назначают в зависимости от производительности звена землеройных и транспортных машин  $\Pi$ , занятых отсыпкой насыпи, допустимого разрыва во

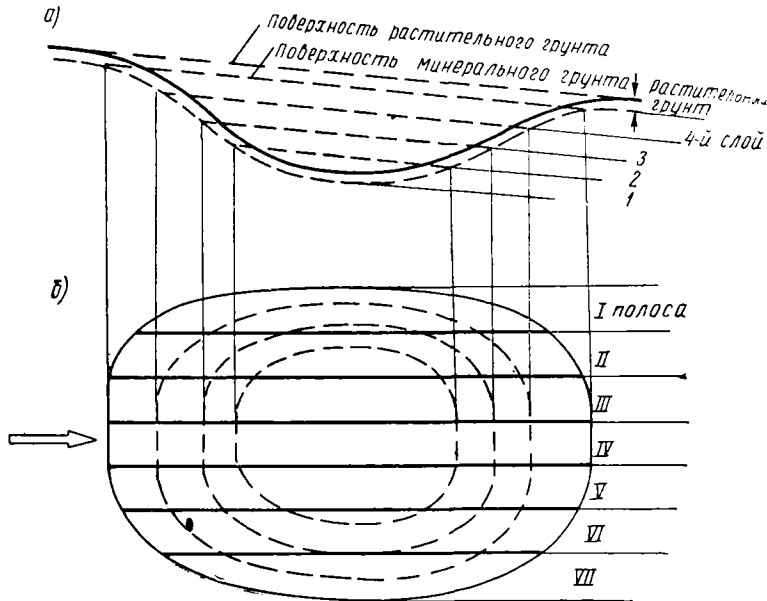


Рис. 39. Схема отсыпки насыпи слоями, параллельными проектной поверхности:  
 а — продольный разрез насыпи; б — план отсыпки слоев

времени  $t$  между разработкой грунта в выемке и окончанием уплотнения этого грунта в насыпи и толщины отсыпаемого грунта  $h$ .

Так, например, при необходимости отсыпать и уплотнить грунт слоями толщиной 25 см в течение дня при разработке его скреперами, имеющими производительность 500 м<sup>3</sup>/смену, следует принять площадь захватки 2000 м<sup>2</sup> (объем грунта на которой равен сменной производительности звена скреперов). Тогда в первую смену будет производиться отсыпка и разравнивание грунта на захватке, а во вторую смену — его уплотнение. Зная площадь захватки, следует выбрать ширину ее и вычислить длину. Ширина захватки должна быть достаточной для маневра землеройных, транспортных и уплотняющих машин (15—20 м).

Если необходимо закончить уплотнение грунта спустя 7—8 ч после его разработки, следует площадь захватки уменьшить вдвое.

При уплотнении грунта прицепными катками длина захватки должна быть не менее 150—200 м, иначе производительность катков резко уменьшается, так как много времени затрачивается на повороты катка на концах захватки. При уплотнении грунта самоходными катками, которые могут работать без поворотов на концах захватки, длина захватки может быть 25—50 м.

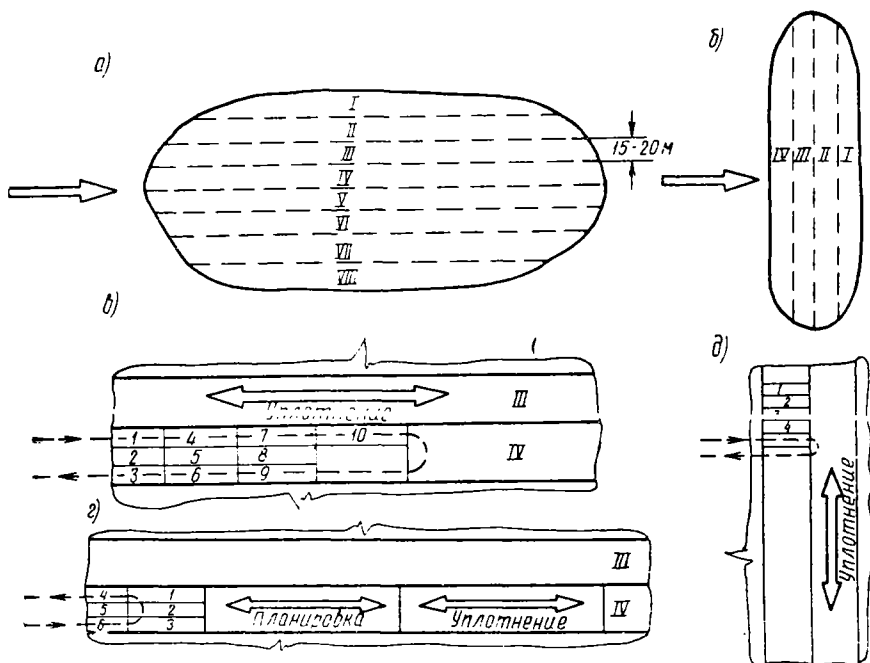


Рис. 40. Схемы отсыпки насыпей:  
 а — продольная; б — поперечная; в — продольная «от себя»; г — продольная «на себя»; д — поперечная «на себя»; I, II, III... — последовательность отсыпки полос:

1, 2, 3... — очередность разгрузки скреперов

Отсыпать каждый слой можно методами «от себя» и «на себя» (рис. 40). По методу «от себя» отсыпку насыпи начинают на захватке, расположенной ближе к выемке (рис. 40, в). При отсыпке второй захватки землеройные и транспортные машины, подвозящие грунт, проходят по первой уже отсыпанной захватке. При этом методе производительность машин, перевозящих грунт, несколько уменьшается, вследствие движения их по рыхлому грунту, но они предварительно уплотняют его. Поэтому при отсыпке насыпи «от себя» нет необходимости предварительно уплотнять грунт специальными машинами.

По методу «на себя» отсыпку насыпи начинают с наиболее удаленной от выемки захватки (рис. 40, г). Транспортные сред-

ства перемещаются по уже уплотненным участкам и не принимают участия в предварительном уплотнении грунта, поэтому производительность их выше, чем при работе по методу «от себя».

Насыпи можно отсыпать продольными и поперечными полосами по отношению к направлению возки грунта. При продольной схеме насыпи можно отсыпать как по методу «на себя» (см. рис. 40, з), так и «от себя» (см. рис. 40, в). Поперечную схему отсыпки насыпи применяют только тогда, когда ширина насыпи не обеспечивает нормальной работы уплотняющих машин (рис. 40, б). При этой схеме полосы целесообразно отсыпать по методу «на себя» (рис. 40, д).

При продольной схеме отсыпки «на себя» пути подвоза грунта и направление движения планировочных и уплотняющих машин не пересекаются. При отсыпке «от себя» к планировке и уплотнению можно приступить только после окончания работ по отсыпке полосы на всем ее протяжении.

Метод отсыпки насыпи следует выбирать на основании технико-экономического расчета. При небольшом объеме грунта, отсыпаемого в насыпь, может оказаться целесообразным предварительное уплотнение транспортными средствами. При большом объеме для уплотнения грунта лучше применить специальные машины.

### **§ 36. Отсыпка насыпи скреперами и транспортными средствами**

Отсыпать грунт на захватке скреперами можно также по методу «от себя» и «на себя» (рис. 41). При отсыпке скреперами по методу «от себя» очередной скрепер с опущенным ковшом проходит по полоске грунта, отсыпанной предыдущим скрепером и дополнительно разравнивает эту полоску (рис. 41, а). После того как скрепер дойдет до конца ранее отсыпанной полоски, он начинает разгрузку грунта слоем заданной толщины. При такой схеме отсыпки нет необходимости в разравнивании грунта специальными машинами, так как этот процесс выполняют скреперы. Кроме того, скреперы при работе по этой схеме предварительно уплотняют грунт. Но при этой схеме продолжительность рабочего цикла несколько увеличивается в результате того, что скреперы проходят по разрыхленному грунту.

При отсыпке грунта по методу «на себя» машинисту скрепера трудно определить место начала разгрузки с тем, чтобы закончить ее в начале разгрузки предыдущего скрепера. Поэтому после заполнения захватки грунтом возникает необходимость разравнивать грунт на захватке планировочными машинами и предварительно уплотнить его.

При отсыпке насыпи автомобилями-самосвалами и землевозными саморазгружающими тележками целесообразно разгружать их по методу «на себя», т. е. начинать отсыпку с наиболее удаленного от выемки участка захватки (рис. 41, в). Для умень-

шения трудоемкости работ по разравниванию каждого слоя следует разгружать транспортные средства в середине прямоугольника, площадь которого равна

$$F = \frac{V}{h}, \quad (28)$$

где  $V$  — объем грунта в транспортном средстве,  $\text{м}^3$ ;  
 $h$  — толщина слоя грунта после уплотнения,  $\text{м}$ .

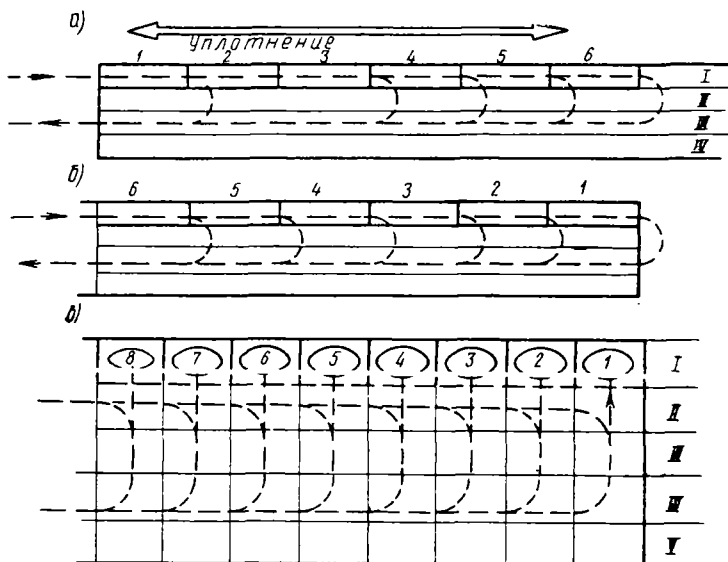


Рис. 41. Схема отсыпки грунта на захватке скреперами и транспортными средствами:

*a* — скреперами «от себя»; *б* — скреперами «на себя»; *в* — отсыпка автомобилями-самосвалами «на себя»;

*1-6* — последовательность отсыпки полосы;

*I-IV* — полосы

### § 37. Контроль качества уплотнения грунтов

В процессе возведения насыпей необходимо тщательно следить за качеством уплотнения каждого слоя. Если какой-либо нижний слой будет недостаточно уплотнен, то в последующем практически невозможно его доуплотнить до требуемой плотности.

Качество уплотнения контролируется путем определения фактической плотности грунта в насыпи и сравнения ее с требуемой (см. табл. 12).

Влажность грунтов при определении фактического объемного веса грунтов устанавливаются отдельно для каждого слоя, из которого отбирают три-четыре пробы в точках, где измеряли объемный вес.

Степень и однородность уплотнения насыпей в процессе их отсыпки проверяют послойно в трех точках, на каждые  $2000 \text{ м}^2$  площади слоя в пределах грунтовой части летного поля, по оси полосы и у ее краев и на каждые  $1000 \text{ м}^2$  в корыте аэродромных покрытий.

При высоте слоя до  $20 \text{ см}$  пробы берут в верхней и нижней частях. При высоте более  $20 \text{ см}$  — в верхней, средней и нижней частях. Плотность грунта во всех точках должна быть одинаковой.

Если измерениями установлено, что степень уплотнения грунта недостаточна, то уплотнение должно быть продолжено до получения требуемых показателей.

Результаты контроля плотности грунтов в каждой точке слоя фиксируют в специальных журналах, копии которых прилагают к актам промежуточной приемки земляных работ.

В процессе приемки законченных насыпей в пределах принимаемого участка отрывают шурф на всю высоту насыпи. В шурфе отбирают три контрольные пробы для определения плотности в верхней, средней и нижней частях насыпи.

Плотность грунта (объемный вес скелета грунта) в полевых условиях определяют при помощи влагомера-плотномера (прибор Н. П. Ковалева).

## Глава V ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЙ СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

### § 38. Область применения гидромеханизации

При гидромеханическом способе (или гидромеханизации) все процессы (разработку, перемещение и укладку грунта) выполняют с помощью воды.

Грунт разрабатывают размывом струей воды из гидромонитора или всасыванием грунта из-под воды землесосным снаряжением.

Грунт с водой — *пульпу* перемещают по открытым канавам или лоткам, если уклон местности позволяет транспортировать пульпу самотеком, или по трубам, если для перемещения пульпы необходим напор.

Степень насыщения пульпы грунтом характеризуется отношением объема грунта к объему воды в пульпе, которое называется *консистенцией пульпы*. Так, например, в пульпе с консистенцией 1 : 10 содержится  $1 \text{ м}^3$  грунта, замеренного в выемке, и  $10 \text{ м}^3$  воды.

Гидромеханический способ имеет целый ряд преимуществ по сравнению с разработкой грунта экскаватором и перемещением

его транспортными средствами. Так, стоимость производства земляных работ средствами гидромеханизации меньшая, а выработка на одного рабочего большая, чем при экскаваторном способе.

Наряду с этим гидромеханический способ имеет некоторые недостатки: амортизация оборудования и расход энергии больший, чем при экскаваторном способе.

Основными условиями применения гидромеханического способа производства земляных работ являются.

*Наличие достаточного количества воды в районе строительства.* Для размыва и перемещения  $1 \text{ м}^3$  грунта требуется до  $10 \text{ м}^3$  воды. Расход воды может быть уменьшен до  $1\text{--}2 \text{ м}^3$  на  $1 \text{ м}^3$  грунта за счет использования осветленной воды после укладки грунта в насыпь. Известны случаи, когда расход воды гидромониторами превышал дебет источника в 10 раз.

*Сосредоточенный характер земляных работ.* Гидромеханизацию эффективно применять при наличии глубоких выемок и высоких насыпей больших объемов, расположенных недалеко друг от друга.

Серийный выпуск землесосных установок небольшой мощности позволит применять гидромеханизацию при объеме земляных работ начиная с 20 тыс.  $\text{м}^3$ .

*Хорошая размываемость грунтов в забое и быстрая отбичи воды при укладке.* Хорошо размываются несвязные грунты: песчаные, супесчаные. Насыпи из таких грунтов уплотняются быстро. Связные грунты требуют для размыва сильную струю и большее количество воды. Уплотнение таких грунтов происходит медленно и заканчивается иногда спустя много месяцев. Поэтому связные грунты не пригодны для устройства аэродромных насыпей и могут разрабатываться только в отвал.

*Благоприятные условия рельефа.* При благоприятном рельефе местности пульпу можно перемещать самотеком по лоткам или канавам без применения землесосных установок.

*Наличие источников электроэнергии.* В настоящее время наибольшее распространение получили гидравлические насосы, землесосные установки и снаряды с электрическими приводами при наличии в районе строительства достаточного количества электроэнергии. Для разработки и перемещения средствами гидромеханизации  $1 \text{ м}^3$  грунта требуется  $5\text{--}10 \text{ кВтч}$  электроэнергии.

При отсутствии в районе строительства электроэнергии можно применить передвижные электростанции или землесосные установки с дизельным приводом.

Стоимость производства земляных работ средствами гидромеханизации в этом случае будет значительно выше, так как стоимость электроэнергии, получаемой от передвижной электростанции, а также стоимость энергии дизельного двигателя, значительно выше, чем стоимость электроэнергии, вырабатываемой электростанциями.



### § 39. Основные схемы производства работ

Земляные работы на летном поле и вскрышные работы в карьерах могут быть выполнены средствами гидромеханизации по следующим схемам.

*Разработка грунта гидромониторами и транспортирование самотеком (рис. 42) применимы, когда разность отметок мест*

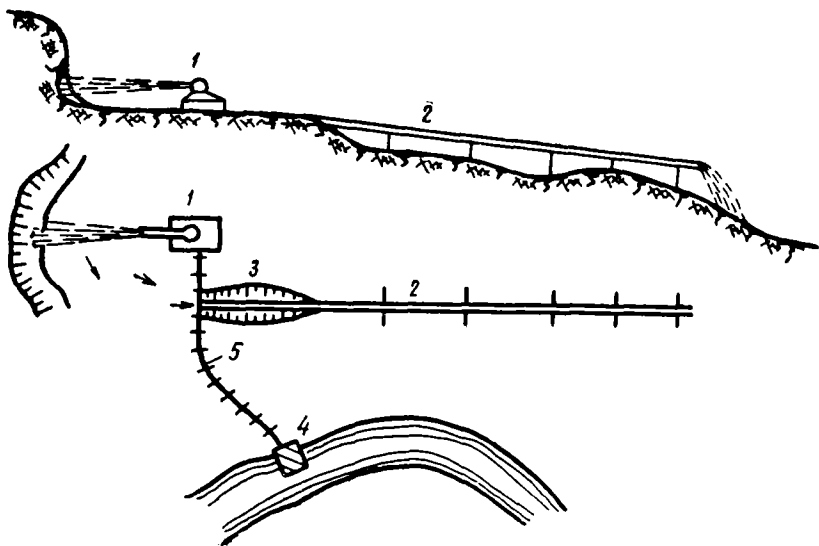


Рис. 42. Разработка грунта гидромонитором с транспортированием пульпы самотеком по лотку:

1 — гидромонитор; 2 — лоток; 3 — канава; 4 — насосная установка; 5 — напорная магистраль

разработки грунта гидромониторами и укладки его позволяют перемещать пульпу самотеком по канавам или лоткам. Такие благоприятные условия маловероятны на летном поле, но возможны при вскрышных работах в карьерах.

*Разработку грунта гидромониторами, транспортирование под напором (рис. 43) применяют, когда разность отметок не обеспечивает движение пульпы, а для перемещения пульпы требуется создать напор и перемещать ее по трубам. Грунт, размытый гидромонитором, стекает в приямок, откуда пульпу засасывает передвижная землесосная установка и под напором подает на участок намыва.*

*Разработка грунта плавучими землесосными снарядами и транспортирование его по трубам под напором (рис. 44) применимы, когда грунт находится под водой или когда в месте разработки можно создать искусственное затопление.*

*Разработка грунта землеройными машинами (экскаваторами, бульдозерами), транспортирование гидротранспортом. Такой*



гидромонитор  $v$  зависит от напора воды  $h$  и определяется по формуле

$$v = k \sqrt{2gh}, \quad (29)$$

где  $k$  — коэффициент скорости, равный для конических насадок 0,93—0,94;  
 $g$  — ускорение силы тяжести, равное 9,81 м/сек<sup>2</sup>.

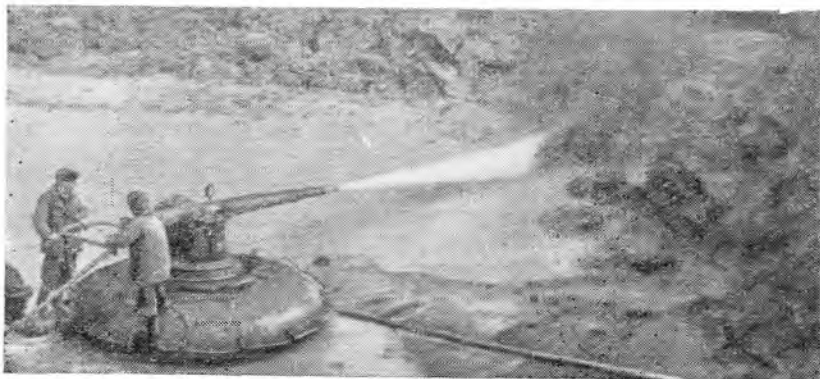


Рис. 45. Гидромонитор в работе

Дальность полета струи  $l$  зависит от скорости струи и угла наклона  $\alpha$  гидромонитора к горизонту:

$$l = \frac{v^2}{g} \sin^2 2\alpha. \quad (30)$$

Наибольшая дальность полета струи  $l_{\max}$  получится при наклоне ствола гидромонитора к горизонту под углом 45°:

$$l_{\max} = \frac{v^2}{g} \sin^2 45^\circ = 1,73h. \quad (31)$$

По мере полета струи наружный слой воды насыщается воздухом, что уменьшает силу удара воды о грунт. Установлено, что струя эффективно размывает грунт на расстоянии  $1/3$  максимальной дальности полета струи  $l_{\max}$ . Если расстояние от гидромонитора до забоя превышает указанную величину, то размыв грунта малоэффективный.

Гидромонитором управляют с помощью рычага, дефлектора или дистанционно. Малые гидромониторы, работающие при малых давлениях на смыве и подгонке грунта, имеют рычажное управление (води́ло). Крупные гидромониторы, диаметр колен которых больше 250 мм, управляются при помощи специального

насадка — отклонителя, называемого дефлектором, который крепится на конце ствола гидромонитора. Достаточно повернуть дефлектор, закрепленный на конце гидромонитора, на незначительный угол ( $5-6^\circ$ ), как под действием реакции струи ствол гидромонитора повернется в обратном направлении на некоторый угол. Дефлектор поворачивают вручную металлической ручкой, жестко соединенной с корпусом дефлектора.

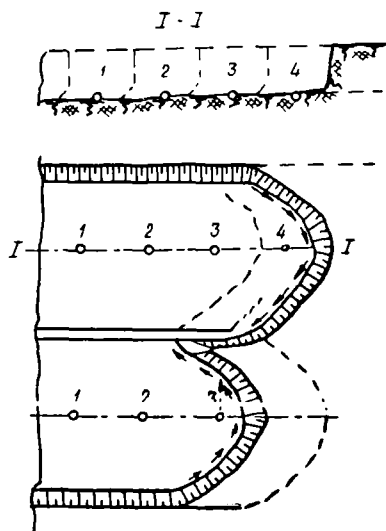


Рис. 46. Разработка грунта встречным забоем:

1, 2, 3, 4 — последовательные стоянки гидромонитора

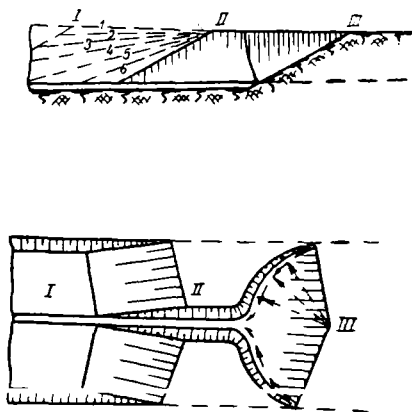


Рис. 47. Разработка грунта попутным забоем:

I, II, III — последовательные стоянки гидромонитора;  
1, 2, 3, 4 — последовательные положения ствола гидромонитора

В настоящее время созданы гидромониторы с дистанционным управлением, которые позволяют машинисту управлять несколькими гидромониторами и находиться вдали от работающего гидромонитора, а следовательно, в более безопасном и сухом месте. Кроме того, приблизив гидромонитор к забою, можно увеличить динамическое действие струи.

При разработке грунта встречным забоем (рис. 46) гидромонитор устанавливают внизу (у подошвы) забоя, на расстоянии не менее высоты забоя (для безопасности при внезапном обрушении забоя). Для более эффективного размыва грунта струю воды направляют вниз забоя с тем, чтобы, сделав горизонтальную прорезь, вызвать обрушение грунта и тем самым уменьшить расход воды на размыв грунта. От забоя пульпа стекает к приямку землесоса при транспортировании под напором или к оголовку лотка при транспортировании самотеком. При этом спо-

собе размыва направление струи воды и направление движения пульпы встречное.

При разработке грунта встречным забоем удельный расход воды на размыв меньший, чем при попутном забое, но оператор подвергается действию брызг воды и работает в более неблагоприятных условиях.

Для размыва грунта попутным забоем гидромонитор устанавливают на верхней бровке забоя и размыв выполняют сверху вниз (рис. 47).

При этом способе направление полета струи и направление движения пульпы совпадают.

Данные об удельном расходе и необходимом напоре воды при разработке различных грунтов гидромониторами приведены в табл. 14.

Таблица 14

Грунты	Расход воды для размыва 1 м <sup>3</sup> грунта, м <sup>3</sup>	Необходимый напор воды, м	Уклон полошвы забоя, %
Пески	3—7	20—40	3—6
Супеси	5—8	40—60	2—3
Суглинки	6—10	50—80	1,5—2
Мелкий гравий	8—10	30—120	8—12

При разработке плотных грунтов гидромониторами, ширина забоя принимается 18—25 м, а рыхлых — 25—30 м. Гидромонитором с одной стоянки размывают грунт до тех пор, пока расстояние от гидромонитора до забоя не увеличивается до величины, равной  $\frac{1}{3}$  максимальной дальности полета струи, после чего гидромонитор следует передвинуть к забою. Передвижение гидромонитора, сопряженное с наращиванием водовода — трудоемкая операция и занимает много времени. Для устранения перерыва в работе в период передвижения гидромонитора следует размывать грунт в двух параллельных забоях (рис. 46). Когда в одном забое передвигается гидромонитор, в параллельном забое другой гидромонитор размывает грунт.

На размыв гидромонитором 1 м<sup>3</sup> грунта затрачивается 4—8 квт. ч электроэнергии. Для уменьшения напора воды в гидромониторе и удельного расхода воды на размыв грунта применяют различные способы предварительного рыхления грунта в забое.

Инженер В. И. Карцев предложил разрыхлять грунты в забое путем предварительного насыщения водой, нагнетаемой под напором 2—3 атм по трубам диаметром 12—19 мм, которые устанавливают на расстоянии 3—7 м от верхней бровки и на расстоянии 3—5 м одна от другой (рис. 48).

Рыхлить грунт можно также экскаватором или бульдозером, которые подают грунт к гидромонитору (рис. 49).

*Водоснабжение.* Для подачи воды к гидромонитору у источ-

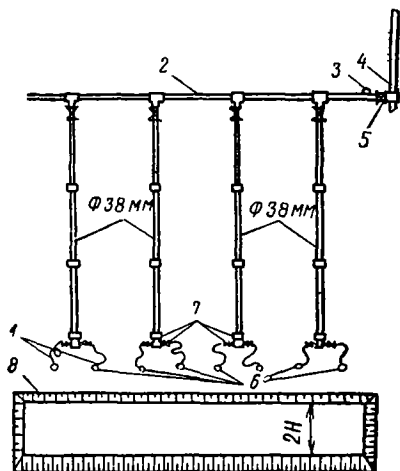


Рис. 48. Рыхление грунта насыщенном водой:

1 — резиновые шланги; 2 — водовод; 3 — манометр; 4 — магистральный водовод; 5 — задвижка; 6 — трубки обрушения; 7 — вентиль; 8 — начальная траншея

ника сорушают насосную станцию. Ее чаще всего оборудуют горизонтальными центробежными насосами, которые должны быть рассчитаны на создание напора  $H$ , необходимого для преодоления потери напора в водоводе  $h_1$ , создание достаточного

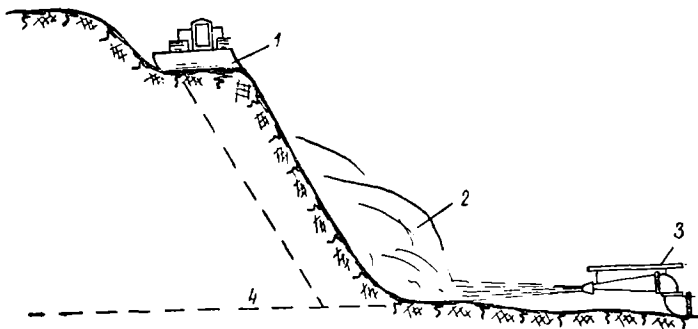


Рис. 49. Рыхление грунта бульдозером:

1 — бульдозер; 2 — грунт, срезанный бульдозером; 3 — гидромонитор; 4 — проектная отметка

напора у насадки  $h_2$  и преодоление разницы в отметках забоя и горизонта воды в источнике  $h_3$ . Следовательно, насос должен создавать напор

$$H = h_1 + h_2 + h_3. \quad (32)$$

Мощность насоса  $N$  должна быть достаточной для подачи к гидромонитору требуемого количества воды  $Q$  с расчетным напором  $H$ .

$$N = \frac{1,1 \times 1000 \times Q \times H}{3600 \times 75 \times \eta \times 1,36}, \quad (33)$$

где  $Q$  — расход воды,  $м^3/ч$ ;

$H$  — расчетный напор насоса,  $м$ ;

$\eta$  — к. п. д. насоса, равный 0,85.

Если дебет источника меньший, чем требуется для работы гидромониторов, то обеспечение водой можно организовать так называемым кругооборотом воды (см. рис. 44), когда после переноса грунта в место укладки вода направляется к месту его разработки.

### § 41. Разработка грунта землесосными снарядами

Если грунт находится под водой или имеется возможность затопить место разработки грунта, то для механизации целесо-

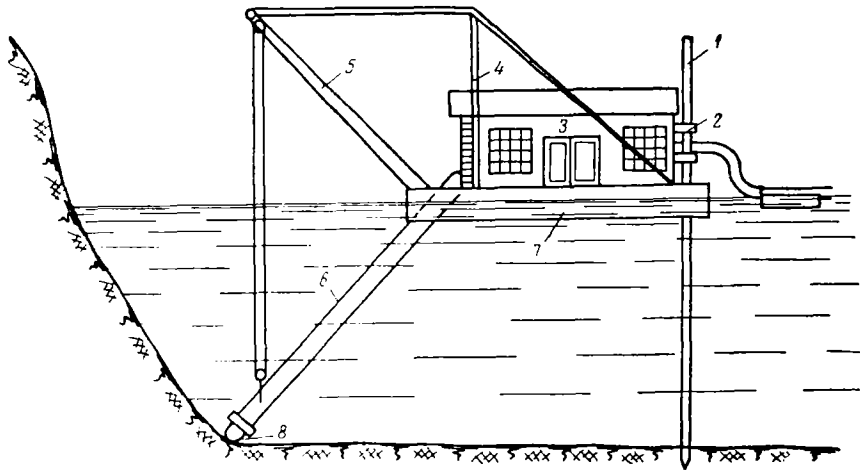


Рис. 50. Плавающий землесосный снаряд:

1 — свая; 2 — свайный аппарат; 3 — палубная надстройка; 4 — порталная рама; 5 — стрела; 6 — всасывающая труба; 7 — металлический понтон; 8 — рыхлитель

образно применить плавающий землесосный снаряд (рис. 50). Приближая всасывающую трубу с разрыхлителем к стенке забоя, можно достигнуть скорости входа воды в трубу, при которой разрыхленный грунт вместе с водой поступает в пульповод. Консистенция пульпы при таком способе разработки обычно колеблется в пределах от 1:5 (для рыхлых грунтов) до 1:15 (для супесей с гравием, суглинков и др.).

Для получения пульпы требуется постоянный контакт всасывающего устройства с поверхностью грунта, поэтому разрабатывать грунт следует при непрерывном движении землесосного снаряда, называемом папильонированием (рис. 51).

Возможны два вида папильонирования: тросовое (или якорное) и свайное. При свайном папильонировании требуется закладка всего двух якорей, при тросовом — до шести, поэтому в основном применяется папильонирование с помощью свайного хода.

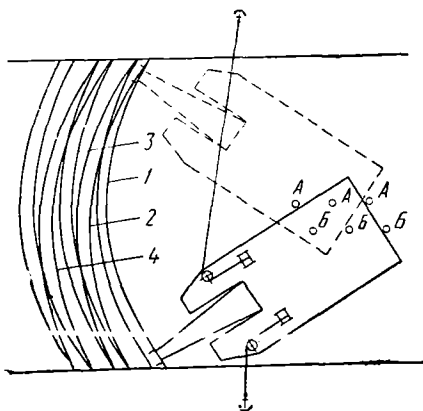


Рис. 51. Разработка грунта плавучим снарядом по способу папильонирования:

А, Б — места опускания свай;

1, 2, 3, 4 — последовательность разработки грунта фрезой плавучего снаряда

Свайное папильонирование (см. рис. 51) осуществляется с помощью двух свай, находящихся на корме, и якорей, забрасываемых впереди земснаряда. Земснаряд подтягивают к одному из якорей, в результате чего он поворачивается вокруг одной сваи, которую упирают в дно забоя. Вторая свая в это время приподнята. После поворота до границы забоя, земснаряд подтягивают к противоположно заброшенному якорю и поворачивают вокруг другой сваи, которую к этому времени опускают на дно забоя.

Указанная система свайного хода имеет существенный недостаток, который заключается в том, что фреза некоторое время движется по выработанному пространству и производительность снаряда по грунту в это время близка к нулю. Только к концу движения фрезы толщина срезаемого грунта достигает полной величины. После смены свай опять начинается непроизводительное движение снаряда. Указанный недостаток особенно проявляется при небольшой высоте забоя и при послойной разработке плотных грунтов.

Перечисленные недостатки отсутствуют при напорном свайном ходе. Направляющие сваи в этом случае закреплены на подвижном портале, установленном на тележке, которая передвигается в прорези на корме землесосного снаряда. При передвижении тележки назад относительно корпуса расстояние меж-



ду фрезой и сваей увеличивается на величину подачи сваи и при папильонировании разрыхлитель описывает дугу большего радиуса. При помощи свайного хода такой конструкции можно задать любую толщину срезаемого грунта. После перехода тележки в крайнее заднее положение папильонирование прекращается, корма землесосного снаряда фиксируется на месте путем опускания второй прикольной сваи. Рабочая свая поднимается лебедкой, а тележка перегоняется в переднее положение. Затем рабочая свая заглубляется, прикольная поднимается и землесосный снаряд продолжает работу. Величина хода тележки составляет 2,5—3,0 м. Перегон тележки следует делать в момент расположения снаряда вдоль оси выработки.

## § 42. Гидротранспортирование грунта

С увеличением скорости движения потока становится турбулентным, появляются вертикальные токи воды, которые поддерживают во взвешенном состоянии частицы грунта. Чем выше скорость, тем большей крупности частицы могут находиться во взвешенном состоянии. Наличие в потоке мелких фракций облегчает взвешивание более крупных частиц, а транспортирование густой пульпы выгоднее, если при этом не засоряется пульповод.

С уменьшением скорости движения пульпы твердые частицы начинают оседать на дно потока. Среднюю скорость пульпы соответствующую началу осаждения твердых частиц на дно, называют *критической скоростью*. Величина этой скорости, зависящая от типа пульповода, состава грунта и консистенции пульпы, имеет чрезвычайно важное практическое значение, так как при скоростях ниже критической возможно частичное или полное заиливание канав и лотков при безнапорном транспортировании или пульповодов при напорном транспортировании.

Нецелесообразно транспортировать пульпу со скоростью, превышающей критическую, так как потери напора, а следовательно, и потребность в энергии на транспортирование возрастают пропорционально квадрату увеличения скорости.

*Транспортирование грунта самотеком.* Перемещение пульпы самотеком по канавам и лоткам применяют при благоприятном уклоне местности. Для переноса грунта в потоке воды необходимо, чтобы уклоны канав или лотков, обеспечивающие движение пульпы с критической скоростью, были не менее указанных в табл. 15.

Таблица 15

Грунт	Величина уклона, ‰	
		земляных канав
Глина . . . . .	15—25	20—30
Песок мелкий . . .	25—30	30—40
„ средний . . . . .	30—35	40—50
„ крупный . . . . .	35—50	50—60
Гравий . . . . .	50—100	—

Если уклон местности меньше, чем необходимый для грунтовых канав, но достаточный для деревянных лотков, то устраиваются последние, которые укладывают на грунт или, где это необходимо, на легкие деревянные эстакады. Деревянная обшивка лотков быстро истирается, поэтому целесообразно их обивать металлическими листами.

Пульповодные каналы следует устраивать только тогда, когда при движении пульпы не будет происходить размыв канав.

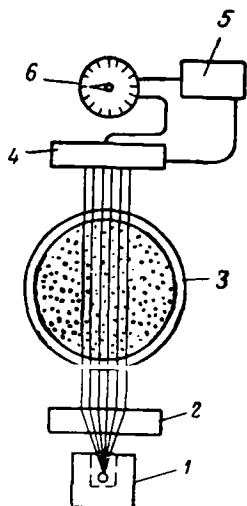


Рис. 52. Схема прибора для контроля консистенции пульпы:

1 — контейнер с радиоактивным изотопом; 2 — экран; 3 — пульповод; 4 — счетная трубка; 5 — усилительное устройство; 6 — счетчик

*Транспортирование грунта под напором.* Если уклон местности недостаточен для пропуска пульпы по лоткам, то ее транспортируют под напором по трубам. Этот наиболее распространенный способ транспортирования грунта применяют всегда при разработке грунта землесосными снарядами и очень часто при разработке гидромониторами. Грунт, размываемый гидромонитором, стекает к приемку, откуда он передвижной землесосной установкой засасывается и по трубам направляется к месту укладки (см. рис. 43). Скорость движения пульпы по трубам во избежание их засорения должна быть для песков 2,0—2,5, для песчано-гравийной смеси — 3,0—4,0 и при наличии крупного гравия — 6,0—8,0 м/сек.

Для снижения стоимости и повышения производительности гидромеханизированных работ необходимо стремиться к максимально возможному повышению консистенции пульпы и к обеспечению ее равномерности.

Консистенцию пульпы в трубах можно контролировать с помощью радиоактивных изотопов. Схема и внешний вид прибора для измерения консистенции пульпы показаны на рис. 52. Прибор состоит из конвейера с радиоактивным изотопом, на-

пример кобальтом ( $\text{Co}^{60}$ ), счетчика гамма-квантов и измерительного устройства.

Чем плотнее среда на пути от радиоактивного изотопа к счетчику, тем меньшее число гамма-квантов достигает счетчика. Следовательно, с увеличением консистенции пульпы прибор фиксирует уменьшение квантов. Если протарировать прибор при различных консистенциях пульпы, то при работе землесоса можно контролировать консистенцию и при необходимости изменять ее.

### § 43. Укладка грунта в насыпь

К аэродромным насыпям, возведенным средствами гидромеханизации, предъявляются те же требования, что и к насыпям при возведении их землеройными машинами, т. е. насыпи по всей площади должны быть намывы из однородных устойчивых грунтов.

При надводном намыве, который применяется в аэродромном строительстве, в зоне выпуска пульпы оседают не только крупные частицы грунта, но и мелкие вследствие шероховатости поверхности намыва.

Изучением закономерности раскладки грунта в теле намываемых инженерных сооружений занимались многие исследователи. Применительно к практике аэродромного строительства наиболее подробно этот вопрос изучил И. Я. Русинов, который установил, что при намыве насыпей могут образоваться три текстуры грунта: микрослоистая при свободном потоке пульпы, слоисто-грядовая при бурном потоке и смятая при сверхбурном потоке пульпы.

От характера укладки грунта при намыве зависит плотность грунта в насыпи и однородность физико-механических свойств грунта по площади.

Наибольшую плотность имеют насыпи с микрослоистой текстурой, наименьшую — со смятой. Насыпи с микроструктурой обладают однородной по площади несущей способностью и более высоким модулем деформации, чем насыпи с другими текстурами.

Плотность насыпи также зависит от консистенции пульпы, гранулометрического состава грунта, формы и окатанности зерен. С увеличением консистенции пульпы плотность намываемых насыпей уменьшается. Так, при микрослоистой текстуре и консистенции пульпы 1 10, 1 5, 1 3 плотность намываемых насыпей была равна соответственно 0,98, 0,95 и 0,93 от максимальной плотности, полученной при стандартном уплотнении. Наибольшая плотность достигается при намыве песков окатанной формы и грунтов, которые в естественном состоянии близки по составу к оптимальным смесям и имеют окатанную форму. Меньшую

плотность имеют насыпи, намывые из горных песков с шероховатой поверхностью.

При намыве насыпи из мелкозернистых песчаных грунтов максимальная плотность достигается при расходе пульпы по фронту намыва равным  $6 \text{ л/м сек}$ . При большем и меньшем удельном расходе пульпы плотность грунта уменьшается. Это объясняется тем, что при малых расходах гидродинамическое давление пульпы недостаточно для плотной укладки частиц грунта, а с увеличением удельного расхода и, следовательно, с увеличением скорости потока частицы не успевают более плотно упаковываться.

Существуют два способа намыва грунта: эстакадный и безэстакадный. При эстакадном способе пульпа поступает на карту намыва по распределительным пульповодам, уложенным на деревянных эстакадах. При этом способе насыпь намывают через регулируемые выпуски, устроенные в пульповоде.

После намыва в насыпи остаются почти все деревянные части эстакады, что ухудшает качество насыпей и ведет к потери лесного материала. При эстакадном способе требуется  $2,5\text{--}3,5 \text{ м}^3$  леса на  $1 \text{ тыс. м}^3$  грунта.

За последние десять лет почти все инженерные сооружения возведены безэстакадным способом намыва из распределительного трубопровода, уложенного непосредственно на намываемую поверхность (рис. 53). Пульпу выпускают сосредоточенно из торца конечного звена трубы. В процессе намыва трубы наращивают краном с малым удельным давлением на грунт (ПК-2 и ПК-3) или экскаватором, оборудованным крюком для подъема труб. В этом случае экскаватором можно производить обвалование карт в перерывах между наращиванием или разборкой труб ( $15\text{--}20 \text{ мин}$ ). Для безэстакадного способа применяют раструбные трубы, которые легко наращивать и демонтировать краном в процессе намыва (рис. 54). При безэстакадном способе количество рабочих на участке намыва сокращается в  $2\text{--}4$  раза.

Намыв начинается с выпуска пульпы из торца первого звена трубопровода, уложенного в начале карты, и ведется до образования перед ним слоя отложения грунта требуемой толщины. Затем производится наращивание второго звена трубопровода без перерыва в подаче пульпы и дальнейший намыв грунта той же толщины. В результате последовательного наращивания труб с непрерывным выпуском пульпы происходит тонкослойный намыв грунта по всей длине карты намывы. Таким же образом ведется намыв при разборке распределительного трубопровода. При его укорачивании конец последнего звена сначала приподнимается краном на высоту, соответствующую толщине намываемого слоя, а после намыва грунта труба отсоединяется. Намыв сопровождается челночным движением крана при наращивании и разборке трубопровода. Толщина слоя намыва зависит от характера грунта и мощности землесосного снаряда. Для песчаных грунтов



Рис. 53. Укладка труб при безэстакадном способе намыва

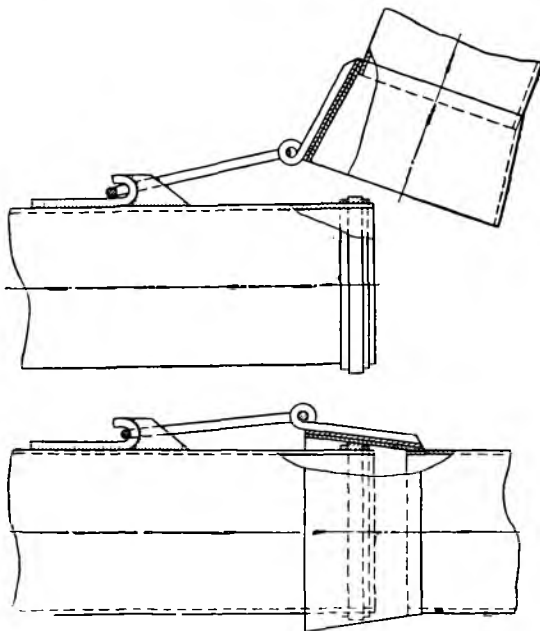


Рис. 54. Быстроразъемное соединение

и производительности землесосного снаряда 300—500 м<sup>3</sup>/ч она равна 0,6—0,7 м при наращивании распределительного пульповода и 0,2—0,3 м при его укорачивании.

Отсутствие эстакад позволяет полностью механизировать работы по устройству обвалования. Оно выполняется обычно бульдозером или экскаватором.

Этот способ может быть применен, когда намываемые грунты быстро отдают воду, что позволяет крану на широких гусеницах передвигаться в процессе намыва. При супесчаных, а тем более при глинистых грунтах, этот способ применять нельзя.

Кроме безэстакадного способа в аэродромной практике может найти применение низкоопорный способ намыва. Распределительный трубопровод при этом способе укладывается на невысокие инвентарные опоры, состоящие из поперечины, соединенной с помощью металлических стаканов с двумя деревянными стойками. Толщина намываемого слоя низкоопорным методом составляет 1,0—1,2 м. После намыва насыпи до указанной высоты стойки извлекают из намытого грунта и устанавливают выше.

Работы на карте намыва при низкоопорном способе полностью механизированы с помощью универсальной машины УМ-1, состоящей из комплекта навесного оборудования к трактору ДТ-54. Спереди трактор оборудован вилами для укладки и снятия труб с опор и для извлечения стоек опор. В задней части трактор имеет буровой станок, который может сделать за час 120 скважин, пробуравивая одновременно по две скважины глубиной до 0,8 м, в которые устанавливают стойки опор.

Низкоопорным методом можно производить намыв как тонкими слоями 0,2—0,3 м, так и слоями толщиной 1,0—1,2 м (на полную высоту стоек). В первом случае насыпь намывают, как и при безэстакадном способе, т. е. попеременным наращиванием и разборкой распределительного пульповода. При разборке трубы только откатываются по опоре без прекращения подачи пульпы. При наращивании труб подача пульпы должна быть прекращена или переключена на другую нитку намыва.

При намыве насыпи ярусами по 1,0—1,2 м пульпу выпускают из торца последней трубы. После того как высота намытого грунта достигнет высоты опоры, трубу отсоединяют, не прекращая подачи пульпы.

Низкоопорным способом можно также намывать насыпь расконцентрированным методом, для обеспечения которого торцы нескольких смежных труб смещают относительно друг друга.

Намыв насыпи ярусами 1,0—1,2 м менее трудоемкий, чем намыв тонкими слоями, но он возможен, если при этой интенсивности намыва будет обеспечена требуемая плотность грунта в насыпи.

При незначительной интенсивности намыва (до 0,1 м/сутки) достигается предельная плотность насыпей, при интенсивности более 1,0 м/сутки плотность укладки оказывается близкой к

плотности грунта в предельно рыхлом состоянии. Поэтому интенсивность намыва, зависящая от гранулометрического состава грунта и фильтрационной способности основания, не должна превышать для мелких песков 0,2—0,3 м/сутки, для более крупных — до 0,5 м/сутки и более.

При намыве насыпей следует отводить сбросную воду за пределы намываемой карты. Застой воды на площади карты может привести к образованию глинистых линз. Поэтому при намыве необходимо следить за тем, чтобы не образовывались застойные места. Для этого при безэстакадном намыве требуется более быстро отсоединять трубы, чем при прямом намыве.

Если карьерный грунт содержит нежелательное количество мелких фракций, которые следует отмыть, то сброс воды за пределы карты необходимо производить пока эти частицы находятся во взвешенном состоянии. Перехватывающую перемычку для сбросной воды устраивают в том месте, где уклон намываемой поверхности равен 18‰, при котором начинается интенсивное отложение мелких фракций.

#### **§ 44. Охрана труда при производстве работ средствами гидромеханизации**

При разработке грунта средствами гидромеханизации причинами несчастных случаев могут быть: обвал грунта в забое при разработке гидромониторами, неправильное обращение с механизмами, удар струн, поражение электрическим током.

Для предупреждения несчастных случаев территорию размыва следует оградить, чтобы посторонние лица не находились в районе действия гидромониторов. К работе с гидромониторами и на землесосных снарядах следует допускать только рабочих, прошедших технический минимум и сдавших экзамен по установленной программе. Во избежание поражения током необходимо из зоны работ перенести электролинии в другое место.

Для предотвращения удара струи следует: работы в районе действия струи гидромонитора производить только после прекращения подачи воды; менять насадку гидромонитора после отключения подачи воды в ствол гидромонитора.

### **Глава VI ПЛАНИРОВОЧНЫЕ РАБОТЫ**

#### **§ 45. Виды и состав планировочных работ**

Летное поле, концевые и боковые полосы безопасности должны иметь ровную поверхность. Неровности микрорельефа под рейкой длиной 5 м не должны превышать 5 см на летном поле и 3 см на участке корыта. Для доведения микрорельефа местности до требуемой ровности выполняют планировочные работы.

Планировочные работы как самостоятельный процесс выполняют на участках с нулевыми рабочими отметками, где по проекту вертикальной планировки не предусмотрено производство земляных работ с растительным и минеральным грунтом, или как завершающий процесс — при разработке выемок или отсыпке насыпи.

На участках грунтовой части летного поля с нулевыми рабочими отметками микрорельеф исправляют в пределах растительного слоя (10—12 см) путем срезки небольших возвышенностей и засыпки мелких впадин без предварительного снятия растительного грунта.

На участке с хорошо развитым дерновым покровом в целях его сохранения следует выборочно планировать отдельные места, микрорельеф которых не соответствует требованиям.

Планировочные работы выполняют в два этапа: первый — предварительная (грубая) планировка, второй — окончательная (тщательная). При предварительной планировке устраняют грубые неровности, видимые на глаз, и производят предварительное уплотнение для выявления участков с недостаточной плотностью грунта.

Тщательную планировку производят по геодезическим отметкам с целью доведения поверхности до требуемой ровности.

Для доведения поверхности выемки, насыпи и участков корыта под аэродромные покрытия требуется выполнить следующие рабочие операции: разрыхлить, предварительно спланировать и уплотнить поверхность грунта, произвести контрольное нивелирование, тщательно спланировать и уплотнить поверхность, проверить качество выполненных работ.

До начала планировочных работ на грунтовой части летного поля необходимо засыпать ямы, оставшиеся после корчевки пней и удаления камней.

Рыхлить грунт необходимо всегда, когда это приводит к увеличению производительности машин, выполняющих планировку и уплотнение поверхности. Практика показала, что затраты труда на рыхление грунтов III группы (тяжелая ломовая земля, отвердевшие черноземы и каштановые земли) приводит к снижению стоимости планировочных работ.

#### **§ 46. Способы и схемы выполнения планировочных работ**

Планировочные работы могут быть выполнены автогрейдерами, прицепными грейдерами и длинбазовыми планировщиками. Автогрейдер по сравнению с прицепным грейдером имеет то преимущество, что рабочую операцию выполняет один рабочий — машинист автогрейдера, а при планировке прицепным грейдером при одной и той же производительности, кроме машиниста грейдера, в рабочем процессе участвует тракторист. К недостаткам



автогрейдера следует отнести то, что на увлажненных глинистых грунтах он не может работать с полной нагрузкой, так как обладает худшим сцеплением с ними.

Спланированную поверхность летного поля уплотняют гладкими прицепными катками, а корыто — катками с гладкими вальцами и реверсивным ходом. Вес катка должен обеспечивать по-

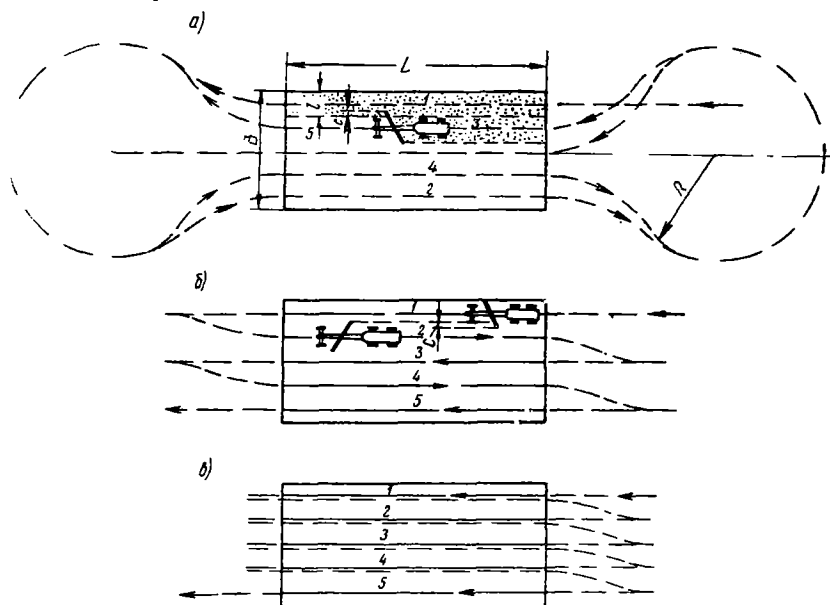


Рис. 55. Схемы движения планировочных машин на захватке:  
 $L$  — длина захватки;  $B$  — ширина захватки;  $l$  — ширина планируемой полоски, зависящая от угла захвата ножа грейдера;  $c$  — величина перекрытия проходов;

1, 3, 5 — последовательность проходов автогрейдера по ширине захватки;  
 ————— — рабочий ход; - - - - - холостой ход

лучение требуемой плотности грунта. Планировочные работы выполняют на захватках.

Движение автогрейдера на захватке целесообразно организовать по круговой схеме: от границы захватки к ее середине, от середины захватки к ее краям или с чередованием проходов во взаимно перпендикулярных направлениях (рис. 55, а).

При планировке участка шириной менее двух радиусов поворота автогрейдера (грейдера) круговая схема движения машин бывает нецелесообразной. В этом случае может быть рекомендована челночная схема с поворотом ножа на  $180^\circ$  (рис. 55, б) или схема с рабочим ходом в одном направлении (рис. 55, в).

Для предварительной планировки легких грунтов требуется 1—2 прохода по одному следу, средних — 3—4 и тяжелых — 4—

6 проходов. Каждый следующий проход должен перекрывать предыдущий на 20—30 см.

Производительность планировочных машин может быть вычислена по формуле

$$P = \frac{T_{см} L k (l \sin \alpha - c) k_B}{n t_{ц}}, \quad (34)$$

где  $T_{см}$  — продолжительность рабочей смены, мин;

$L$  — длина захватки, м;

$k$  — количество рабочих проходов по захватке за один цикл работы машины;

$l$  — длина ножа планировочной машины, м;

$\alpha$  — угол захвата ножа планировочной машины, град;

$c$  — величина перекрытия следов, м;

$k_B$  — коэффициент использования времени;

$n$  — необходимое количество проходов по одному следу;

$t_{ц}$  — продолжительность одного рабочего цикла машины, мин.

Продолжительность одного рабочего цикла автогрейдера  $t_{ц}$  на захватке длиной  $L$  будет равна для круговой схемы

$$t_{ц} = \frac{2L}{v_{пер}} + 2t_{пов}, \quad (35)$$

для челночной схемы

$$t_{ц} = \frac{L}{v_{пер}} + \frac{L}{v_{зад}} + 2t_{нож}, \quad (36)$$

для схемы с рабочим ходом в одном направлении

$$t_{ц} = \frac{L}{v_{пер}} + \frac{L}{v_{ход}} + 2t_{рев}, \quad (37)$$

где  $v_{пер}$  — скорость движения при рабочем ходе вперед, км/ч;

$v_{зад}$  — скорость движения при работе задним ходом, км/ч;

$v_{ход}$  — скорость движения задним ходом без работы, км/ч;

$t_{пов}$  — время на один поворот автогрейдера, ч;

$t_{нож}$  — время на один поворот ножа на  $180^\circ$ , ч;

$t_{рев}$  — время на одно реверсирование, ч.

Производительность планировочных машин в значительной степени зависит от длины захватки и принятой схемы движения машин. Наибольшую производительность на захватках длиной до 150 м имеет автогрейдер типа Д-144 при работе по схеме с рабочим ходом в одном направлении, на участках длиной 150—500 м — при работе по челночной схеме с поворотом ножа на  $180^\circ$  и на участках длиной более 500 м — при работе по круговой схеме (рис. 56). При работе по круговой схеме производительность автогрейдера Д-144 на захватках длиной 500 м в 3,3 раза больше, чем на захватках длиной 50 м. Поэтому для планировоч-

ных работ длину захваток следует назначать не менее 200 м.

Хорошего качества планировки можно достигнуть, если проходы делать во взаимно перпендикулярных направлениях. Первый и последний проходы следует выполнять в направлении предполагаемых взлетов и посадок самолетов.

Выбирая схему планировки, следует учесть, что при работе автогрейдера на заднем ходе, после поворота ножа на  $180^\circ$ , труд-

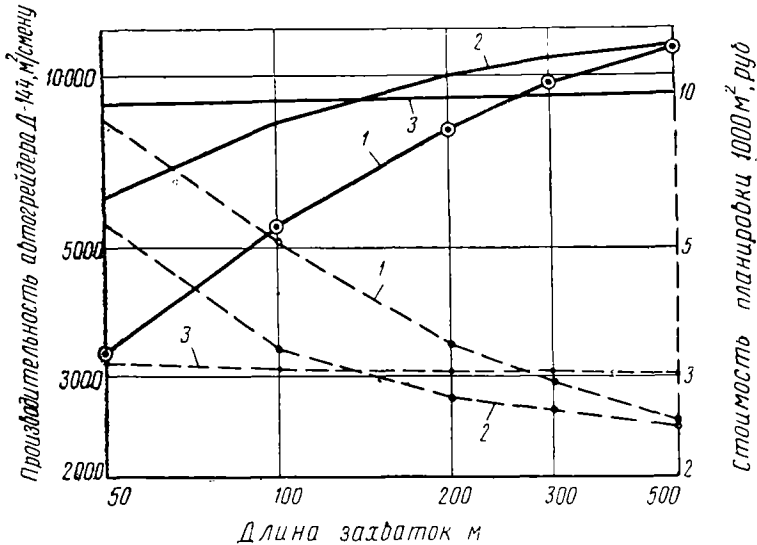


Рис. 56. Производительность автогрейдера Д-144 и стоимость планировки в зависимости от схемы движения:

1 — по круговой схеме; 2 — по челночной схеме с поворотом ножа на  $180^\circ$ ;  
3 — при движении с рабочим ходом в одном направлении;

— — — — — производительность автогрейдера; — — — — — стоимость планировки

но обеспечить тщательную отделку поверхности, поэтому данную схему можно применять только для предварительной планировки со следующими рабочими установками ножа автогрейдера: угол захвата  $45-60^\circ$ , угол резания  $40-60^\circ$ , угол зарезания машинист грейдера изменяет в зависимости от характера местности. Во избежание набегания колеса грейдера на валик грунта раму грейдера сдвигают вправо или влево до отказа.

Сцепку грейдера с трактором желательно делать гибкой при помощи троса длиной 7—10 м, что дает возможность при помощи поворотного дышла перемещать грейдер в сторону от трактора и обеспечивает хороший обзор для машиниста.

При планировке легких грунтов для увеличения производительности рекомендуют устанавливать удлинители.

После предварительной планировки поверхность грунта имеет различную плотность. В местах, где были мелкие впадины,

грунт рыхлый, а в местах, где были небольшие возвышенности, плотный. После уплотнения такая поверхность опять станет неровной, но менее выраженной, чем до предварительного уплотнения. Поэтому при планировке поверхностей следует чередовать проходы планировочных и уплотняющих машин.

После предварительной планировки и уплотнения захватки, необходимо произвести контрольное нивелирование поверхности и установить колышки по проектным отметкам. Окончательную отделку поверхности выполняют планировочной машиной, за которой следует каток.

Планировочные работы заканчивают, когда после прохода автогрейдера (грейдера) и катка поверхность захватки удовлетворяет требованиям, предъявляемым к рельефу местности на аэродроме. Участки местности между контрольными колышками, забитыми по нивелиру, проверяют визирками и рейками.

Для окончательной отделки поверхности в последнее время применяют длиннобазовые планировщики, которые обеспечивают хорошее качество работ.

#### **§ 47. Организация планировочных работ**

Планировочные работы в выемках выполняют после окончания разработки минерального грунта на всем контуре выемки или на отдельной полосе. Перед началом планировки производят контрольное нивелирование для определения недоборов и других возможных дефектов. Если будут обнаружены недоборы, превышающие 10—12 см, то грунт разрабатывают дополнительно.

Для планировки поверхности выемки необходимо 2—6 проходов планировочных машин по одному следу в зависимости от точности разработки выемки и типа грунтов. Все планировочные работы в выемках выполняют так же, как и на участках с нулевыми рабочими отметками.

Окончательно планируют поверхность насыпи только после уплотнения верхнего слоя и контрольной нивелировки. Если при уплотнении будут обнаружены значительные просадки поверхности, то в такие места до начала планировочных работ необходимо завезти недостающий грунт и уплотнить его.

До начала планировочных работ на площади корыта должны быть заделаны траншеи для устройства водоотвода, кабельные переходы, топливопроводы и т. п.

Окончательную планировку dna корыта производят с минимальным опережением работ по устройству оснований аэродромных покрытий.

Если работы с минеральным грунтом на площади корыта значительно опережают устройство основания, то на участках выемок следует делать недобор грунта на 6—8 см, а насыпи отсыпать с избытком на 5—8 см. В этом случае окончательно

отделяют дно корыта за 2—3 дня до устройства искусственного основания.

Грунт, срезанный при планировке dna корыта, используют для подсыпки сопряжений аэродромных покрытий с грунтовой частью летного поля.

В процессе производства планировочных работ на площади корыта следует организовать тщательный геодезический контроль с применением наклонного нивелирования и визирок.

Для планировки корыта применяют грейдер и длиннобазовый планировщик. Наилучшее качество окончательной планировки корыта достигается при использовании длиннобазового планировщика совместно с прицепными или самоходными катками.

Участки законченного корыта должны быть закрыты для движения транспорта, а в сырую погоду — для пешеходов.

## Глава VII

### ПРОИЗВОДСТВО ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

#### § 48. Общие сведения

Для ускорения строительства, лучшего использования строительных машин и транспорта, закрепления на стройках постоянных квалифицированных рабочих целесообразно строительные работы и, в частности, земляные вести круглый год, используя полностью зимний период.

Разработка грунта в этот период имеет свои особенности. При отрицательных температурах меняется свойство грунтов и способы их разработки. Вода, заключающаяся в порах грунта, частично превращается в лед, который связывает минеральные частицы, образуя твердое тело. При этом сопротивление грунта повышается, труднее становится его разрабатывать. Прочность грунта в десятки и даже сотни раз выше прочности немерзлого грунта.

При календарном планировании производства земляных работ в зимний период Союздорнии рекомендует расчет вести по температурным зонам:

Зоны	I	II	III	IV	V
Расчетный зимний период, дни	90	120	140	160	180
Объем земляных работ, % от годового	15	20	20	20	20

Наиболее трудно разрабатывать мерзлые супесчаные и суглинистые грунты. По сопротивляемости резанию супеси, суглинки, глины делят на пять категорий (классификация проф. А. Н. Зеленина).

Категория грунта	I	II	III	IV	V
Количество ударов плотноте- ра Союздорнии	30—100	100—160	160—220	220—280	280—360

Трудоемкость разработки скальных (невлагоемких) грунтов не увеличивается.

В зависимости от гранулометрического состава грунт замерзает при разных отрицательных температурах: песчаные и гравелистые при меньшей, чем глинистые. В глинистых грунтах вода связана силами молекулярного и капиллярного притяжения, поэтому они промерзают при более низкой температуре.

Сухие и рыхлые грунты, содержащие в порах воздух, промерзают на меньшую глубину. Наибольшее промерзание грунты имеют при 30—40% влажности. При большей влажности промерзание уменьшается в связи с увеличением скрытой теплоты льдообразования.

#### § 49. Техничко-экономическое обоснование целесообразности производства работ в зимний период

При решении вопроса о целесообразности производства земляных работ в зимний период во всех случаях необходим технико-экономический расчет.

Себестоимость 1 м<sup>3</sup> грунта, разрабатываемого зимой (летом) комплектом машин, будет:

$$C_{л} = \frac{k_1 \Sigma C_{эм} + k_2 \Sigma C_{о.з.п}}{P_{э(с)}} + \frac{\Sigma C_{п}}{Q}, \quad (38)$$

где  $k_1$  — коэффициент накладных расходов на стоимость эксплуатации машин;

$\Sigma C_{э.м}$  — стоимость эксплуатации комплекта машин в течение суток, руб.;

$k_2$  — коэффициент накладных расходов на основную заработную плату;

$\Sigma C_{о.з.п}$  — основная заработная плата рабочих, занятых на немеханизированных работах, руб.;

$P_{э(с)}$  — суточная выработка комплекта машин и оборудования, м<sup>3</sup>/сутки;

$\Sigma C_{п}$  — стоимость подготовительных работ, руб.;

$Q$  — общий объем работ, м<sup>3</sup>.

Трудоемкость единицы продукции

$$A_{ел} = \frac{\Sigma A_{м} + \Sigma A_{всп}}{P_{э(с)}} + \frac{\Sigma A_{п}}{Q}, \quad (39)$$

где  $\Sigma A_{м}$  — затраты труда рабочих, занятых обслуживанием машин в смену, чел-дни;

$\Sigma A_{всп}$  — затраты труда вспомогательных рабочих подготовительного производства и обслуживающих хозяйств, чел-дни;

$\Sigma A_{п}$  — затраты труда рабочих подготовительного производства и обслуживающих хозяйств, чел-дни.

Затраты труда рабочих определяют по СНИП, производственным нормам.

Следует учесть, что сравнение способов производства работ зимой и летом должно производиться только с наиболее эффективными комплектами машин и оборудования. Например, при выборе комплекта машин для выполнения работ летом сравнивают между собой несколько комплектов и уже тот, который более эффективен, сопоставляют с лучшим комплектом для работы зимой. Оценку удорожания земляных работ, выполняемых при отрицательных температурах, характеризуют коэффициентом удорожания  $k_{уд}$ :

$$k_{уд} = \frac{C_{доп.з} 100}{C_d}, \quad (40)$$

где  $C_{доп.з}$  — дополнительные зимние расходы на  $1 м^3$  грунта. (Их определяют расчетом с учетом всех дополнительных операций, которые надо проводить при работе зимой: потребность в дополнительных машинах, материалах, помещениях и др.);

$$C_{доп.з} = C_з - C_d; \quad (41)$$

$C_d, C_з$  — стоимость  $1 м^3$  земляных работ в летних и зимних условиях.

По отчетным данным дорожных строительных управлений  $k_{уд}$  колеблется в пределах 5—15% от сметной стоимости земляных работ. Снизить величину  $k_{уд}$  при круглогодичном производстве работ можно за счет увеличения объема работ, выполняемых зимой, что непосредственно влияет на сокращение общего срока строительства аэродрома; улучшения использования средств механизации; снижения накладных расходов.

*Сокращение сроков строительства аэродрома.* Размер сокращения сроков выполнения отдельных видов строительно-монтажных работ определяют по сравнению с фактическими сроками за счет производства их в зимнее время. Если в результате выполнения части строительных работ зимой снижается продолжительность строительства аэродрома в целом, то кроме экономии в себестоимости строительно-монтажных работ достигается народно-хозяйственный эффект. При расчете эффективности учитывают все работы, выполненные или которые могли бы быть выполнены (проектируемая эффективность) зимой. Средний размер отвлеченных в строительство денежных средств (капиталовложений)  $k_n$  и  $k_\phi$  получают как частное от деления суммы нарастающих поквартальных итогов на продолжительность периода (в кварталах).

Эффект, полученный при сокращении незавершенных капиталовложений в результате ускорения ввода в эксплуатацию аэродрома, определяют по формуле

$$\mathcal{E}_{вр} = E_n (k_n T_n - k_\phi T_\phi) \quad (42)$$

$$\text{или } \mathcal{E}'_{вр} = \frac{\mathcal{E}_{вр}}{k_n} 100,$$

где  $E_n$  — нормативный коэффициент эффективности (0,17);  
 $k_n$  и  $k_f$  — средний нормативный и фактический (проектируемый) размер капитальных вложений;  
 $T_n$  и  $T_f$  — нормативный и фактический срок строительства, лет.

В качестве эталона принимают продолжительность строительства по СНиП ч. III, разд. А, глава 3, 1962 г. и квартальное распределение капиталовложений по годам (% от сметной стоимости) в соответствии с проектом, утвержденным в вышестоящей организации.

Улучшение использования средств механизации подсчитывают в виде снижения стоимости машино-смен машин, используемых в зимний период. Эффект от снижения стоимости машино-смен равен

$$\mathcal{E}_{у.и. мех} = \frac{C_{мех} \alpha \beta}{\Sigma C_{3-л}} 100, \quad (43)$$

где  $\mathcal{E}_{у.и. мех}$  — удешевление стоимости земляных работ, %;  
 $C_{мех}$  — стоимость механизированных работ в составе общей стоимости земляных работ;  
 $\alpha$  — размер постоянных расходов, % от стоимости машино-смен;  
 $\beta$  — сокращение срока строительства, % от нормативного;  
 $\Sigma C_{3-л}$  — стоимость выполнения земляных работ в зимнее время, исчисленная в летних расценках.

Снижения накладных расходов достигают при сокращении срока строительства. Накладные расходы состоят из  $H_n$  — постоянных (0,40 от общей суммы накладных расходов), независящих от численности рабочих и  $H_p$  — накладных, зависящих от численности и равномерной потребности в них строительства.

$$\mathcal{E}_{н.р} = \frac{H_n H_p \beta}{\Sigma C_{3-л}} 100, \quad (44)$$

где  $\mathcal{E}_{н.р}$  — удешевление стоимости земляных работ (% от общей стоимости) за счет постоянной части накладных расходов;  
 $H_n$  — постоянные накладные расходы;  
 $H_p$  — нормативная сумма накладных расходов от общей стоимости земляных работ (17,5% от прямых затрат);  
 $\beta$  — сокращение срока строительства, % от нормативного;

$$\mathcal{E}'_{н.р} = \frac{H_p \beta}{\Sigma C_{3-л}} 100, \quad (45)$$



где  $\mathcal{E}'_{нр}$  — удешевление стоимости земляных работ за счет накладных расходов, зависящих от численности рабочих и равномерной потребности в них;

$H_p$  — накладные расходы, зависящие от количества рабочих (30—35% от общей суммы накладных расходов);

$\gamma$  — снижение средней численности рабочих, %.

Снижение численности рабочих можно определить по формуле

$$\gamma = \frac{P_3}{P_л} 100, \quad (46)$$

где  $P_3$  — потребность в рабочих зимой;

$P_л$  — то же, летом.

В результате работы зимой достигается лучшее круглогодичное использование всего парка средств механизации, автомобильного транспорта за счет дополнительного объема работ, выполняемых при пониженных температурах; исключаются резкие колебания численности рабочих; ликвидируется текучесть; сокращается потребность в обслуживающих помещениях.

Улучшение технологии производства земляных работ зимой, выпуск промышленностью строительных машин, приспособленных для зимних условий (утепленные кабины, морозоустойчивая резина на шинах, устойчивость работающих двигателей, повышенная надежность конструкций рабочих органов, трансмиссий, механизмов управления и др.) позволяет снизить  $k_{уд}$  земляных работ, выполняемых зимой.

Экономическую эффективность производства зимних работ определяют из уравнения

$$C_x = \mathcal{E}'_{вр} + \mathcal{E}_{у.и с=мех} + \mathcal{E}_{н.р} + \mathcal{E}'_{н.р} - k_{уд}. \quad (47)$$

Если  $C_x$  — отрицательная величина, то экономически нецелесообразно выполнять земляные работы зимой.

Основываясь на технико-экономических преимуществах круглогодичного строительства, к работам зимой целесообразно относить: разработку выемок и возведение насыпей из скальных, сухих песчаных, гравийных и щебеночных грунтов; разработку глубоких выемок из любых грунтов в кавальеры и отвалы механизированными способами; возведение насыпей на болотах при их замерзании и обеспечении возможности движения землеройных и транспортных машин; выторфовывание, устройство вертикальных дренажных воронок, дренажных прорезей, взрывных работ, разработку выемок в пльвинных грунтах.

В зимнее время экономически нецелесообразно разрабатывать мелкие выемки, устраивать корыто и возводить невысокие насыпи из резервов (с рабочими отметками до 2,0 м), выполнять планировку (как правило) и устраивать мелкие каналы; возво-

дить насыпи из жирных глин, других глинистых грунтов при влажности выше предела раскатывания, а также из меловых, гипсовых, трепельных и всех пылеватых грунтов.

Качество насыпей, возводимых зимой, должно быть таким же, как и летом.

### **§ 50. Состав работ по подготовке забоев, мест отсыпки землевозных путей**

В состав земляных работ, выполняемых в зимнее время, входят: подготовительные работы, разрыхление и уборка в отвал мерзлого слоя грунта; экскавация незамерзающего слоя грунта.

Правильное и своевременное выполнение подготовительных работ облегчает производство земляных работ в зимний период.

До наступления холодов и промерзания грунтов выполняют следующие работы: устраивают водоотвод, заготавливают щиты для снегозадержания, готовят землевозные пути, устраивают помещения для обогрева рабочих; восстанавливают оси, выносят пикетаж, делают разметку геометрических элементов резервов, насыпей, кавальеров. Все разбивочные знаки защищают от заносов снегом.

Для работы в зимних условиях готовят строительные машины (меняют смазку, заливают антифриз, проводят регулировку механизмов, утепляют двигатели, кабины); готовят и обеспечивают отопление жилых помещений, складов, гаражей, ремонтных мастерских; обеспечивают рабочих зимней спецодеждой; автомобили снабжают цепями противоскольжения; растительный слой срезают бульдозером и убирают в валики; устраивают нагорные и водоотводные каналы; рабочих знакомят с технологией производства земляных работ зимой, с правилами охраны труда и с особенностями зимней эксплуатации строительных машин; проводят с ИТР и рабочими семинары по методам производства земляных работ в зимнее время. Лес и кустарник удаляют, выполняя его в соответствии с указанием главы I.

Для производства земляных работ в ночное время необходимо подготовить оборудование для освещения, проверить наличие осветительных приборов на строительных машинах (экскаваторах, бульдозерах, катках). Для освещения используют прожекторы заливающего света, которые устанавливают на столбах, высоких мачтах и переносных стойках.

Землевозные пути готовят осенью, а зимой очищают от снега и принимают необходимые меры против снегозаносимости и буксования автомобилей.

К подготовительным работам относят также все мероприятия по предохранению грунтов, намеченных к разработке зимой, от промерзания. Эти мероприятия выполняют до наступления морозов и делят на три периода — первая, вторая и последняя треть зимы.

Подготовка, предохранение грунта от промерзания при условии разработки в течение:	Способы подготовки:
первой трети зимы	вспахивание и боронование верхнего слоя грунта и удержание снежного покрова
второй	вспахивание и боронование верхнего слоя грунта и создание искусственного снежного покрова или устройство утепляющего покрова из термоизоляционных материалов, окучивание и обвалование землей
последней трети зимы	утепление грунта слоем тепло- изоляционных материалов, обвалование, перелопачивание грунта.

Чтобы избежать увлажнения разрыхленного грунта, его следует вспахивать и рыхлить (на глубину 15—20 см) во время первых заморозков.

При этом используют плуги, прицепные грейдеры, прицепные и навесные рыхлители, гвоздевые и дисковые бороны, фрезы. Рыхление рыхлителями производят двойное перекрестное с перекрытием разрыхленной полосы на 0,2 м.

При использовании грунта в качестве теплоизоляционного материала его перелопачивают (рис. 57, б), окучивают (рис. 57, в) и обваловывают (рис. 57, в).

Окучивание выполняют экскаватором с оборудованием драглайна на глубину до 1,5 м параллельными траншеями, укладывая вынутый грунт на утепляемую площадь (рис. 57, а). Для разравнивания грунта слоем толщиной не менее 0,8 м используют бульдозер, который распределяет грунт по всей поверхности, а также на откосах траншей.

При обваловании грунт разрабатывают на глубину 1,3—1,5 м экскаватором за несколько проходок вдоль утепляемого забоя. Используют экскаватор с рабочим оборудованием — прямая лопата.

После первой проходки (рис. 57, б) грунт укладывают в отвал за пределами утепляемой площади. Грунт от последующих проходок экскаваторов укладывают в выработанное пространство предыдущей. Траншею от последней проходки засыпают грунтом из другого резерва.

Окучивание и обвалование можно выполнять на утепляемых площадях любого размера, но в пределах экономической целесообразности.

Хорошие результаты дает вспахивание и окучивание грунта в сочетании со снегозадержанием. Утепление снегом осуществляют снегозадержанием путем устройства валов из грунта или снега, установкой снегозадерживающих щитов. Щиты применя-

ют размером  $1,5 \times 2,0$  м с просветами в количестве 30—50%. Их устанавливают перпендикулярно направлению господствующих ветров на взаимном расстоянии  $10 \div 15 H$  ( $H$  — высота щита).

Снежные валы можно устраивать прицепными снегособира- телями (ридзерами). После их прохода образуется вертикаль- ная снежная стенка без просветов высотой 0,8 м, обладающая большей снегозадерживающей способностью, чем валы, созда-

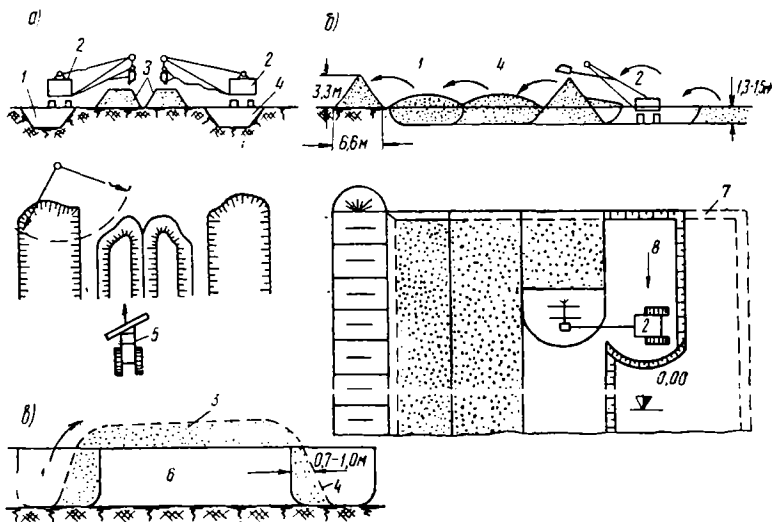


Рис. 57. Предохранение грунта от промерзания:

1 — первая проходка экскаватора; 2 — экскаватор; 3 — отсыпанный грунт; 4 — вто- рая проходка экскаватора; 5 — бульдозер; 6 — утепленный забой; 7 — дополни- тельная проходка; 8 — направление рабочего хода экскаватора

ваемые бульдозером. Снеговой покров толщиной 40 см предо- храняет грунт от промерзания на глубине до 1,0 м.

Во всех случаях сохранения рыхлого состояния грунта необ- ходимо обеспечить естественный сток атмосферных вод с по- верхности утепленного участка.

## § 51. Состав рабочих процессов производства земляных работ и способы их выполнения в зимний период

Перед началом земляных работ снег удаляют бульдозером. Во избежание увеличения глубины промерзания грунта забой очищают не на всей площади сразу, а небольшими участками, площадь которых при утепленных забоях определяется *суточной* производительностью экскаватора при температуре наружного воздуха до  $-10^\circ \text{C}$  и *сменной* его производительностью при бо- лее низких температурах.

Операции вскрытия забоя, связанные с рыхлением и удалением мерзлых грунтов, выполняют в зависимости от глубины промерзания различными машинами (табл. 16).

Таблица 16

Глубина промерзания, м	Способ производства работ	Рекомендуемые строительные машины
До 0,03	Разработка без предварительного рыхления мерзлого грунта	Скреперы прицепные, полуприцепные с ковшом не менее 6 м <sup>3</sup>
0,10—0,25	Разработка с рыхлением мерзлого грунта	Рыхлители навесные, бульдозеры, скреперы с ковшом 6—8 м <sup>3</sup>
До 0,7—1,0	Разработка с оттаиванием мерзлых грунтов местными средствами	Скреперы с ковшом 6—8 м <sup>3</sup> , экскаваторы — 0,65—1,0 м <sup>3</sup>
0,1	Разработка без предварительного рыхления мерзлого грунта	Экскаватор-драглайн с ковшом 0,65—1,2 м <sup>3</sup>
0,25	То же	Экскаватор с прямой лопатой с ковшом 0,65—1,2 м <sup>3</sup>
0,25	Разработка с предварительным рыхлением мерзлого грунта	Экскаватор-драглайн с ковшом 0,65—1,2 м <sup>3</sup>
0,4	Разработка без предварительного рыхления мерзлого грунта	Экскаватор с прямой лопатой с ковшом более 1,0 м <sup>3</sup>
0,4—0,5	Разработка с предварительным рыхлением мерзлого грунта	Навесной рыхлитель на тракторе Т-300; шар-молот, клин-молот на экскаваторах, тракторах; экскаваторы с прямой лопатой, драглайн с ковшами 0,65—1,2 м <sup>3</sup>
0,6—0,7	То же	Клин-молот на экскаваторе, тракторе; экскаватор с прямой лопатой емкостью ковша 0,15—1,2 м <sup>3</sup> и драглайн 1 м <sup>3</sup>
0,6—1,0		Оборудование для буровзрывных работ; экскаватор с прямой лопатой емкостью ковша 0,65—1,2 м <sup>3</sup> и драглайн 1 м <sup>3</sup>
0,6—1,0		Дизель-молот на экскаваторе с ковшами 0,25—3,0 м <sup>3</sup> и тракторах Т-100; экскаваторы с прямой лопатой емкостью ковша 0,65—1,2 м <sup>3</sup> и драглайн — 1,0 м <sup>3</sup>
Более 1,0		Оборудование для буровзрывных работ; экскаваторы с прямой лопатой емкостью ковша 0,65—1,2 м <sup>3</sup>
1,0—1,3		Дизель-молоты на тракторном погрузчике и экскаваторах емкостью ковша 0,65 м <sup>3</sup> ; экскаваторы с прямой лопатой емкостью ковша 0,65—1,2 м <sup>3</sup> и драглайн — 1 м <sup>3</sup>

Мерзлый грунт разрабатывают методами: крупным сколом, резанием и фрезерованием, буровзрывным, оттаиванием.

*Крупный скол* — эффективный способ рыхления мерзлого грунта клиньями дизель-молота, подвешенного на тракторе, по-

грузчике или одноковшовом экскаваторе (рис. 58). Меньшую энергию затрачивают машины, у которых рабочая часть клина имеет заострение: для одностороннего клина —  $15^\circ$  и для двухстороннего —  $30^\circ$

*Резание (фрезерование)* мерзлых грунтов осуществляют измельчением всей массы грунта или их разрезанием на блоки. Фрезерование мерзлых грунтов в несколько раз более энергоемкий процесс, чем крупный скол. При сплошном фрезеровании энергоемкость процесса увеличивается в десятки раз по сравнению с разрезанием на блоки; последнее выполняют баровые машины на базе трактора с ходоуменьшителем или многоковшовых экскаваторов. Машина режет грунт на блоки размерами позволяющими погрузить их в автомобили-самосвалы.

Мерзлые грунты рыхлят навесными одностоечными рыхлителями на гусеничных тракторах. Производительность рыхлителей на мощных тракторах Т-180, Т-250 при температуре грунта —  $8^\circ\text{C}$  и глубине промерзания 70—80 см до 250—300 м<sup>3</sup>/ч. При глубине промерзания свыше 80 см и температуре грунта до  $-1 \div -2^\circ\text{C}$  производительность машин снижается на  $\frac{2}{3}$ .

Для эффективной работы рыхлителя необходимо снеговой покров снимать на участке, который может быть разрыхлен не более чем за 3—4 ч; для большего удобства уборки мерзлый грунт рыхлят на одинаковую глубину, для чего предварительно разрабатываемую площадку планируют бульдозером.

Разработка мерзлого грунта обычными землеройными машинами (экскаваторами и др.) возможна лишь при глубине промерзания, не превышающей 0,5 м (см. табл. 16).

Способы подготовки мерзлого грунта к экскавации (рыхлением дизель-молотами, клин-молотами и др.) дороги, как правило, дают низкую выработку.

Исследования проф. Н. Г. Домбровского показывают, что производительность экскаваторов в зимний период по сравнению с летним, несмотря на предварительное рыхление мерзлого грунта, составляет всего 60% для экскаваторов с оборудованием прямая лопата и 45% для драглайнов.

Работами советских ученых создан новый метод разработки мерзлых грунтов — виброметод. Он основан на одновременном воздействии на разрушаемый грунт ударной и вибрационной нагрузок.

Энергоемкость виброметода невелика по сравнению с механическими. Это объясняется тем, что не расходуется дополнительная энергия на бесполезное измельчение разрушаемого материала, как при резании. Виброударные забойные органы разрушают грунт, не измельчая его, на куски во много раз более крупные, чем при резании.

При виброударном приложении нагрузки к мерзлому грунту происходит аккумулялирование энергии отдельных ударов в разрушаемом объеме. В результате этого с каждым ударом, часто

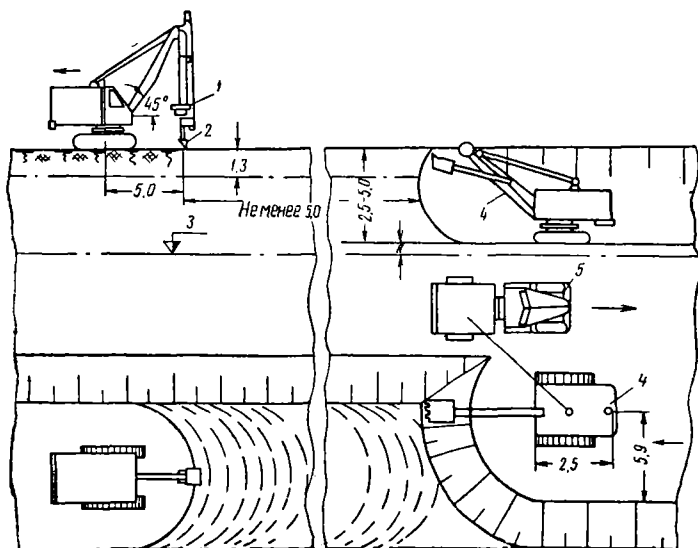


Рис. 58. Технология разработки грунта экскаватором с предварительным рыхлением мерзлого грунта дизель-молотом:  
 1 — дизель-молот на экскаваторе Э-652; 2 — клин; 3 — проектная отметка дна выемки; 4 — одноковшовый экскаватор; 5 — автомобиль-самосвал

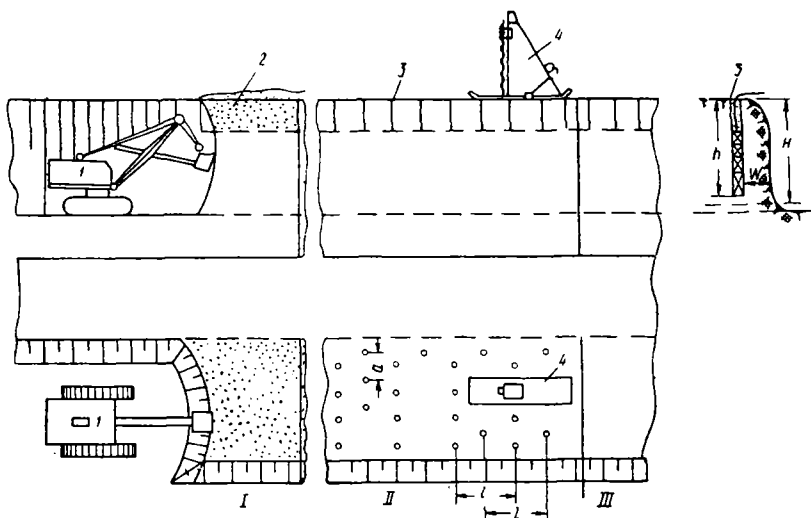


Рис. 59. Схема рыхления мерзлых грунтов взрывами с разборкой грунта одним экскаватором:  
 1 — экскаватор; 2 — взорванный грунт; 3 — шпур; 4 — буровой станок

та которых значительна, напряженное состояние грунта увеличивается и при достижении деформируемым объемом грунта предельного напряженного состояния происходит разрушение. Аккумуляция энергии в грунте способствует увеличению эффективности виброметода. Конструктивно виброударные забойные органы выполняют в виде рыхлителей на тракторе, ковше экскаватора, скрепере.

*Оттаивание* мерзлых грунтов — дорогая операция, применять которую можно только при небольших объемах работ, наличии дешевого энергоснабжения (электричества, пара, горячей воды, газа, инфракрасных лучей) и при срочном выполнении работ с обязательным технико-экономическим обоснованием.

*Рыхление грунтов взрывами* отличается от других методов в ряде случаев более высокой эффективностью. Мерзлые грунты рыхлят этим способом с соблюдением требований СНиП III-Б.4-62.

Рыхление взрывами экономически невыгодно при малой и выгодно при большой глубине промерзания:

Глубина промерзания, м	0,50	1,00	1,50	2,00
» шпуров, м	0,45	0,90	1,35	1,80
Удельный расход бурения, м/м <sup>3</sup>	3,75	0,94	0,42	0,23

В зависимости от глубины промерзания взрывные работы производят методом шпуровых зарядов (диаметр 40—70 мм) при глубине промерзания до 2 м, а более 2 м — методом скважинных зарядов (диаметр 90—110 мм). Большее распространение получил шпуровой метод (рис. 59) с применением выпирающего горна.

Процесс бурения механизуется путем применения буровых передвижных станков вращательного бурения. Назначая глубину бурения, следует учитывать, что наиболее эффективные результаты получают при глубине шпуров и скважин  $h=0,80—0,95$  от толщины ( $H$ ) мерзлого слоя. Кроме механического способа бурения, применяют термический с использованием термобура.

Величина зарядов шпуров рассчитывается по формуле

$$Q=qW^3, \quad (48)$$

где  $W$  — расчетная линия сопротивления, м (при методе шпуровых зарядов  $W=H$ ;  $H$  — глубина шпура;

$q$  — удельный расход ВВ (аммонит № 9), кг/м<sup>3</sup>. Для глинистых грунтов  $q=0,8—1,0$  кг/м<sup>3</sup>, для растительных и песчаных  $q=0,4—0,6$  кг/м<sup>3</sup>.

Наибольшая эффективность рыхления мерзлого грунта взрыванием достигается при двух обнаженных поверхностях. Поэтому необходимо первыми взрывами образовать вертикальный забой, а последующие заряды разместить параллельно образованному забою (на отвал). Во избежание смерзания и чтобы не создавать добавочного сопротивления весь взорванный мерзлый грунт необходимо убрать до взрыва следующей серии зарядов.



Более точно вес заряда определяют пробными взрывами. Забойку зарядов делают песком, гранулированным шлаком, смесью песка с глиной. Если температура наружного воздуха выше  $-20^{\circ}\text{C}$ , взрывные работы производят один раз в сутки, при температуре ниже  $-20^{\circ}\text{C}$  — ежесменно.

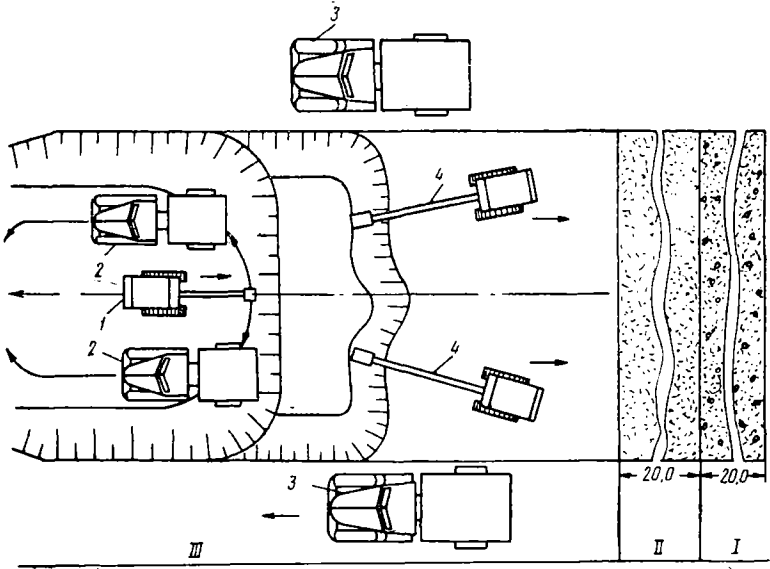


Рис. 60. Разработка мерзлого грунта взрывами с разборкой двумя экскаваторами:  
 1 — одноковшовый экскаватор 0,65 м<sup>3</sup>; 2 — автомобиль-самосвал ЗИЛ-5858; 3 — автомобиль-самосвал МАЗ-205; 4 — экскаватор-драглайн;  
 I — очистка снега и бурение шпуров; II — взрывание; III — разработка рыхлого грунта и погрузка в автомобили-самосвалы

Расстояние между зарядами зависит от глубины промерзания, диаметра шпуров или скважин:

Глубина промерзания $H$ , м	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0
Расстояние между зарядами $l$ , м, при диаметре шпура:					
45—50 мм	1,4—1,7H	0,9—1,1H	0,7—0,8H	—	—
60—70 мм	—	—	0,9—1,0H	0,7—0,8H	—
скважины:					
90—100 мм	—	—	—	0,7—0,85H	0,5—0,6H

Направление бурения шпуров и скважин вертикальное. Располагаются они в шахматном порядке. Расстояние между рядами зарядов  $a=0,85—0,90$  от расстояния между зарядами в ряду.

При рыхлении мерзлых грунтов взрывами работы ведут в три захватки (рис. 60). Величину захватки устанавливают в зависимости от сменной выработки экскаватора.

## § 52. Особенности организации работ в зимний период по разработке выемок, транспортированию грунта, отсыпке и уплотнению насыпей

В зимних условиях, когда в насыпь частично укладывают до 30% мерзлых грунтов, а талый грунт при транспортировании и укладке промораживается, земляные работы должны выполняться особенно интенсивно комплектами машин. Производство земляных работ в зимних условиях требует регулярного контроля качества работ, проверки количества и размещения мерзлого грунта, температуры талого грунта, послойной отсыпки и степени уплотнения в насыпях.

Проект организации земляных работ в зимний период разрабатывают в том же составе, как и для летних условий, но с учетом специфики зимних работ.

*Разработка выемок.* Производство земляных работ по разработке выемок организуют так, чтобы в процессе работы грунт в забое сохранялся в незамерзшем состоянии. Грунты резервов и выемок должны иметь влажность не выше оптимальной, а плотность не менее  $0,90 \cdot \sigma_{\max}$ , поскольку мерзлые комья сохраняют свою плотность при самом интенсивном уплотнении. Основные процессы в заоях выполняют одноковшовыми экскаваторами с оборудованием прямой лопата и драглайн.

В зимнее время можно применять гидромеханизацию для сооружения насыпей и разработки выемок из дренирующих грунтов (крупные и средней крупности пески, гравий). Целесообразность применения этого способа должна быть обоснована технико-экономическими расчетами.

После вскрытия забоя разработку грунта ведут в три смены во избежание повторного замораживания, прекращая ее только при снегопадах. В случае вынужденных перерывов в работе экскаватора, вследствие метеорологических причин (метели, бураны, сильные морозы) или выхода из строя машин необходимо тщательно утеплять забой, укрывая его теплоизолирующими материалами, во избежание промерзания грунта.

При разработке выемок выполняют следующие процессы: снимают, перемещают в отвал мерзлый грунт, разрабатывают грунт и уплотняют поверхность выемки. Планировку дна и откосов выемки, уплотнение, восстановление растительного слоя на поверхности выемок, расположенных на грунтовой части летнего поля, выполняют после оттаивания грунта в теплое время года.

При разработке выемок должен быть обеспечен отвод воды из них при таянии снега и весенних дождях. При сильном притоке грунтовых вод применяют искусственное понижение их уровня, открытый водоотлив и в исключительных случаях естественное замораживание грунта, которое замедляет темп работ, затрудняет их механизацию и может применяться с достаточным обоснованием.

Работу землеройных машин и транспорта увязывают с работой машин, выполняющих возведение насыпи с учетом, чтобы грунт с момента его разработки до окончания всей операции по укладке в насыпь (отсыпка, разравнивание и уплотнение) не смерзался. Автомобили следует применять большой грузоподъемности.

Для предотвращения намерзания грунта кузова автомобилей-самосвалов, ковши экскаваторов, отвалы бульдозеров смазывают специальной смазкой или мазутом. Состав смазки: 10 частей (по весу) хлористого кальция ( $\text{CaCl}_2$ ) и 1—1,3 части воды. Состав подогревают в течение 60 мин, помешивая, до полного растворения соли. Смазку наносят вручную кистями, краскопультом или пистолетом-автоматом на днище слоем 2 мм и стенки — 1 мм. Используют автомобили-самосвалы с кузовами, обогреваемыми отработавшими газами.

При больших морозах  $-20^\circ\text{C}$  талый грунт в кузовах покрывают камышовыми или соломенными матами. При назначении дальности возки следует учитывать время начала смерзания грунта в кузове.

*Устройство насыпей.* Для возведения насыпей в зимнее время согласно СНиП III-Б.1-62 допускаются без ограничения: предварительно разрыхленные скальные грунты, щебень, крупный и средней крупности песок. Глинистые грунты допускаются для отсыпки насыпей в зимнее время при условии их влажности, не превышающей границы раскатывания. Допускаются также мелкие и пылеватые пески при укладке и уплотнении их в талом состоянии.

Запрещается отсыпка насыпей из жирных глин, меловых, тальковых и трепельных грунтов.

Земляные работы по возведению насыпей состоят из следующих процессов: очистки основания ото льда и снега, а в случае необходимости снятия растительного грунта, послойной отсыпки минерального грунта, послойного уплотнения отсыпанного грунта. Растительный слой грунта на грунтовой части летного поля восстанавливают при устойчивых положительных температурах воздуха. Участки, на которых возводят насыпи, должны быть предварительно очищены от леса, кустарника, пней, мохового покрова и лесной подстилки.

Окончательно планируют насыпь только после ее полного оттаивания и при влажности грунта в ней не свыше допускаемой.

В зимнее время насыпи всегда надо возводить из талого грунта, поскольку при равной плотности несущая способность насыпей с включением мерзлых комьев после оттаивания ниже, чем насыпей из талого грунта. Лед и снег в земляном сооружении не допускаются. Укладка грунта во время сильных снегопадов и метелей должна прекращаться.

Если обстоятельства требуют укладки мерзлого грунта, то общее его количество, допускаемое в насыпи, должно быть не

более 25—30% при размере комьев менее 15 см и 20% при комьях больше 15 см. В этом случае предусматривается уплотнение машинами ударного действия, выполняющими работы на узком фронте при значительной толщине уплотняемых слоев грунта.

Если мерзлые комья находятся в указанных пределах, толщина отсыпаемого слоя талого грунта снижается против обычных условий на 20—25%.

При возведении насыпей из смеси талого и мерзлого грунтов необходимо обеспечить равномерное распределение мерзлых комьев с тем, чтобы не было их контактирования; в противном случае создается жесткий каркас, который как бы воспринимает уплотняющие нагрузки и резко снижает эффект уплотнения.

Перед отсыпкой насыпи основание тщательно очищают от снега и льда. Если не удается удалить с площадки под насыпь ледяную корку механическим способом, ее смывают водным раствором хлористого кальция концентрации 10—30% в зависимости от температуры воздуха. Для смыва используют автогудронатор. Норма розлива — 1,0—1,5 л/м<sup>2</sup>. После такой обработки ледяную корку легко удаляют автогрейдером или бульдозером. По окончании розлива бак гудронатора и гидросистему хорошо промывают водой.

Основное условие, обеспечивающее качество возводимых насыпей, это чтобы отсыпанный слой грунта не промерзал до отсыпки второго, второй — до отсыпки третьего и т. д.

Время начала смерзания влажного грунта определяется температурой наружного воздуха.

Температура наружного воздуха (минусовая), °С	5	10	20	30 и ниже
Начало смерзания грунта, мин.	90	60	40	20

При сильном ветре (более 3—4 баллов) эти промежутки времени уменьшают вдвое.

Если произошел перерыв в работе, то отсыпанный слой грунта сверху укрывают теплоизолирующими материалами. При возобновлении работы эти материалы убирают.

Технология и организация процесса по уплотнению грунта, требования к степени уплотнения и уплотняющим машинам аналогичны приведенным в § 34, но с учетом специфики зимних работ при следующем режиме работы уплотняющих машин (табл. 17).

Грунт отсыпают в насыпь слоями как можно большей толщины в зависимости от применяемых уплотняющих машин, что значительно уменьшает промерзание грунта в процессе возведения насыпи. Отсыпку ведут только горизонтальными слоями сразу на всю ширину с тщательным послойным уплотнением.

Если по условиям производства работ зимой досыпают верхнюю часть насыпи, возведенную летом, то только из дренирующих грунтов.

Таблица 17

Маши	Толщина слоя уплотнения в плотном теле, см	Количество проходов (ударов) по одному следу
Вибрационная машина (прицепной вибратор) Д-480	(25—30)	(2—3)
Катки на пневматических шинах:		
прицепной Д-263 весом 25 т	20—25	8—12
то же, ДСК-1 с независимой подвеской колес весом 15,5/26,5 т	(30—35)	(4—6)
полуприцепной Д-551 весом 30 т	25—30 (30—40)	8—10 (3—6)
Прицепной Д-326 весом 16/50 т	35—45 (60—70)	8—10
Прицепной кулачковый каток Д-220 весом 13/29 т	0,4—0,5	4—6
Прицепной решетчатый каток ЗУР-25	0,4—0,5	6—8
Трамбующая машина Д-471-Б	50—60 (70—80)	1—2 (1—2)
Трамбующие плиты:		
весом 1,5 т, высота падения 1 м	60—70 (80—90)	4—6 (2—4)
1,5 т    2	80—90 (100—110)	4—6 (2—4)

Примечание. Толщина слоя уплотнения и количество ударов приведены для связных грунтов, а в скобках — для несвязных.

С наступлением устойчивых положительных температур проверяют качество насыпи, отсыпанной в зимнее время, выявляют причины появления просадок и ликвидируют их подсылкой грунта с тщательным уплотнением.

*Охрана труда.* При производстве земляных работ в зимнее время необходимо соблюдать требования СНиП III-A.11-62. Взрывные работы выполняют в соответствии с «Едиными правилами безопасности при взрывных работах».

## Глава VIII ПРОИЗВОДСТВО ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ

К особым относятся сложные природные условия: это районы СССР с избыточным увлажнением и засушливые районы. В районах избыточного увлажнения расположены долголетнемерзлые грунты и болота. В засушливых районах преобладают засушли-

вые степи с засоленными грунтами, песчаные пустыни. На больших территориях распространены просадочные лессовые грунты и сыпучие пески.

Технология земляных работ в сложных природных условиях в ряде случаев коренным образом отличается от обычных, меняются режимы и условия выполнения строительных работ.

### **§ 53. Особенности производства земляных работ в районах распространения многолетнемерзлых грунтов**

Многолетнемерзлыми называют грунты, обладающие температурой ниже  $0^{\circ}\text{C}$ , которая не изменяется длительный период — от нескольких лет до десятков тысячелетий.

Вечная мерзлота в пределах СССР распространена весьма обширно. Она покрывает до 50% территории страны и занимает площадь 10 млн. км<sup>2</sup>.

Под аэродромы используют площадки, которые сложены каменистыми, гравелистыми и песчаными сухими грунтами на глубину 10 м и более, с залеганием мерзлых грунтов на глубине, превышающей 5—6 м, а также сложенные грунтами, которые при оттаивании не переходят в плавунное состояние, с близким залеганием коренных скальных пород, строительные свойства которых не меняются при замерзании и оттаивании; допустимы сухие места с обеспеченным водоотводом, слабопокатыми склонами южной экспозиции и сухие хорошо дренированные террасы речных долин.

В условиях многолетнемерзлых грунтов приняты два метода выполнения земляных работ: полное сохранение мерзлого состояния грунта в основании в процессе строительства и эксплуатации; ускорение оттаивания мерзлых грунтов — увеличение деятельного слоя (с предварительным улучшением строительных свойств грунтов естественного основания).

Метод ускорения оттаивания применяется в южных районах распространения мерзлых грунтов. Мощность мерзлого слоя в этих районах не превышает 5—7 м при температуре  $-1^{\circ}\text{C}$  в зоне нулевых сезонных колебаний.

Технология производства работ в этих условиях следующая: с территории аэродрома удаляют мохорастительный слой, торф, илистые грунты. Все углубления засыпают местным грунтом и уплотняют.

Метод сохранения грунтов основания в мерзлом состоянии находит широкое применение в более северных районах на тундровых участках побережья арктических морей при сливающейся мерзлоте, неглубоком залегании подземного льда и грунтах, которые подвержены пучению. Срезок грунта не допускают, моховой покров и торф оставляют нетронутыми, чем обеспечивают положение верхней поверхности многолетнемерзлых грунтов на необходимом уровне.

При наличии крупносkeletalных грунтов земляные работы по второму методу производят, как в обычных условиях.

В ряде случаев при строительстве больших аэродромов можно применять одновременно оба способа выполнения земляных работ.

Сохранение многолетней мерзлоты достигают следующими мероприятиями:

*устройством защитной зоны* шириной не менее 50 м вдоль контуров летного поля, РД, МС и автомобильных дорог. В этой зоне принимают меры к защите тундрового покрова от механического повреждения: запрещено движение транспорта, прогон скота, выполнение каких-либо работ, связанных с повреждением тундрового слоя;

*локализацией* или *ликвидацией термокарстовых явлений* оврагообразования, угрожающих летному полю аэродрома и его сооружениям: восстановление поврежденных участков тундрового покрова, заделка глубоких колеи, термокарстовых трещин мохоторфом слоями 10—20 см. Мохоторф заготавливают в начале лета, просушивают в штабелях, а укладывают непосредственно перед отсыпкой грунтов;

*отсыпкой термоизолирующих насыпей.* Такие насыпи возводят в контурах ВПП, РД и МС, на полосах безопасности и обочинах. Отсыпка насыпи — послойная. Грунт должен быть фильтрующий, однородный по всей высоте насыпи. Отсыпку насыпи на участках с явно выраженными поперечными уклонами рекомендуют с верхней стороны; на водораздельных участках — по оси водораздела; на равнинных — по оси ВПП.

На тундровых участках насыпь отсыпают летом талым грунтом на оттаявшие грунты деятельного слоя. Зимой отсыпают насыпи только на полосах безопасности и на участках временных автомобильных дорог.

Планирование производства земляных работ на том или ином участке осуществляют с учетом времени года, свойств и состояния грунтов.

Как правило, зимой целесообразно разрабатывать выемки в льдонасыщенных грунтах, которые при оттаивании приобретают текучую консистенцию. Во всех других случаях вопрос целесообразности разработки выемок в разные периоды года решается технико-экономическим сравнением с учетом характеристики многолетнемерзлых грунтов (температуры, условий их залегания, льдонасыщенности, наличия подземных льдов, состояния грунтов после оттаивания, температурного режима в районе строительства).

Способы разработки выемок: рыхление грунта взрыванием и разработка механическим способом; послойное естественное оттаивание грунта (рис. 61) с разработкой экскаваторами, бульдозерами, скреперами повышенной проходимости (уширенные гусеницы тягачей, баллоны низкого давления из морозоустой-

чивой резины). Послойное оттаивание грунта применяют при устройстве выемок и карьеров в дренирующих грунтах при обеспечении возможности движения землеройных машин и транспорта.

Оттаивание вечномерзлых грунтов проводят игловым гидрооттаиванием, фильтрационно-дренажными способами с помощью дренажных и оросительных канав, дождеванием и солнечной радиацией. Оттаивание гидроиглами происходит в результате теплопередачи холодной воды. Воду нагнетают в толщу мерзлоты через стальную трубу с буровой коронкой на конце. Иглу погружают на необходимую глубину станками вращательного бурения. Воду под напором  $30-45 \text{ кг/см}^2$  подают центробежными насосами. Этот способ применяют на участках с супесчаными грунтами, обладающими коэффициентом фильтрации  $5,0 \text{ м/сутки}$ .

Фильтрационно-дренажный способ применяют там, где преобладающая часть мерзлых земляных масс состоит из галечно-гравелистых грунтов, фильтрационная способность которых не

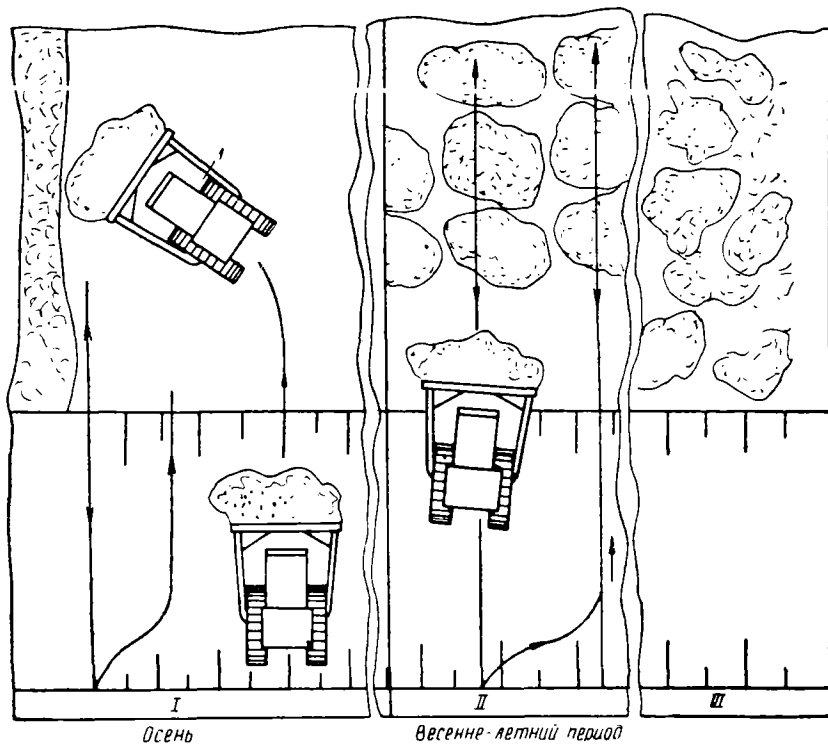


Рис. 61. Схема технологического процесса

1 — бульдозер; 2 — каток на

I — снятие тундровой дернины и обвалование; II — разработка грунта, V — профилирование



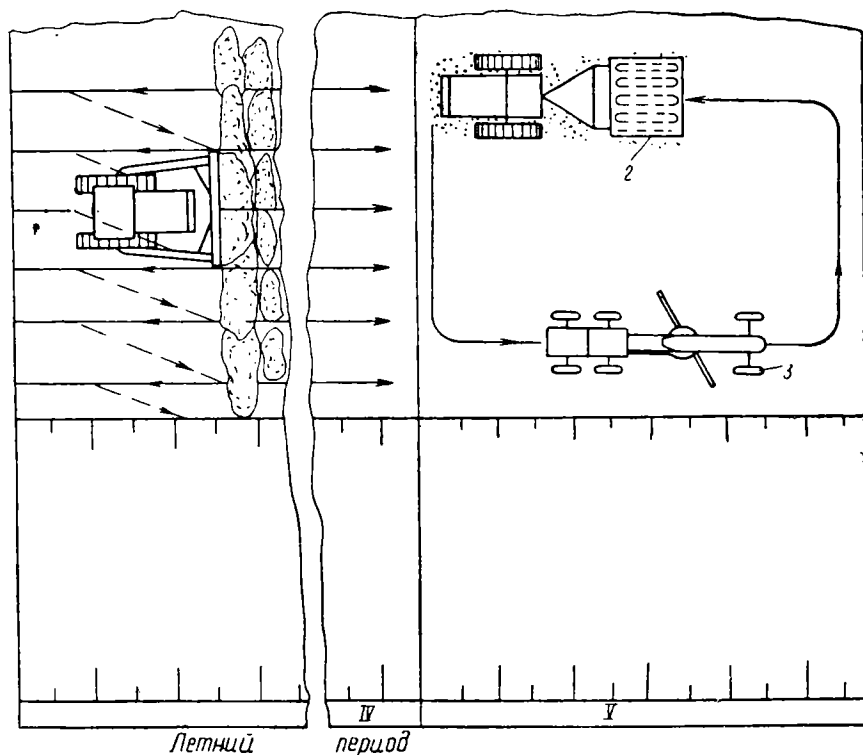
ниже 5,0 м/сутки. Способ основан на фильтрации воды в грунтах через дно и стенки оросительных канав вследствие разности уровня воды оросительного и дренажного сооружения.

Дождевание основано на подаче холодной воды по шлангам под напором от водопроводной сети и разбрызгивании из труб с отверстием.

Оттаивание солнечной радиацией малоэффективно, и его используют в комплексе с другим удалением растительного мохового покрова, очисткой и зачернением снега, удалением почвенного слоя. Стоимость оттаивания 1 м<sup>3</sup> грунта различными способами приведена ниже:

Гидроигловое	30—60 коп.
Фильтрационно-дренажное	10—20 »
Дождевание	7—10 »

На рис. 62 показана схема технологического процесса производства таких работ.



устройства выемок послойным оттаиванием:  
 пневматических шинах; 3 — автогрейдер;  
 укладка в валы; III — подсушка грунта; IV — разравнивание валов;  
 и уплотнение грунта

При взрывном способе, который имеет большое распространение, необходимо соблюдать следующие правила:

не допускать больших перерывов в работе во избежание вторичного смерзания грунта;

устанавливать навесы над колодцами и шурфами, укрывать их на время перерыва в работе теплоизолирующими материалами.

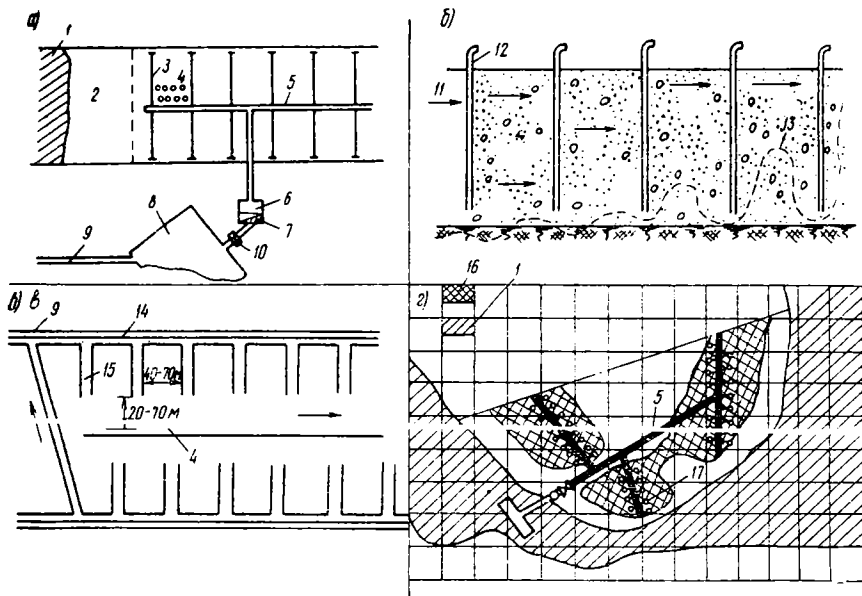


Рис. 62. Оттаивание вечномерзлых грунтов:

*а* — игловое; *б* — гидроигловое; *в* — дренажное; *г* — дождеванием;

1 — отработанный участок; 2 — подготовленный участок; 3 — коллектор; 4 — расположение гидроигл; 5 — магистральный водовод; 6 — насосная станция; 7 — приемок; 8 — отстойник; 9 — водоотводная канава; 10 — шлюз-регулятор; 11 — направление фильтрующего потока; 12 — гидроигла; 13 — граница мерзлоты; 14 — распределительная канава; 15 — оросительная канава; 16 — дренажный канал; 17 — трубы-оросители

Для получения удовлетворительных результатов при разработке мерзлых глинистых пород рассредоточивают заряды воздушными промежутками; бурят дополнительные короткие скважины для дробления верхней корки мерзлых пород; используют короткозамедленное взрывание скважин по врубовым схемам и обеспечивают плотность забойки зарядов.

Специфика работ в районе многолетней мерзлоты предъявляет особые требования к землеройным машинам и автомобилям-самосвалам.

Для разработки грунта в карьерах рекомендуются экскаваторы с ковшом емкостью не ниже  $0,65 \text{ м}^3$ , полуприцепные скреперы —  $8\text{—}10 \text{ м}^3$ , бульдозеры. Работу скреперов организуют с толкачами. Скреперы выгодны при разработке талых осушенных песчаных и галечниковых грунтов в летнее время. Автомо-

били-самосвалы и землевозы применяют грузоподъемностью не более 5—7 т.

Для отделочных работ наиболее эффективны прицепные грейдеры и автогрейдеры. Уплотнять грунты рекомендуется прицепными катками на пневматических шинах весом 25—30 т, трамбующими машинами и мощными виброплитами.

### § 54. Возведение насыпей на болотах

Болотистые грунты — неустойчивые и неблагоприятные для строительства аэродромов. Постройка аэродромов на заболоченных участках — трудоемкая и дорогая работа.

Таблица 18

Болота бывают трех типов:

I — сплошь заполненные торфом устойчивой консистенции, подстилаемые достаточно плотными минеральными грунтами;

II — с торфяной корой, подстилаемой илом (сапропелями);

III — заполненные жидкими торфами с плавающей торфяной коркой (сплавинные болота).

Аэродромы на болотах II и III типа, как правило, не строят. При необходимости площадку выбирают с наименьшей глубиной торфа.

Производство земляных работ на болотах зависит от их глубины (рельефа дна), типа торфов, составляющих залежь, степени разложения торфа, илестости болота и т. д.

Исходя из глубины болот I типа, можно рекомендовать и методы производства земляных работ (табл. 18).

Наиболее надежным методом производства работ является полное удаление торфяного слоя (выторфовывание) из-под ВПП, РД, МС и замена его устойчивым грунтом.

Полное выторфовывание (рис. 63) производят экскаваторами-драглайнами до минерального дна с последующим заполнением крупнозернистым или среднезернистым песком и отвозкой торфа автомобилями-самосвалами или землевозами за пределы аэродрома. Дренарующий грунт для засыпки доставляют из карьера. Засыпку ведут с уплотнением трамбующими плитами на кранах, экскаваторах и навесными виброуплотнителями.

Лучшее использование транспорта достигается при отвозке торфа теми же автомобилями, которые доставляют песок.

Глубина до минерального дна, м	Метод производства работ и применяемые машины
До 2	Полное выторфовывание экскаваторами с рабочим оборудованием. Драглайн, бульдозеры, скреперы, автомобили-самосвалы
2—4	Полное выторфовывание и дренажные прорези. Бульдозеры, экскаваторы и автомобили-самосвалы
Более 4	Вертикальные дрены. Установка для устройства дрен, экскаваторы, автомобили-самосвалы

Стоимость выторфовывания болот резко возрастает с увеличением их глубины. При глубине свыше 6 м выторфовывание трудно осуществимо и экономически нецелесообразно.

Для ускорения осадки мощных слоев торфа и илистых морских отложений применяют метод вертикальных дренажей. Дре-

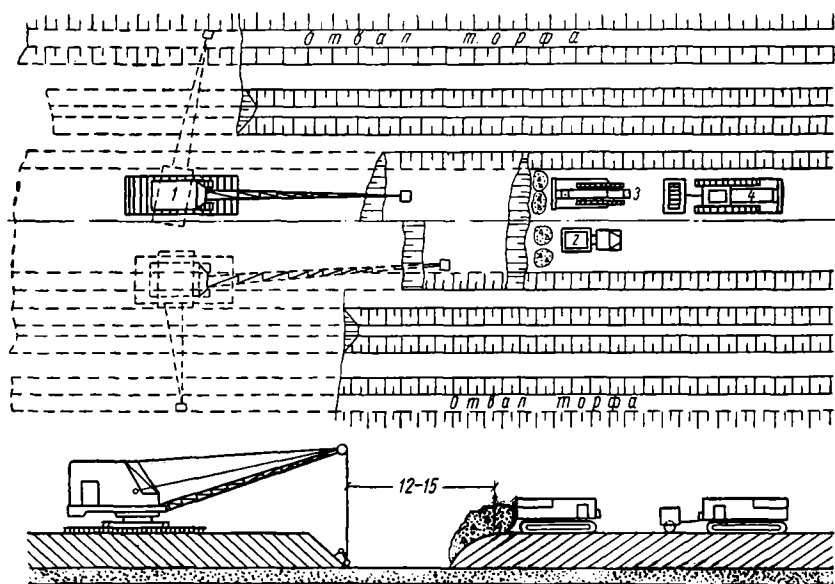


Рис. 63. Выторфовывание болота двумя продольными траншеями: 1 — экскаватор-драглайн; 2 — автомобиль-самосвал; 3 — бульдозер; 4 — трамбующая плита на экскаваторе

ны размещают на расстоянии 3—5 м друг от друга. Число дрен на 1 км земляного полотна — 1740 шт. Скважины диаметром 30—60 см для дрен устраивают до минерального дна и заполняют крупнозернистым песком (рис. 64). Вертикальные дрены уменьшают путь фильтрации воды, насыщающей поры грунта, благодаря чему срок уплотнения сокращается в десятки раз. Дрены обеспечивают 80—90% осадки насыпи за 3—4 месяца. Под весом насыпного слоя вода выжимается из торфяного слоя по кратчайшему пути к вертикальной дрене и по ней выходит на поверхность. Дрены ускоряют осадку насыпного слоя в 20—25 раз. По сравнению со сплошным выторфовыванием устройство дрен в 2,5—4 раза дешевле.

Для устройства дрен используют установку (см. рис. 64), в которую включены: экскаватор с крановой стрелой, металлическая направляющая стойка с опорным башмаком, вибропогружатель. К верхней части обсадной трубы сбоку приварен бункер для заполнения дрены песком. Наконечник трубы состоит из

четырёх конических лопастей. В закрытом состоянии лопасти удерживаются свободно надевающимся кольцом.

В комплект установки входит экскаватор малой мощности для подачи песка в приёмный бункер обсадной трубы.

*Порядок работы.* Вначале устраивают рабочий слой из песка на всей площади с разравниванием и уплотнением. Затем экскаватор с направляющей стойкой и подвешенной обсадной трубой устанавливают в месте устройства вертикальной дрены.

Включением вибропогружателя заглубляют обсадную трубу в торф на требуемую глубину. Затем через бункер подают песок в трубу, заполняя ее на глубину погружения. После этого трубу

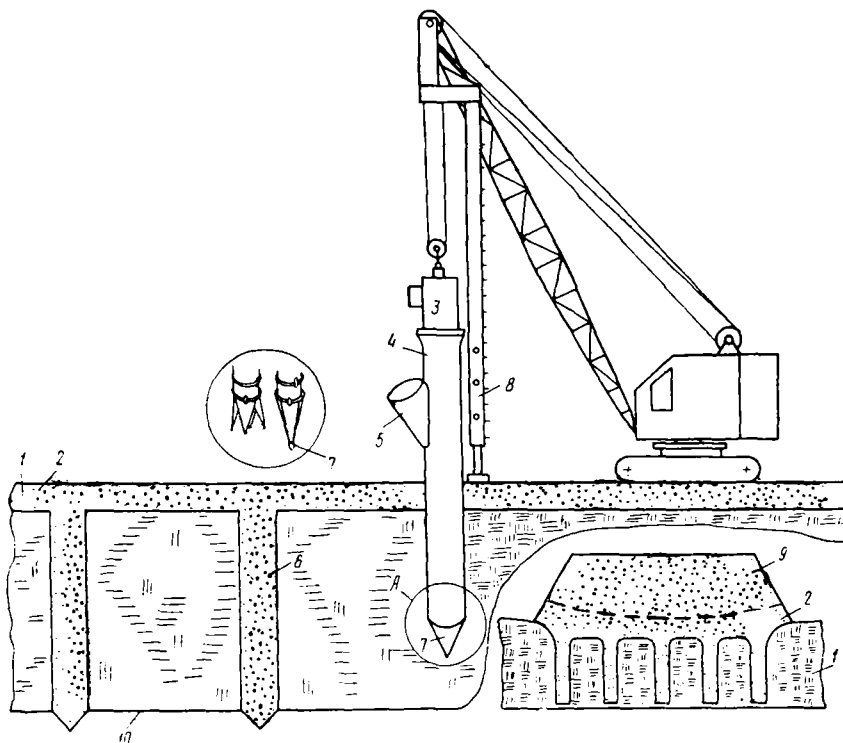


Рис. 64. Схема технологического процесса возведения насыпи на болоте с устройством песчаных дрен:

1 — болото; 2 — рабочий слой крупнозернистого песка толщиной 0,5 — 1,0 м; 3 — вибромолот; 4 — обсадная труба; 5 — загрузочная воронка для песка; 6 — дрена; 7 — наконечник обсадной трубы; 8 — телескопическая опора; 9 — насыпь; 10 — минеральное дно болота

извлекают подъемным канатом при включенном вибропогружателе. Лопасты наконечника трубы раскрываются, и в торфяной толще остается вертикальная дрена, заполненная песком. После устройства дрен возводят насыпь до проектных размеров. Дли-

тельные перерывы после устройства дрен, а также в процессе возведения насыпи не допускаются.

Наиболее эффективно дренирование торфа со средней степенью разложения.

Более просто и дешевле, чем вертикальные дрены, дренажные прорези (рис. 65). Они экономнее при глубине торфяного слоя от 1,5—3,0 м. Траншеи (прорези) разрабатывают экскаватором-драглайном, который передвигается по инвентарным сланям от первой прорези к последующим под углом 60°. Движение под таким углом предохраняет траншеи от обрушения под действием веса экскаватора. Движение экскаватора показано стрелками (см. рис. 65). Торф из прорезей отвозят теми же автомобилями-самосвалами, которые доставляют крупнозернистый песок для их засыпки. Песок засыпают в открытые прорези немедленно бульдозером. Перерывы в процессе возведения насыпи не допускаются. Так же, как и при устройстве вертикальных дрен, работу выполняют в торфе, который обладает способностью удерживать хотя бы короткое время вертикальные откосы. Ширину прорезей назначают на 15—20% больше ширины ковша используемого экскаватора.

#### § 55. Производство земляных работ в засоленных грунтах

В зависимости от строения засоленной толщи грунта, происхождения и степени засоления грунты делят на солончаки и солонцы.

*Солончаки* — грунты, в поверхностных слоях которых, начиная с поверхности и до глубины 1—2 м и более, находятся в свободном состоянии легкорастворимые хлористые, серноокислые и углекислые соли натрия. Солончаки встречаются в засушливых областях СССР (в V зоне) как сплошными массивами, так и отдельными пятнами.

*Солонцы* содержат в поглощающем комплексе в верхних почвенных горизонтах карбонаты натрия почти при полном отсутствии легкорастворимых солей. Солонцы распространены в IV и V зонах, способны к сильному набуханию, плохо фильтруют и медленно просыхают.

В сухое время года грунты с хлоридным и сульфатно-хлоридным засолением образуют твердую малопылящую поверхность, которая после дождя становится липкой и скользкой. Грунты, содержащие серноокислые соли магния и натрия, в засушливые периоды разрыхляются из-за увеличения объема солей при кристаллизации, образуя *пухлые* солончаки.

Накопление солей в верхних почвенных горизонтах меняется в течение года. В июле — августе эти накопления наибольшие. В орошаемых районах их больше осенью.

Засоленные грунты, как правило, распространены на территории с близким уровнем грунтовых вод (солончаки) либо с ограниченным стоком (солонцы, такыры).

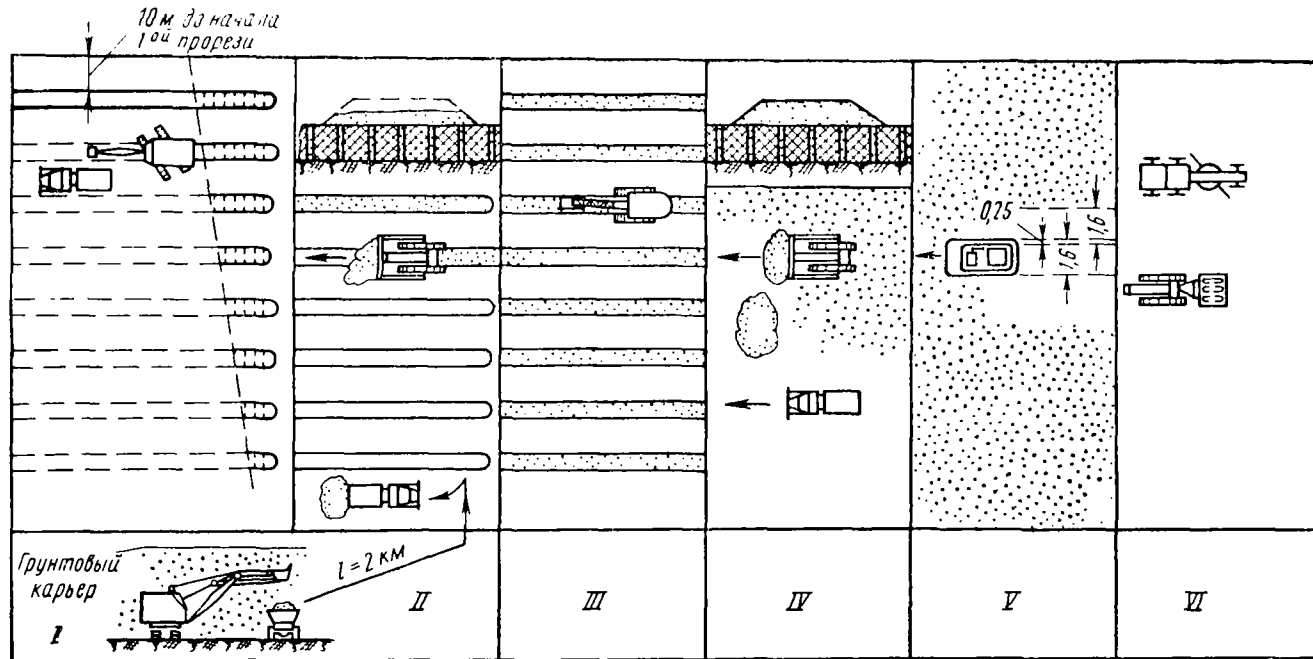


Рис. 65. Схема технологического процесса устройства насыпей с дренажными прорезами: I — устройство прорезей экскаватором-драглайном с погрузкой торфа на автомобиль-самосвалы; II — подвозка дренирующего грунта и засыпка прорезей; III — уплотнение грунта в прорезях трамбующей плитой; IV — подвозка дренирующего грунта для досыпки насыпи до проектных размеров; V — виброуплотнение насыпи; VI — планировка, укатка и отделочные работы

Засоленные грунты не оказывают существенного влияния на устойчивость грунтового основания и дорожных одежд. Влияние солей на физико-механические свойства грунтов заметно проявляется лишь в присутствии воды.

Основным условием, обеспечивающим устойчивость насыпей из засоленных грунтов, является защита их верхних слоев от увлажнения поверхностными и грунтовыми водами, что достигается увеличением высоты насыпи, применением капилляроррывающих прослоек, обеспечением отвода поверхностных вод, тщательным послойным уплотнением грунта в насыпи, устройством монолитных водонепроницаемых покрытий с применением органических вяжущих материалов.

Для возведения насыпей можно использовать местные засоленные грунты, не заменяя их привозными. Насыпи, отсыпанные даже из избыточно засоленных грунтов, сохраняют устойчивость при условии удаления их верхних слоев от источников увлажнения и наличия водонепроницаемого покрытия аэродрома.

Гравийные капилляроррывающие прослойки в связных грунтах способствуют расслоению верхних слоев земляного полотна. В дренирующих грунтах они не нужны. Возвышение бровки земляного полотна (или дна корыта) над уровнем грунтовых вод, обеспечивающее устойчивость верхних слоев грунта в холодное время года и предохраняющее от переувлажнения и засоления, составляет для мелких песков 1,2 м, для связных грунтов 2,0 м.

В насыпи не допускаются засоленные грунты, содержащие водорастворимые соли в количестве более 8% при хлоридном и сульфатно-хлоридном засолении и более 5% таких солей при сульфатном, хлоридно-сульфатном и содовом засолении. Степень засоления грунта проверяют в лаборатории до начала производства земляных работ.

В слабозасоленных грунтах при обеспечении надежного водоотвода земляные работы производят теми же способами, что и в обычных условиях. На мокрых солончаках насыпи возводят, как на мягких (слабых) основаниях, с расчетом на осадку, величину которой определяют так же, как и при возведении насыпей на болотах.

Засоленные грунты обычно залегают в местах с высоким уровнем стояния грунтовых вод (не более 0,8—1,0 м), поэтому на солончаках обязательны планировочные работы. При этом поверхность летного поля поднимают на безопасное расстояние над уровнем грунтовых вод с устройством в случае необходимости понижающего дренажа или капилляроррывающих прослоек.

Технология возведения насыпи из привозного грунта включает следующие операции: снятие бульдозером или автогрейдером «пухлого» и неустойчивого слоя и удаление его за пределы участ-



ка работ; разработку грунта экскаватором в карьере с перемещением его транспортными средствами; отсыпку насыпи горизонтальными слоями, толщину которых устанавливают в зависимости от типа уплотняющих машин. Нижний слой отсыпают из привозных, хорошо дренирующих грунтов.

Возведение насыпей на солончаках допускают при условии, если грунтовые воды находятся не ближе 1 м от поверхности земли. Грунт разравнивают горизонтальными слоями бульдозерами или автогрейдером толщиной до 25 см при связных и до 30 см при песчаных грунтах.

В качестве уплотняющих машин используют катки на пневматических шинах, самоходные трамбующие машины, плиты на кранах, тракторах, виброплиты.

Солонцы, тяжелые солонцеватые грунты и тяжелые глины во избежание налипания уплотняют при влажности, равной 0,90 от оптимальной. При большей влажности грунтов уплотнение каждого слоя начинают лишь после его предварительного подсушивания на воздухе. Грунты с меньшей влажностью искусственно увлажняют.

При засоленных грунтах, влажность которых близка к оптимальной, требуемая плотность грунта в насыпи может быть достигнута с меньшей (на 20—30%) затратой работы уплотняющих машин.

При устройстве грунтовых оснований под покрытия засоленные грунты должны быть улучшены гранулометрическими или химическими добавками хлористого кальция, извести-пушонки, а также веществами, гидрофобизирующими грунт. Улучшенную поверхность укатывают тяжелым катком на пневматических шинах с независимой подвеской колес.

Земляные работы на засоленных грунтах с высоким уровнем грунтовых вод выполняют в летний и осенний периоды (до начала дождей) при связных грунтах; при песчаных грунтах — в весенний период и в начале лета.

В условиях сильного засоления грунтов небольшие насыпи возводят в весенний период, когда засоление грунта в верхних горизонтах понижается.

При назначении технологии производства земляных работ на засоленных грунтах принимается во внимание степень их засоления. В засоленных грунтах поперечные водоотводы следует устраивать чаще, чем в обычных условиях (не реже чем через 500 м).

## § 56. Производство земляных работ в лессовых и карстовых районах

*Лессы* — грунты пылеватого состава, палевого окраски, легко истираются в пыль, неравномерно размываются и являются просадочными, при переувлажнении пьлвуют.

Весной лессовые массивы покрываются густым травяным покровом, что объясняется наличием в этих грунтах питательных веществ. Травяной покров сохраняется недолго и быстро выжигается солнцем, так как лесс плохо удерживает влагу у поверхности.

Перед возведением насыпи рекомендуется устраивать искусственное основание толщиной 0,6 м, выступающее из-под подошвы насыпи на 2,5—3,0 м с каждой стороны с тщательным уплотнением. Для устройства искусственного основания используют навесную фрезу, каток. При рыхлении грунта фрезой его увлажняют до нижнего предела пластичности. Искусственное основание целесообразно устраивать и в выемках на всю ширину между откосами. Такое основание способствует беспрепятственному движению строительного транспорта.

Чтобы предотвратить просадки, устанавливают защитную зону шириной до 60 м в каждую сторону от границ аэродрома. В этой зоне не допускают поливное орошение. Нельзя закладывать резервы, строить каналы и возводить постройки, в тени которых и под ними может накапливаться конденсат влаги. На этой полосе следует размещать огороды и сады при условии орошения дождеванием.

*Карстовые районы* в СССР распространены в Европейской части и в Средней Азии. Постройка аэродромов в этих условиях представляет большую сложность, поскольку имеется опасность разрушения при развитии карстовых процессов, происходящих в толще легкорастворимых горных пород (гипс, каменная соль). На поверхности появляются углубления в виде провалов, рытин, борозд. Образуется карстовый рельеф. В карстовых районах избегают устройства аэродрома.

## § 57. Производство земляных работ в районах поливного земледелия

Орошаемые районы занимают обширные территории в южных районах СССР, и их относят к географическим зонам пустынь и полупустынь.

Особенности этих районов — сочетание жаркого засушливого лета с влажным и холодным зимне-весенним периодом с частой сменой положительных и отрицательных температур, сочетание равнинного рельефа с горным; во многих районах — весьма малыми уклонами местности, затрудняющими поверхностный водоотвод; преимущественное распространение малоустойчивых лессовых грунтов, относящихся по гранулометрическому составу к пылеватым суглинкам и супесям; искусственное орошение, вызывающее возможность подтопления площадки аэродрома.

Площади аэродрома защищают от увлажнения поверхностными и грунтовыми водами и от затопления оросительной системой.

В районах искусственного орошения земляное полотно обычно возводят только в насыпях.

На рис. 66 показан вариант технологического процесса производства земляных работ при устройстве летного поля вблизи канала. В этом случае одновременно с устройством летного поля отрывают и коллектор. Грунт из коллектора используют для

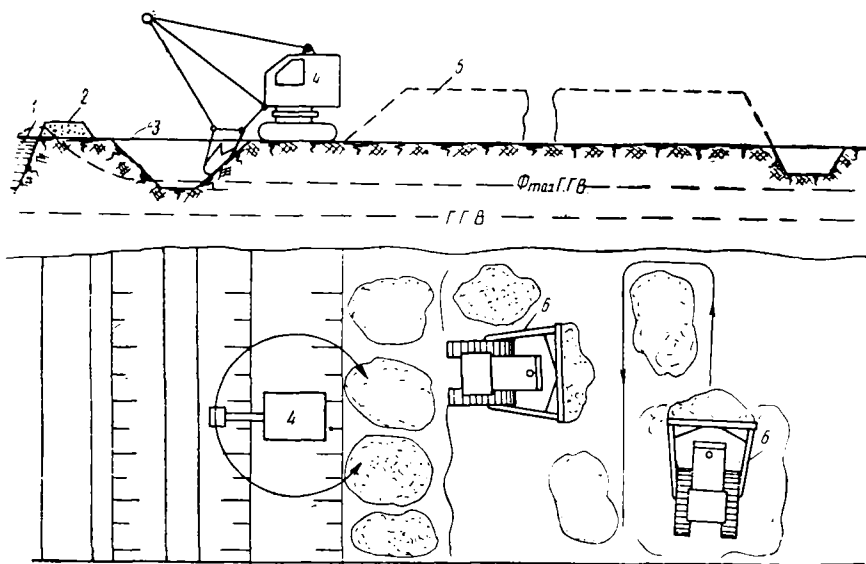


Рис. 66. Схема технологического процесса производства земляных работ одновременно с устройством коллектора в грунтах с избыточной влажностью:

1 — магистральный канал; 2 — бера; 3 — коллектор; 4 — экскаватор; 5 — насыпь; 6 — бульдозер

насыпи, отсылая ее послойно экскаватором-драглайном. Если грунт, вынутый из коллектора, имеет избыточную влажность, его подсушивают. В этом случае целесообразно использовать два экскаватора. Интервал движения их равен времени, необходимому для подсушки грунта (от двух до пяти дней). Просушенный до оптимальной влажности грунт послойно разравнивают бульдозером и уплотняют.

В районах поливного земледелия грунты на протяжении круглого года, как правило, находятся в состоянии избыточного увлажнения. Земляные работы можно производить методом последовательных добавок сухого грунта.

При использовании воздушно-сухого лессового грунта порядок работ следующий: рассыпают равномерным слоем воздушно-сухой грунт по поверхности уплотняемого слоя, перемешивают его, добавляют следующую порцию воздушно-сухого грунта и т. д.

Последующие добавки сухого грунта вносят при насыщении влагой первой дозы, что можно наблюдать по изменению цвета внесенной добавки грунта.

Все перечисленные мероприятия направлены на доведение избыточно влажного грунта до оптимальной влажности, при которой эффективна работа уплотняющих машин.

## § 58. Производство земляных работ в районах песчаных пустынь и полупустынь

Природные условия этих районов также имеют свою специфику: жаркий засушливый климат, малое количество осадков в году (100 мм и менее). Наибольшее количество осадков бывает в зимне-весенний период. В районах песчаных пустынь главным образом распространены одномерные мелкие пески, не закрепленные и частично закрепленные растительностью. Пески, не закрепленные растительностью, постоянно передвигаются под воздействием ветра в виде ветропесчаного потока и подвижных форм рельефа — барханов, барханных цепей.

В зависимости от степени покрытия растительностью пески различают:

	Площадь, покрытая растительностью, %
Незаросшие (барханные)	0
Слабозаросшие	Менее 15
Полузаросшие	15—35
Заросшие	Более 35

Барханные и слабозаросшие пески обладают способностью к поступательному движению и к перестройке склонов под действием ветра. Заросшие и полузаросшие пески образуют неподвижные формы рельефа, но в районах их залегания возможно образование ветропесчаного потока.

При уничтожении растительности на заросших и полузаросших песках они в короткий срок превращаются в барханные и образуют подвижные формы рельефа. Различное состояние песков значительно влияет на способы и технологию производства земляных работ.

В условиях распространения подвижных песков при выборе площадки под аэродром учитывают следующие требования, которые диктуют и способы производства земляных работ: летное поле должно быть защищено от заноса песком, существующая растительность заросших песков — сохранена. При устройстве аэродрома в насыпях их возводят за счет поперечной надвигки песка с прилегающих полос, планируемых для защиты аэродрома от песчаных заносов.

В заросших и полузаросших песках земляное полотно устраивают в нулевых отметках. Разрабатывая выемку, ее выполняют по типу раскрытых выемок с откосами 1 : 10.

На песчаных массивах, прилегающих к аэродрому, устраивают охранную зону шириной 1 км вокруг аэродрома (рис. 67). В пределах этой зоны после окончания строительства запрещаются: все виды земляных работ, движение транспорта, прогон скота, работы, связанные с заготовкой топлива, сена, выпас скота.

Основные методы защиты аэродрома от заноса песками — закрепление охранной зоны посевом трав, посадками деревьев,

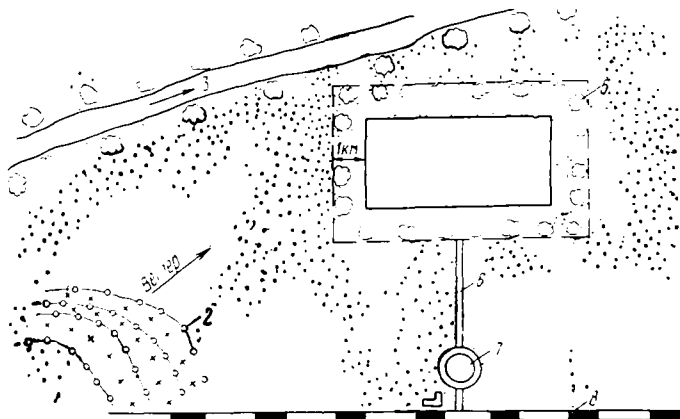


Рис. 67. Охранная зона аэродрома при постройке его в районе песчаных пустынь:

1 — механическая защита; 2 — посадка растений; 3 — река; 4 — аэродром; 5 — охранная зона; 6 — автомобильная дорога; 7 — город; 8 — железная дорога

кустарника (фитомелиорация). На период прорастания семян и укрепления корневой системы растений используют механическую защиту. Сплошные облесения охранной зоны надежно обеспечивают остановку движения песков. От выдувания посадок и посевов предохраняют устильно-рядовой защитой путем укладки камыша или травы поперечными рядами через каждые 2—4 м к направлению ветра. Можно применять для этой цели щиты из камыша или травы размерами 2×2 или 4×4 м. Щиты вкапывают в песок на глубину 20—30 см. Не разрешается использовать тростниковые щиты. Трубки тростника, вкопанные в землю, энергично выводят водяные пары и быстро иссушают пески. Всякого рода щиты можно устраивать лишь в качестве временных мероприятий. Накапливая большие массы песка, они становятся источниками мощных пескозаносов. Хорошие результаты дает закрепление песков битумной эмульсией, разливаемой автогудронатором.

Все земляные работы выполняют в зимне-весенний период. Для предотвращения выдувания песка работы по отсыпке насыпей ведут непрерывно. Вслед за отсыпкой их немедленно

укрепляют. Укрепление песков на площади, прилегающей к аэродрому выполняют одновременно с земляными работами. Насыпи в районах подвижных песков возводят бульдозерами и экскаваторами-драглайнами.

Одноразмерные барханные пески не поддаются уплотнению даже при увлажнении, а поэтому их используют без уплотнения. Обычно через 3—3,5 месяца происходит самоукатывание до нор-

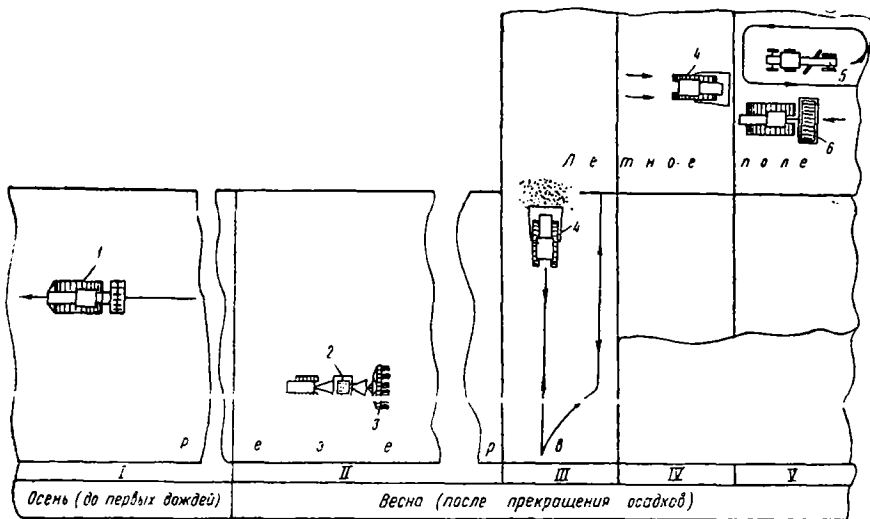


Рис. 68. Схема технологического процесса экранирования грунта:

1 — навесная фреза; 2 — каток с гладкими вальцами; 3 — борона; 4 — бульдозер; 5 — автогрейдер; 6 — каток на пневматических шинах;

I — экранирование грунта; II — рыхление; III — разборка и перемещение грунта на летное поле; IV — послойное разравнивание; V — профилирование

мы. Ввиду округлой формы песчаных частиц хорошее уплотнение может быть достигнуто 20-процентными добавками осколочатого известнякового помола. Такая добавка обеспечивает прочную заклинку песка при укатке. Известняковый материал часто встречается в пустынях в виде тонкоплиточных трегичных известняков, помол которых на зерна требуемой формы не представляет трудности.

Средства механизации и рабочие органы машин работают в тяжелых условиях. Ножи и зубья требуют частой заточки, смены. Требуется более частая смазка трущихся деталей, смена масла в картере двигателя, чистка фильтров. Имеется специфика в регулировке рабочих органов и механизмов машин, которую следует учитывать механикам при обслуживании. Используются строительные машины с хорошей проходимостью: ходовое оборудование на баллонах низкого давления (с устойчивой про-

тив жары резиной) с бескамерными шинами. Системы охлаждения и очистки воздуха должны быть приспособлены для работы в пустыне, кабины машин — иметь вентиляцию и хороший обзор.

В условиях засушливой зоны довести грунт до оптимальной влажности искусственным поливом с тем, чтобы обеспечить качественное его уплотнение, как правило, бывает невозможно. Одним из эффективных способов, предложенных Среднеазиатским филиалом Союздорнии, является способ *экранирования*. Этим способом накапливают и сохраняют атмосферные осадки в грунтах карьеров, расположенных неподалеку от строительной площадки.

Экранирование грунта (рис. 68) производится путем рыхления его боронами и рыхлителями на глубину 15—20 см. Это приводит к уменьшению испарения влаги из грунта вследствие разрушения почвогрунтовых капилляров и меньшей теплопроводности разрыхленного слоя. Экранирование ведут осенью до первых дождей.

Весной после прекращения осадков при влажности верхнего слоя грунта 100% оптимальной влажности рыхление повторяют. После рыхления грунт укатывают легким катком с гладкими вальцами в сцепе с бороной. В результате уменьшается пористость слоев грунта, непосредственно подстилающих экран, и уменьшается движение парообразной воды снизу вверх. После этого грунт разрабатывают, перемещают на площадку аэродрома, уплотняют и планируют.

## Глава IX

### ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

#### § 59. Состав и последовательность разработки потока земляных работ

Специализированный поток земляных работ состоит из частных потоков по снятию растительного грунта, работ с минеральным грунтом, по восстановлению растительного грунта и планировочных работ (рис. 69).

Специализированный поток является составной частью объектного потока по строительству летной зоны аэродрома, разрабатывается одновременно с последним и поэтому должен быть увязан со всеми специализированными потоками по строительству аэродрома (подготовительные работы, устройство дренажно-водосточной сети, строительство аэродромных покрытий и оснований и т. д.).

Строительная организация, оснащенная землеройной техникой и квалифицированными кадрами рабочих, разрабатывает проект потока земляных работ в следующем составе.

1. Схема разбивки летного поля на участки очередности производства работ.
2. Технологические карты на каждый вид земляных работ, подлежащих выполнению (снятие растительного грунта, разработка выемок, отсыпка насыпей, восстановление растительного грунта и т. д.).
3. Рациональное комплектование машин в звенья и бригады, для выполнения отдельных видов земляных работ.
4. График потока земляных работ.

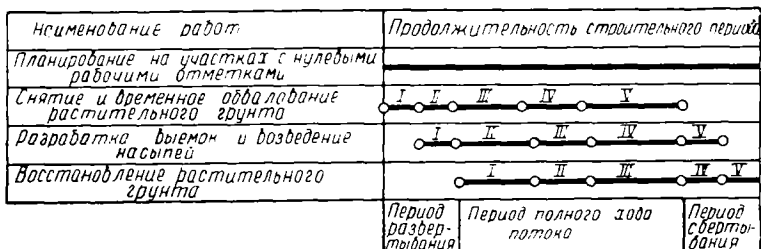


Рис. 69. График производства земляных работ поточным методом:  
I — V — участки очередности производства земляных работ

5. Календарный график выполнения отдельных видов земляных работ по участках очередности.

Строительная организация после окончания работ на одном объекте перебрасывается на другой, где, как правило, объем, характер и сроки выполнения земляных работ отличны от работ, выполненных на предыдущем объекте. Поэтому может возникнуть необходимость в доукомплектовании или частичной замене землеройной техники, находящейся в распоряжении данной строительной организации.

Задача инженера-строителя заключается в том, чтобы выбрать наиболее целесообразные землеройные машины, учитывая конкретные условия строительства аэродрома.

Разработку проекта производства земляных работ целесообразно вести в такой последовательности:

1. Установить по проекту вертикальной планировки объем земляных работ, который необходимо выполнить на летном поле, и расстояния перемещения земляных масс отдельно для каждого вида работ (по минеральному и растительному грунту).

2. Установить в пределах директивного срока строительства аэродрома дату наиболее раннего начала потока земляных работ и дату наиболее позднего его окончания. Выделить в пределах намеченного срока действия потока зимний период и периоды весенней и осенней распутиц. Дату начала потока земляных работ необходимо скорректировать с датой окончания подготовительных работ в необходимом объеме для начала и успешного



развития потока земляных работ и датой окончания на первом участке очередности предшествующего потока (устройство коллатора).

3. Установить наиболее экономичные способы комплексной механизации производства работ с минеральным и растительным грунтом в зависимости от расстояния перемещения, климатических условий намеченного периода действия потока, грунтов летного поля и геометрических размеров выемок и насыпей.

4. Определить с учетом выбранных способов производства работ продолжительность потоков земляных работ с минеральным и растительным грунтом.

Вычислить продолжительность выполнения каждой рабочей операции с учетом периода развертывания потока земляных работ.

5. Составить перечень рабочих операций по каждому частному потоку (снятие растительного грунта, работы с минеральным грунтом, восстановление растительного грунта, планировочные работы на летном поле).

6. Подсчитать нормативную трудоемкость каждой рабочей операции. Определить необходимое количество рабочих звеньев для выполнения каждой рабочей операции в период времени, установленный в п. 4 для каждой рабочей операции.

7. Подсчитать стоимость выполнения каждой рабочей операции, стоимость единицы рабочей операции и общую стоимость производства земляных работ. Сопоставить конкурирующие способы производства работ и выбрать наиболее экономичный.

Необходимое количество машин целесообразно определять по форме, указанной в табл. 19.

8. Укомплектовать машины в отряды и звенья для выполнения отдельных видов земляных работ.

9. Разработать (при отсутствии типовых) технологические карты на каждый вид земляных работ (снятие и восстановление растительного грунта, разработка выемок, возведение насыпей, планировочные и агротехнические работы).

10. Разработать график потока земляных работ. Разбить участки очередности производства земляных работ на захватки.

11. Составить календарный график выполнения земляных работ.

При выборе машин для производства земляных работ следует отдавать предпочтение тем, которые при хорошем качестве работ обеспечивают наибольшую производительность рабочих, занятых выполнением технологического процесса, при наименьшей стоимости единицы продукции.

Лучшие показатели имеют более мощные машины, а следовательно, и более производительные. Но обязательным условием при этом является полная загрузка машины в течение каждой рабочей смены на протяжении всего периода строительства при работе ее не менее чем в две смены. Кроме того, геометрические

№ рабочих операций	Наименование рабочих операций	Количество
<i>I. Снятие и обвалование растительного грунта</i>		
1	Снятие и перемещение растительного грунта на расстоянии 200 м, м <sup>3</sup>	5500
2	То же, на расстоянии 250 м, м <sup>3</sup>	13680
3	» » » 300 » »	25350
4	Оформление растительного грунта в валы, м <sup>3</sup>	44530
<i>II. Разработка выемок и возведение насыпей</i>		
5	Разработка и перемещение грунта на расстоянии 400 м, м <sup>3</sup>	60000
6	Разработка грунта с погрузкой в автомобиль, м <sup>3</sup>	143500

Таблица 19

Состав звена	Норма времени звена по ЕНПР, ч	Производительность звена в смену	Трудоемкость, звено-смен	Продолжительность выполнения рабочей операции, смен	Необходимое количество звеньев для выполнения рабочей операции
Скрепер 6 м <sup>3</sup> с трактором С-100 — 1 Машинист 6 разр. — 1	0,0255	275	20	200	0,10
То же »	0,0307	228	60	200	0,30
	0,0360	195	130	200	0,65
Бульдозер на тракторе С-100 — 1 Машинист 5 разр. — 1	0,0065	1080	41	200	0,20
Скрепер 6 м <sup>3</sup> с трактором С-100 — 1 Машинист 6 разр. — 1	0,0465	150	400	200	2,00
Экскаватор 0,5 м <sup>3</sup> — 1 Машинист 6 разр. — 1 Машинист 5 разр. — 1	0,0200	350	410	200	2,05

7	Разработка и подача грунта к экскаватору (50% от объема грунта п. 6), м <sup>3</sup>	72000
8	Перемещение грунта на расстояние 1000 м, м <sup>3</sup>	143500
9	Разравнивание грунта в насыпи слоями толщиной 30 см, м <sup>3</sup>	143500
10	То же	60000
11	Уплотнение грунта слоями 30 см за 8 проходов, м <sup>3</sup>	143500
12	То же	60000
<i>III. Восстановление растительного грунта</i>		
13	Набор и перемещение растительного грунта на расстояние 200 м, м <sup>3</sup>	5500
14	То же, на расстоянии 250 м, м <sup>3</sup>	13680
15	» » » 300 » »	25350
16	Планировка поверхности растительного грунта, м <sup>2</sup>	300000
17	Прикатка растительного грунта за четыре прохода, м <sup>3</sup>	44530

Бульдозер на тракторе С-100 — 1	0,0065	1080	67	200	0,33
Машинист 5 разр. — 1					
Автомобиль-самосвал 3,5 т — 1	0,1000	70	2050	200	10,20
Водитель — 1					
Бульдозер на тракторе С-100 — 1	0,0014	5000	29	200	0,15
Машинист 5 разр. — 1					
То же	0,0014	5000	12	200	0,06
Каток на пневматических шинах 25 т с трактором С-100 — 1	0,0055	1280	112	200	0,56
Машинист 5 разр. — 1					
То же	0,0055	1280	47	200	0,24
Скрепер 6 м <sup>3</sup> с трактором С-100 — 1	0,0255	275	20	200	0,10
Машинист 6 разр. — 1					
То же	0,0307	228	60	200	0,30
»	0,0360	195	130	200	0,65
Тяжелый автогрейдер — 1	0,0014	4800	63	200	0,31
Машинист 6 разр. — 1					
Каток на пневматических шинах с трактором С-100 — 1	0,0035	2000	22	200	0,11
Машинист 5 разр. — 1					

№ рабочих операций	Наименование рабочих операций	Количество
<i>IV. Планировочные работы</i>		
18	Планировка летного поля (насыпей и выемок), м <sup>2</sup>	1600000
19	Уплотнение летного поля, поверхностей насыпей и выемок за шесть проходов, м <sup>2</sup>	1600000
<i>V. Устройство, ремонт и содержание землевозных дорог</i>		
20	Грубая планировка поверхности грунта, м <sup>2</sup>	1000000
21	Планировка землевозных путей, м <sup>2</sup>	190000
22	Укатка землевозных путей за 6 проходов, м <sup>2</sup>	600000

Продолжение табл. 19

Состав звена	Норма времени звена по ЕНиР, ч	Производительность звена в смену	Трудоемкость, звено-смен	Продолжительность выполнения рабочей операции, смен	Необходимое количество звеньев для выполнения рабочей операции
То же (см. п. 16)	0,0014	4800	333	200	1,67
То же (см. п. 17)	0,0013	5100	312	200	1,56
Бульдозер на тракторе С-100 — 1 Машинист 5 разр. — 1	0,0003	20000	50	200	0,25
Тяжелый автогрейдер — 1 Машинист 6 разр. — 1	0,0014	4800	40	200	0,20
Каток на пневматических шинах с трактором С-100 — 1 Машинист 5 разр. — 1	0,0013	5100	120	200	0,60

размеры выемок и насыпей должны соответствовать мощности машины (высота забоя для экскаваторов, толщина срезаемого грунта для скреперов и т. д.).

## **§ 60. Очередность и продолжительность производства земляных работ на летном поле**

Современные средства механизации земляных работ позволяют сразу же после отсыпки насыпи приступить к строительству искусственных покрытий.

Поэтому необходимо так запроектировать очередность производства земляных работ, чтобы выполнить их сначала на участке, где предполагают в первую очередь начать работы по строительству аэродромных покрытий, и этим обеспечить фронт работ по строительству покрытий.

Участки очередности производства земляных работ назначают так, чтобы в первую очередь были выполнены работы в пределах корыта ВПП, ее обочин и концевых полос безопасности; во вторую — в пределах РД, МС и перрона; в третью — на грунтовой части летного поля.

Размеры в плане первого участка очередности земляных работ в пределах корыта ВПП должны быть не менее размеров первого участка очередности работ по устройству покрытий. Размеры остальных участков очередности земляных работ должны обеспечивать наиболее эффективное использование машин и механизмов, участвующих в потоке земляных работ.

Сроки постройки аэродрома устанавливают на основании государственного плана (директивный срок). Финансирование и обеспечение строительства материально-техническими ресурсами происходит в соответствии с установленными директивными сроками строительства.

К производству земляных работ на площади корыта можно приступить при благоприятных погодных условиях, после того как на первой очереди будут построены коллекторы.

Применение землеройной и транспортной техники становится возможным, когда грунт оттает и подсохнет настолько, что не будет налипать на рабочие органы машин и его можно будет уплотнять в насыпи.

Закончить производство земляных работ следует осенью, так как затяжные дожди настолько переувлажняют грунт, что станет невозможным его разрабатывать, перемещать и уплотнять в насыпи. Этот период совпадает с периодом окончания осенних полевых работ.

Обильные осадки летом могут также создать неблагоприятные погодные условия, и производство земляных работ в связанных грунтах необходимо прекратить до того времени, пока грунт не подсохнет.



Ориентировочная продолжительность строительного периода для производства земляных работ в связных грунтах по данным Е. Ф. Левицкого и Л. А. Преферансовой изменяется в значительных пределах в зависимости от климатической зоны района строительства (табл. 20). При установлении продолжительности строительного сезона необходимо учесть данные длительного прогноза погоды, грунтовые условия летного поля и опыт производства земляных работ в аналогичных условиях.

При работе в несвязных грунтах продолжительность строительного сезона значительно увеличивается; иногда производство земляных работ становится возможным и при отрицательных температурах. Следовательно, при разработке проекта производства земляных работ не следует ориентироваться только на летний период. В каждом конкретном случае следует максимально увеличивать продолжительность строительного периода за счет производства работ в осенний и даже зимний период. Но для этого необходимо заранее выделить и подготовить участки, где можно выполнять земляные работы в эти периоды года.

После того как будут закончены земляные работы на площадке корыта, приступают к производству земляных работ на летном поле. С этого периода земляные работы и строительство покрытий выполняют параллельно независимо друг от друга и они могут быть закончены одновременно с окончанием директивного срока строительства. Количество рабочих дней в календарном году  $T_{\text{раб}}$ , в течение которых можно выполнять земляные работы на аэродроме, будет равно количеству календарных дней  $T_{\text{к}}$  от даты начала этих работ до даты их окончания за вычетом праздничных и выходных дней  $T_{\text{праз}}$  и дней простоев по метеорологическим условиям  $T_{\text{прост}}$

$$T_{\text{раб}} = T_{\text{к}} - T_{\text{праз}} - T_{\text{прост}}. \quad (49)$$

Количество рабочих смен будет равно количеству рабочих дней, умноженному на коэффициент сменности для земляных работ. Коэффициент сменности для летного периода равен 2, для остального периода — 1,5—1 в зависимости от продолжительности светлого периода дня, когда для производства земляных работ на летном поле не требуется искусственного освещения. При необходимости работать в три смены требуется обеспечить искусственное освещение участков насыпи и выемки.

При разработке проекта производства земляных работ следует стремиться к тому, чтобы из общей продолжительности периода производства земляных работ выделить больше времени для выполнения каждой рабочей операции. Это позволит выполнить рабочую операцию наименее мощными машинами.

Продолжительность каждого частного потока (снятие растительного грунта, работа с минеральным грунтом, восстановление растительного грунта) равна продолжительности специализированного потока по производству земляных работ за вычетом пе-

Таблица 20

районы РСФСР	Климатические зоны	Сроки производства земляных работ в связанных грунтах			Количество нерабочих дней при работе в связанных грунтах			Количество рабочих дней в году при работе в связанных грунтах
		дата начала работ	дата конца работ	календарное количество дней	выходные и праздничные дни	количество непогожих дней	итого нерабочих дней	
Европейская часть РСФСР	1-я	5/VI	25/IX	112	16	13	29	83
	2-я (северная подзона)	10/V	10/X	153	22	12	34	119
	2-я (южная подзона)	25/IV	20/X	179	27	14	41	138
	3-я	20/IV	30/X	183	30	9	39	144
	4-я	1/IV	15/XI	228	36	9	45	183
	5-я	25/III	25/XI	245	39	7	46	199
	Горы и предгорья Черноморское побережье	25/III	20/XI	240	38	17	55	185
	5/III	20/XII	290	46	26	72	218	
Западная Сибирь	2-я (северная подзона)	20/V	30/IX	134	19	17	36	98
	3-я	5/V	10/X	157	23	6	29	128
	4-я	1/V	10/X	163	25	4	29	134
	Горы и предгорья	5/V	10/X	157	23	10	33	124
	Высокогорные районы Алтая	1/VI	25/IX	116	17	16	33	83
Восточная Сибирь (южная часть)	1-я (южная часть)	20/V	30/IX	133	19	9	28	105
	2-(северная подзона)	25/V	30/IX	128	19	16	35	93
	3-я	10/V	5/X	148	21	3	24	124
	4-я	5/V	10/X	157	23	4	27	130
	Горы и предгорья (северная часть)	5/V	5/X	122	22	16	38	84
	Горы и предгорья (южная часть)	1/VI	20/IX	111	20	36	56	55
Дальний Восток	1-я	20/V	5/X	108	19	16	35	73
	2-я (южная подзона)	1/V	15/X	167	26	20	46	121
	3-я	15/IV	5/XI	204	31	18	49	155
	Горы и предгорья	20/V	20/X	158	22	15	37	121

риода развертывания специализированного потока, т. е. интервала времени от включения в работу машин, занятых выполнением на первой захватке первой рабочей операции по снятию растительного грунта до включения в рабочую операцию машин по восстановлению растительного грунта. Продолжительность периода развертывания специализированного потока зависит от способа выполнения работ интенсивности частных потоков и минимально необходимых размеров участков для включения в работу машин каждого последующего частного потока.

Ориентировочная продолжительность периода развертывания потока при скреперном способе производства работ равна 10—15, при экскаваторном — 20—25 и при выполнении работ средствами гидромеханизации — 30—50 сменам.

### § 61. Комплектование бригад

При комплектовании машин в бригады для выполнения частных потоков следует стремиться к максимально возможному разделению труда и, следовательно, поручать бригаде наиболее простые функции. Для производства земляных работ на летном поле целесообразно организовать отдельные бригады для: снятия растительного грунта; разработки выемок и возведения насыпей; восстановления растительного грунта; планировочных работ на летном поле; устройства, ремонта и содержания железнодорожных путей.

Обязательное условие при комплектовании бригад — полная загрузка работой основных машин в течение всего времени действия частного потока. Если основные машины в бригаде не полностью загружены, то бригаде следует поручить выполнение родственных рабочих операций. Так, например, бригаде, занятой снятием растительного грунта, можно поручить восстановление растительного грунта и даже производство земляных работ с минеральным грунтом. Если и в этом случае не представляется возможным полностью загрузить бригаду работой, то следует подобрать менее мощные машины.

Применительно к случаю, представленному в табл. 19, может быть рекомендован следующий состав бригад:

#### Бригада № 1 — снятие и обвалование растительного грунта

скрепер Д-222 . . . . .	1 (1,05)
бульдозер Д-271 на тракторе С-100	1 (0,20)

#### Бригада № 2 — разработка выемок и возведение насыпей

скреперы Д-222 . . . . .	2 (1,00)
экскаваторы Э-505 . . . . .	2 (1,02)
автомобили-самосвалы . . . . .	10 (1,02)
бульдозер Д-271 на тракторе С-100	1 (0,54)
каток Д-263 с трактором С-100	1 (0,80)

Бригада № 3 — восстановление растительного грунта

скрепер Д-222 . . .	1 (1,05)
автогрейдер Д-144 . . .	1 (0,31)
каток Д-263 с трактором С-100	1 (0,11)

Бригада № 4 — планировочные работы на летном поле

автогрейдеры Д-144 . . .	2 (0,83)
катки Д-263 с тракторами С-100	2 (0,78)

Бригада № 5 — устройство, ремонт и содержание землевозных путей

бульдозер Д-271 на тракторе С-100	1 (0,25)
автогрейдер Д-144 . . .	1 (0,20)
каток Д-263 с трактором С-100	1 (0,60)

В скобках указана степень загрузки каждой машины, т. е. отношение расчетной производительности машины, исходя из скорости потока, к нормативной производительности этой машины.

В рассмотренном случае в бригадах № 4 и 5 основные машины не полностью загружены, поэтому целесообразно объединить эти бригады в одну и поручить ей работы по планировке летного поля и устройству землевозных путей. Состав бригады в этом случае будет: автогрейдеров — 2 (0,93), катков Д-263 с тракторами С-100—2 (1,06) и бульдозер Д-271—1 (0,25).

При комплектовании бригад необходимо стремиться к тому, чтобы не только основные, но и все остальные машины в бригаде были полностью загружены работой. При неполной загрузке какой-либо машины ей следует поручить родственную работу в других бригадах. Так, например, в рассмотренном случае бульдозеры в бригадах № 1, 2 и 5 не полностью загружены работой. Все работы, перечисленные в табл. 19, может выполнить один бульдозер, при этом степень загрузки его будет равна 0,99. Целесообразно этот бульдозер включить в бригаду № 2, где он имеет наибольшую загрузку (0,54), и поручить ему выполнение всех остальных работ на летном поле.

Аналогично можно поступить и с автогрейдером Д-144 в бригаде № 3, где степень загрузки его составляет 0,31. Работу этого автогрейдера в состоянии выполнить автогрейдеры бригады № 4. При этом степень загрузки их увеличится с 0,83 до 0,98.

## § 62. Разбивка участка работ на захватки

Для планирования потока земляных работ необходимо участки очередности работ разбить на захватки, размеры которых должны быть достаточными для маневрирования машин.

Размеры захваток для машин, работающих на снятии растительного и на разработке минерального грунтов, желательно назначать одни и те же. Но в этом случае трудоемкости работ

с растительным и минеральным грунтами будут неодинаковыми, поэтому и скорости потоков будут различными. Если скорость потока по снятию растительного грунта будет меньше, чем скорость потока по разработке минерального грунта, то для обеспечения нормальной работы основного потока необходимо усилить звено по снятию растительного грунта машинами, занятыми его восстановлением.

При разбивке участка очередности на захватки требуется руководствоваться удельным значением работ с растительным и минеральным грунтами. При больших объемах работ с минеральным грунтом, а следовательно, небольшим удельным значением работ с растительным грунтом разбивку захваток следует делать, исходя из равенства на захватках объемов работ с минеральным грунтом и не считаться с некоторой неравномерностью работ на захватках с растительным грунтом. Когда объемы работ с растительным грунтом относительно велики, следует стремиться к получению на захватках равных объемов работ с растительным грунтом.

Иногда целесообразно выделить из общего потока земляных работ как самостоятельный лоток по снятию растительного грунта. В этом случае размеры захваток для машин по снятию растительного грунта будут не равны размерам захваток для машин по разработке минерального грунта, а трудоемкости работ на захватках для каждого самостоятельного потока — равными.

Для разбивки участка работ на захватки необходимо выделить из заданного общего объема или общей площади участка (захватки) с равными объемами или площадями. Задачу эту можно решить с помощью построения интегральной кривой объемов или площадей. При совпадении направления перемещения грунта с одной из сторон сетки квадрата контура выемки построение интегральной кривой выполняют в следующей последовательности (рис. 70). Подсчитывают поквadratные объемы по колонкам, параллельным направлению перемещения грунта. Далее, последовательно по нарастающим итогам суммируют объемы грунта по колонкам. Откладывая объемы на оси, параллельной направлению перемещения грунта, получаем интегральную кривую.

Если контур выемки следует разделить на определенное число захваток, то на это число необходимо разделить ординату, на которой отложены объемы работ. Полученные точки на ординате сносят на интегральную кривую и далее переносят их на ось абсцисс. Линии, проведенные параллельно направлению перемещения грунта через точки на оси абсцисс, разделят выемку на необходимое число захваток, равновеликих по объему.

Если направление перемещения грунта не совпадает с осями сетки квадратов, то интегральную кривую можно построить по плану с изолиниями рабочих отметок в следующей последова-

тельности (рис. 71). Контур выемки разбивают на колонки, параллельные направлению перемещения грунта. Для подсчета

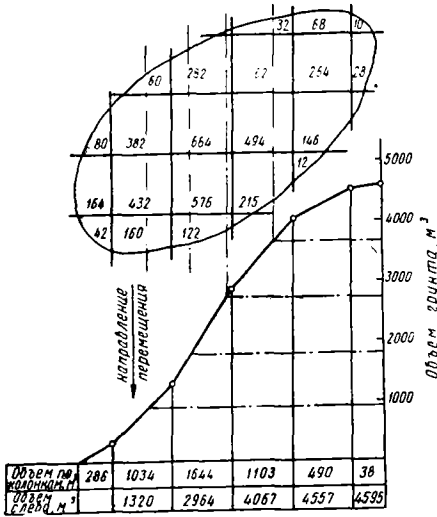


Рис. 70. Деление выемки на захватки, параллельные осям сетки квадратов

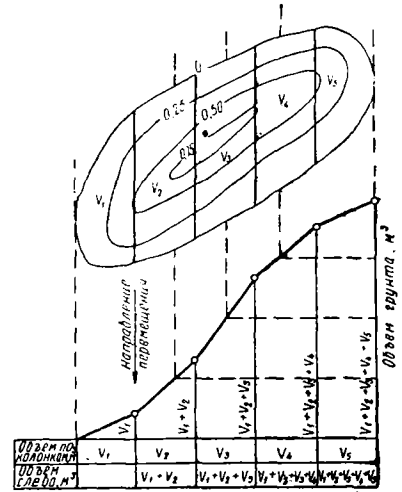


Рис. 71. Деление выемки на захватки по плану в изолиниях

объема грунта в колонках можно воспользоваться способом вертикальных профилей. Дальнейшее построение интегральной кривой аналогично, как и в первом случае.

### § 63. График потока земляных работ

При разработке календарного плана (графика) производства земляных работ поточным методом устанавливают даты начала и окончания работы каждой бригады на каждом участке очередности (захватке).

Исходным материалом при разработке календарного графика служат план разбивки контуров выемок и насыпей на участки очередности с указанием объемов работ  $V$  по каждому специализированному потоку и сведения о составе бригады с указанием ее производительности  $\Pi$  по специализированному потоку.

Зная объем работ  $V$  и производительность бригады  $\Pi$ , можно вычислить время, необходимое бригаде для выполнения работ на захватке как частное от деления.  $\frac{V}{\Pi}$

Календарный график потока может быть представлен в виде линейного графика, циклограммы или сетевого графика. Наибо-

лее наглядное представление о движении бригад по участкам очередности можно получить при построении циклограммы (рис. 72). По оси абсцисс откладывают время в рабочих сменах, по оси ординат — участки очередности. Построение циклограммы начинают с нанесения линии 1 (рис. 72), отражающей движение по участкам очередности первой бригады, занятой снятием растительного грунта.

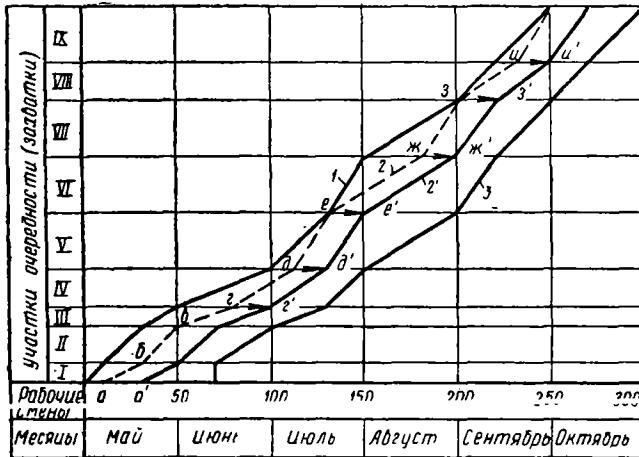


Рис. 72. Циклограмма потока земляных работ:

1 — движение по участкам очередности первой бригады, удаляющей растительный грунт; 2 — движение второй бригады, разрабатывающей выемку и возводящей насыпи (первый вариант); 2' — движение второй бригады (второй вариант); 3 — движение третьей бригады, восстанавливающей растительный грунт

Включение в работу второй бригады, занятой разработкой выемок и возведением насыпей, станет возможным, когда на первом участке очередности бригада № 1 закончит работы по снятию растительного грунта; поэтому линию 2 следует начать в точке *a*.

После нанесения на график второй линии проверяют, нет ли «нагона», т. е. не начинает ли работу вторая бригада на каждом участке очередности раньше, чем закончит работу первая бригада.

На рис. 72 такие нагоны происходят в точках *г*, *д*, *е*, *ж*, *з*, *и*. Для того чтобы исключить нагон, необходимо линию 2 сдвинуть вправо на расстояние, равное наибольшему отрезку между одноименными буквами без штриха и со штрихом (эти отрезки показаны стрелками). После перенесения начала линии 2 из точки *a* в точку *a'* нагон исключается.

Аналогичным образом наносят все последующие специализированные потоки.

**УСТРОЙСТВО ДРЕНАЖНО-ВОДОСТОЧНОЙ СЕТИ**

**§ 64. Состав работ по устройству дренажно-водосточной сети**

Трудоемкость и стоимость устройства дренажно-водосточной сети часто выше чем земляных работ. От качества выполнения дренажно-водосточной сети зависит устойчивость и долговечность искусственных покрытий и условия эксплуатации аэродрома.

Устройство элементов дренажно-водосточной сети для сбора воды с искусственных покрытий (лотки, дождеприемные колодцы, закомочные дрены, перепуски) включают в поток по строительству покрытий. К устройству дренажно-водосточной сети на летном поле (грунтовые лотки, осушители, собиратели) приступают после окончания планировочных работ на участках, где запроектированы элементы этой сети.

В самостоятельный поток выделяют работы по устройству водосточного коллектора. Этот поток должен опережать по времени земляные и планировочные работы на трассе коллектора.

Для того чтобы построить коллектор, необходимо выполнить рабочие операции в следующей последовательности: произвести разбивочные работы, открыть траншею коллектора, закрепить стенку траншей, зачистить дно траншеи по геодезическим отметкам, устроить основание под трубы коллектора, устроить смотровые колодцы, уложить трубы коллектора, заделать стыки труб, испытать трубы коллектора на водонепроницаемость, разобрать крепление стенок траншеи, засыпать траншею с послойным уплотнением грунта и произвести контроль уплотнения грунта в траншее.

При устройстве дренажно-водосточной сети должен осуществляться систематический контроль всех видов работ и промежуточная приемка отдельных элементов или участков водосточков, скрывааемых последующими работами.

**§ 65. Разбивка дренажно-водосточной сети**

Разбивочные работы заключаются в выносе на местность (в натуру) разбивочного плана дренажно-водосточной сети. Разбивку точек дренажно-водосточной сети выполняют от вынесенных ранее на местность основных линий ВПП, РД, МС. Основные точки элементов сети коллекторов, открытых канав, дрен закрепляют на местности знаками III типа (см. рис. 1).

В плане пикетные и плюсовые точки осей трасс устанавливают по теодолиту. После отрывки траншей механическим способом эти точки закрепляют обносками (рис. 73). При отрывке траншей вручную обноски устанавливают до отрывки траншей. Положение барьерной доски 2 по высоте закрепляют по нивели-



ру; гвозди 3 забивают по теодолиту. Для закрепления смотровых колодцев устанавливают две обноски на расстоянии 1,5—2,0 м от центра колодца.

В процессе устройства коллекторов обноски используют для разбивки и проверки в плане и по высоте элементов коллектора: дна траншеи, оснований под трубы и др. Положение в плане элементов коллектора между обносками устанавливают с помощью причалки, натянутой между барьерными досками, а по высоте — переносной визиркой. Барьерные доски в данном случае используют в качестве неподвижных визирок.

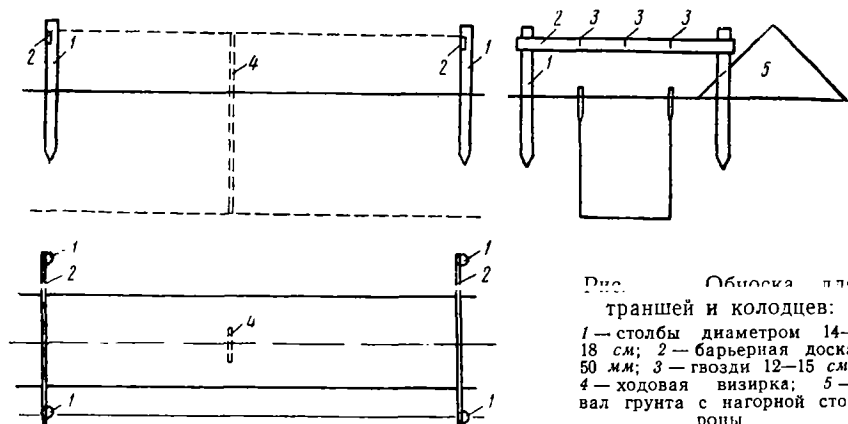


Рис. Обноски для траншей и колодцев:  
1 — столбы диаметром 14—18 см; 2 — барьерная доска 50 мм; 3 — гвозди 12—15 см; 4 — ходовая визирка; 5 — вал грунта с нагорной стороны

Для контроля правильности отрывки траншеи в плане рекомендуется закрепить колышками линию, параллельную оси траншеи в стороне, где она не будет повреждена. При отрывке траншеи экскаваторами целесообразно кромку траншеи обозначить колышками или приколками.

Для высотного геодезического контроля дренажно-водосточной сети вдоль трассы ее должны быть установлены временные реперы.

Вынос и разбивку водосточной сети производят от устья к верховью по участкам очередности производства этих работ. Разбивку и вынос на местность дренажно-водосточной сети оформляют актом с приложением ведомостей реперов и привязок.

## § 66. Отрывка траншей

Траншеи и каналы отрывают в направлении, противоположном току воды в них, с тем, чтобы в процессе работ всегда был обеспечен отвод воды из траншей и каналов.

Траншею отрывают с недобором до проектной глубины на 20 см при механизированной отрывке и 5 см при отрывке вруч-

ную в сухих грунтах или 20 см в насыщенных водой грунтах. Зачистку траншей до проектной глубины и планировку грунтового основания для обеспечения плотного опирания труб выполняют вручную непосредственно перед укладкой труб в траншеи.

При отрывке траншей следует избегать перебора грунта, так как потребуются дополнительные работы по выравниванию дна траншей грунтом, выброшенным из нее, с тщательным его уплотнением.

В скальных грунтах траншею отрывают глубже низа отметки трубы на 10—20 см для устройства искусственного основания под трубы коллектора. При укладке труб коллектора с гибкими стыками в скальных грунтах устраивают песчаную подушку толщиной 20 см.

Ширина траншей должна быть достаточной для размещения в ней рабочих, занятых устройством оснований, укладкой труб, заделкой стыков. Рекомендуемая ширина траншеи в зависимости от диаметра труб коллектора указана в табл. 21. После отрывки траншеи инструментами проверяют прямолинейность трассы и соответствие отметок дна траншеи проектным, которые не должны отличаться более чем на  $\pm 2$  см. Отклонение уклонов дна траншеи от проектных допускается не более  $\pm 0,5\%$  при обязательном соблюдении общего направления проектного уклона.

Таблица 21

Материалы труб	Наружный диаметр труб <i>Д</i> , м	Ширина траншеи по дну, м
Асбестоцементные муфтовые	До 0,5	$D+0,6$
» »	Более 0,5	$D+1,0$
Бетонные и железобетонные: раструбные	До 0,5	$D+0,6$
»	Более 0,5	$D+1,0$
муфтовые и фальцевые	До 0,5	$D+0,8$
» »	Более 0,5	$D+3,2$

По трудоемкости отрывка траншей составляет 40—60% от трудоемкости всех работ по устройству коллектора, поэтому эти работы должны быть полностью механизированы.

Следует выбирать такую машину, которая может отрыть траншею требуемых размеров и имеет производительность, соответствующую темпу строительства коллектора. Так, при наиболее часто встречающемся в практике строительстве аэродромов темпа строительства коллектора 50—100 м/смену, глубине 2,0 и ширине траншеи 1,5 м машина должна иметь производительность 150—300 м<sup>3</sup>/смену.

Роторные и многоковшовые экскаваторы имеют производительность в 5—10 раз большую, чем требуемая, поэтому при

данных темпах строительства коллектора эти экскаваторы будут загружены работой только на 10—20%. В этом случае для отрывки траншей целесообразно применить экскаваторы с обратной лопатой.

Во избежание обрушения стенок траншей не следует отрывать их с опережением работ по укладке труб более чем на 1—2 дня. Для защиты траншей от поверхностных вод с нагорной стороны устраивают валик из грунта (см. рис. 73). Минимальная глубина траншей должна быть такой, чтобы после укладки трубы коллектора слой засыпки грунта над трубой был не менее 50 см. Поэтому на участках насыпи, где глубина траншей получается меньшая, следует сначала отсыпать насыпь на требуемую высоту, а потом приступить к отрывке траншей.

### § 67. Крепление траншей

Во избежание несчастных случаев при внезапном обрушении стенок траншей и дополнительных работ по удалению обрушившегося грунта глубина траншей с вертикальными стенками не

Таблица 22

Грунт	Крутизна откосов при глубине траншей	
	до 3 м	более 3 м
Песок, гравий	1:1,25	1:1,50
Супеси	1:0,67	1:1
Суглинки	1:0,67	1:0,75
Глины	1:0,50	1:0,67

должна превышать для песчаных и гравелистых грунтов 1,0 м, для супесчаных и суглинистых грунтов 1,25 м и для тяжелых суглинков и глины с малой влажностью — 1,5 м.

При глубине траншей, более указанной, стены траншей следует крепить (рис. 74). Сплошное горизонтальное крепление (рис. 74, а) применяют в неустойчивых грунтах или при глубине траншей более

3 м. Для устройства такого крепления могут быть рекомендованы металлические клетки (рис. 75). Стойки устанавливают в сухих грунтах через 2 м, а в мокрых или сыпучих — через 1,5 м.

Горизонтальное крепление с прозорами (рис. 74, б) устраивают в суглинистых и глинистых грунтах при глубине траншей до 3 м и отсутствии грунтовых вод. Прозоры между досками в зависимости от состояния грунта, устраивают в 1—2 доски.

Сплошное вертикальное крепление стенок (рис. 74, в) применяют в неустойчивых сыпучих грунтах при наличии прослоек пльвуновых или насыщенных водой грунтов.

Вместо крепления стенок траншей иногда целесообразно отрывать траншеи с откосами, величина которых при отсутствии грунтовых вод в зависимости от типа грунта указана в табл. 22.

Для траншей глубиной более 5 м крепления выполняют по индивидуальному проекту с расчетом на прочность.

При устройстве сети коллектора под искусственными покрытиями следует отрывать траншеи с минимальной шириной

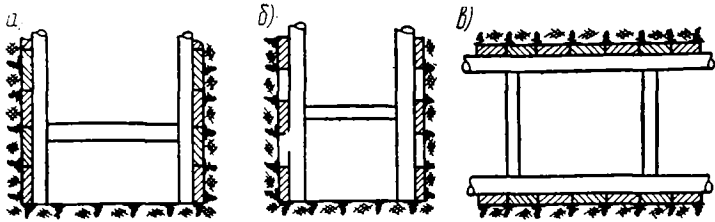


Рис. 74. Крепление стен траншей

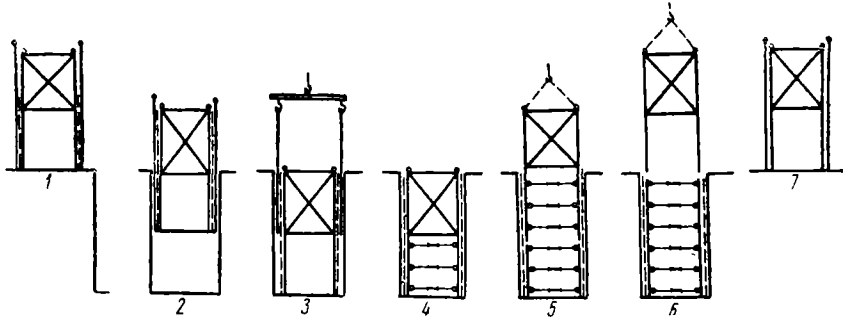


Рис. 75. Клеть для установки крепления:

1 — заполнение клетки досками; 2 — подъем клетки с помощью крана и опускание в траншею; 3 — извлечение наружных стержней краном; 4 — установка распорок в нижней части траншеи; 5 — подъем клетки на половину высоты траншеи и установка распорок в верхней части траншеи; 6 — окончательное извлечение клетки; 7 — клеть, подготовленная к заполнению досками

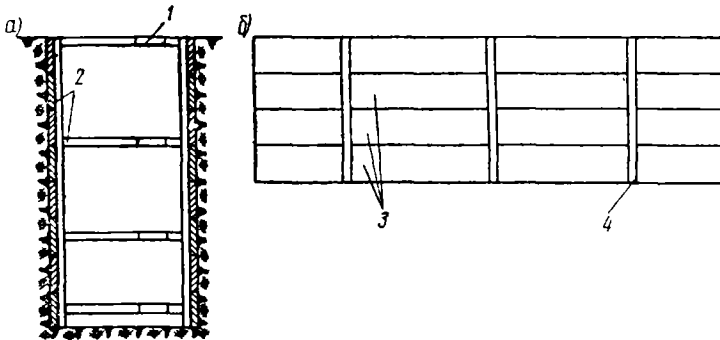


Рис. 76. Инвентарное крепление:

а — поперечный разрез траншеи с креплением; б — щит сплошного инвентарного крепления;

1 — винтовой домкрат; 2 — газовые трубы 2, 5"; 3 — доски 50×250×3200 мм; 4 — полосовая сталь 5×50 мм

поверху, поэтому в этом случае необходимо применить только крепление стенок. Целесообразность крепления стенок или устройства траншей с откосами решается на основании технико-экономических расчетов. В последнее время вместо деревянных креплений, которые требуют большого расхода лесоматериала, начали применять различные типы инвентарных металлических креплений (рис. 76).

### § 68. Устройство смотровых колодцев

Типовые смотровые колодцы (рис. 77) как сборные, так и монолитные устраивают прямоугольные с внутренними размерами в плане  $100 \times 100$  и  $70 \times 70$  см или круглые с внутренним диаметром 100 и 70 см.

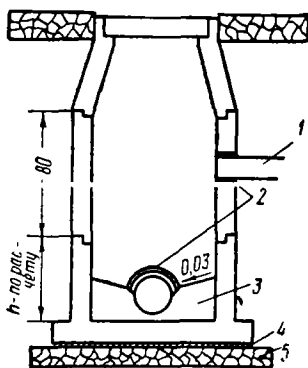


Рис. 77. Типовой смотровой колодец:

1 — перепуск; 2 — просмоленная пенька 1,0—1,5 см; 3 — бетонный лоток (набивается на месте); 4 — цементный раствор 1 : 6—1 : 8; 5 — щебеночная подготовка

Размеры прямоугольного колодца в плане зависят от глубины колодца и от наружного диаметра водосточного коллектора, подходящего к колодцу. При глубине колодца до 2,0 м и наружном диаметре трубы до 700 мм применяют колодцы размером  $70 \times 70$  см; при большей глубине и диаметре коллектора до 1000 мм устраивают колодцы размером  $100 \times 100$  см.

Горловину и средние звенья типовых сборных смотровых колодцев изготавливают высотой 80 см, а нижнюю часть колодца высотой  $h$  ввиду ее нестандартности бетонируют на месте монолитно с днищем.

Для устройства одного смотрового колодца с крышкой размером  $100 \times 100$  см и глубиной 2,5 м требуется: бетона марки «200» — 2,02 м<sup>3</sup>, арматуры горячекатаной круглой из стали марки Ст. 0—143,02 кг, битума — 50,2 кг, щебня — 1,53 м<sup>3</sup>.

В состав работ по устройству сборных колодцев входят следующие процессы: разбивка котлована в плане, отрывка котлована (или уширение траншеи), устройство основания, бетонирование днища и стенок нижней части колодца, устройство эластичного примыкания трубы коллектора, лотка, монтаж стенок

верхней части колодца из сборных элементов, обратная засыпка котлована с уплотнением грунта, устройство отмостки.

Для устройства основания колодца в котлован после планировки дна засыпают щебень или шлак и тщательно уплотняют их трамбованием или вибрированием.

Для бетонирования дна и нижней части колодца высотой  $h$  бетонную смесь опускают в котлован в бадье или с помощью переносного лотка, укладывают в опалубку и уплотняют глубинными вибраторами. Опалубку разбирают по истечении 12—16 ч после бетонирования и в нижней части устраивают эластичные примыкания труб к стенкам колодцев. Для этого отверстия в стенках колодца должны быть на 2—3 см больше наружного диаметра труб. Кольцевой зазор между стенкой колодца и вставленной в нее трубой забивают просмоленной пенькой, а затем заполняют асфальтовой мастикой. После устройства примыкания трубы коллектора к нижней части колодца устанавливают опалубку и бетонируют лоток. После окончания схватывания бетона снимают опалубку и поверхность лотка затирают цементным раствором состава 1 : 3 с железнением.

На верхний срез нижнего кольца наносят 2-сантиметровый слой цементного раствора и устанавливают второе кольцо. Выдавленный из шва раствор срезают, а шов затирают с обеих сторон. После установки верхнего кольца люк колодца закрывают крышкой и засыпают пространство между котлованом и колодцем местным грунтом с послойным уплотнением его слоями 10—15 см при оптимальной влажности.

Вокруг колодца, выходящего на поверхность, устраивается щебеночная (гравийная) отмостка толщиной 20 см с пропиткой битумом на 6—8 см.

## § 69. Устройство оснований и укладка труб коллекторов

Наиболее экономичными и надежными в работе являются асбоцементные трубы, которые можно укладывать непосредственно на грунтовое спланированное дно траншеи. Для других труб (бетонных или железобетонных) требуется устройство дополнительного бетонного или железобетонного основания. Тип и конструкция сборного или монолитного основания устанавливают по рабочим чертежам проекта дренажно-водосточной сети.

Блоки сборных оснований (рис. 78) укладывают краном по проектным отметкам с соблюдением проектных уклонов и прямолинейности. Для обеспечения плотного прилегания блоков к поверхности грунта их укладывают на песчано-цементный раствор состава 1 : 3—1 : 4. Этим раствором заполняют и стыки между блоками.

При устройстве монолитных оснований (рис. 79) бетонную смесь разгружают из самосвалов на дощатые щиты с бортовыми стенками и полозьями. По мере бетонирования основания

щиты передвигают вдоль траншеи тракторами или самосвалами. На дно траншеи бетон опускают с помощью переносных лотков или в бадьях. Бетон укладывают в опалубку, установленную на дне траншеи. Поверхность основания не доводят до проектной отметки на 2—3 см с тем, чтобы при укладке труб была возможность подлить выравнивающий слой цементного раствора.

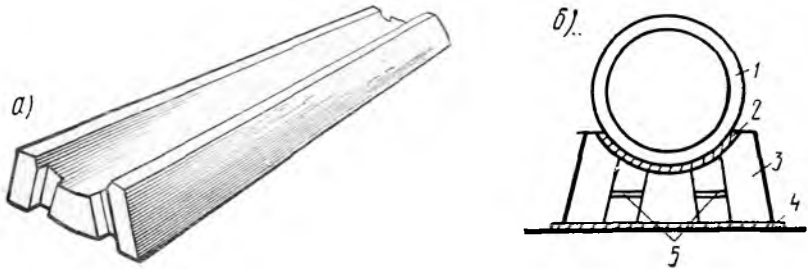


Рис. 78. Трубы коллектора на сборном основании из блоков:  
 а — блок сборного основания под трубы коллектора; б — общий вид сборного основания и трубы коллектора;  
 1 — труба коллектора; 2 — цементный раствор 1:3—1 4; 3 — блок основания; 4 — цементный раствор 1 6—1 8; 5 — монтажные скобы  $\varnothing$  10 мм

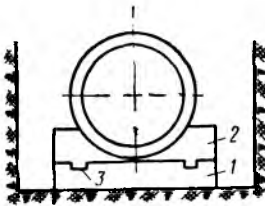


Рис. 79. Монолитное основание под трубы коллектора:  
 1 — бетон; 2 — пазухи; 3 — пазы для соединения бетона основания с бетоном пазух

Для соединения бетона основания с бетоном пазух (см. рис. 79) в период бетонирования основания укладывают рейки или устанавливают металлические штыри. Бетонную смесь в опалубке уплотняют поверхностными вибраторами.

Трубы для коллектора подвозят к траншее и укладывают со стороны, свободной от грунта, на расстоянии не менее 1,0—1,5 м от ее бровки.

При погрузке, транспортировании и разгрузке труб на месте укладки следует соблюдать меры предосторожности для предохранения их от повреждения.

До укладки труб необходимо проверить соответствие уклона поверхности основания проектному. Он не должен отличаться более чем на  $\pm 0,5\%$ . Толщина основания, проверяемая через каждые 10 м, не должна отличаться от проектной более чем на  $\pm 5\%$ .

При укладке труб коллектора необходимо обеспечить: прочность и герметичность стыковых соединений, плотное прилегание

труб к основанию, устойчивость трубопровода от сдвигающих усилий и соблюдение проектного уклона.

На монолитное основание трубы укладывают после того, как бетон наберет определенную прочность (не ранее 2—3 суток после бетонирования). Для укладки труб применяют краны или средства малой механизации: треноги, козлы с таями и лебедками.

После укладки трубы ее выравнивают в вертикальном и горизонтальном положениях с помощью клиньев и подливают под трубу выравнивающий слой из цементного раствора состава 1 : 4. Если для заделки стыков применяют гидроизоляционные пояски, раствор под стыки подливают после заделки их гидроизоляционными поясками.

Заделка стыков у бетонных и железобетонных труб — трудоемкая и в основном ручная работа. Такие трубы необходимо укладывать на бетонное основание, что удорожает и усложняет производство работ. Асбестоцементные трубы изготавливают диаметром до 960 мм и длиной 3—4 м. Стоимость этих труб в 2—3 раза меньше, чем бетонных. Их можно укладывать непосредственно

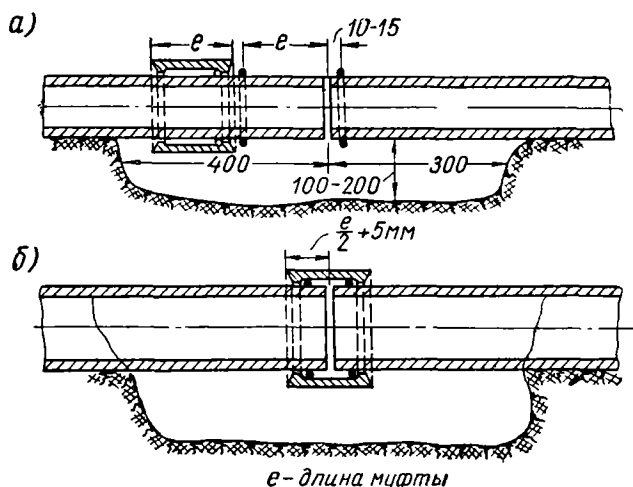


Рис. 80. Схема соединения асбестоцементных труб:  
а — первоначальное положение; б — соединение трубы

на грунтовое основание. Для соединения труб применяют асбестоцементные двухбортные или цилиндрические муфты. Соединение труб двухбортными муфтами производят с помощью винтового или рычажного домкрата.

Грунтовое основание для асбестоцементных труб тщательно выравнивают и уплотняют. Трубу укладывают так, чтобы она опиралась на основание по всей длине и по дуге не менее 90°



в поперечном сечении трубы. Для удобства соединения труб против каждого стыка вырывают приямки глубиной 0,2—0,3 м и длиной 0,6—0,7 м (рис. 80).

Трубы диаметром до 200 мм можно опускать в траншею вручную на веревках. Для опускания труб большего диаметра применяют средства малой механизации или автомобильные краны.

Для опускания труб длиной 4 м в траншею с креплением стенок распорками через 2 м следует в отдельных местах заменить крепление рамным с расстоянием между распорками 4,5 м. Асбестоцементные трубы опускают в траншею в местах с рамным креплением и перемещают по дну траншеи на катках. Вместо рамного крепления для опускания труб в траншею можно в тех же местах открыть траншею с пологими откосами.

## § 70. Проверка коллектора на водонепроницаемость и засыпка траншей

Прежде чем приступить к засыпке траншей, необходимо испытать коллектор на водонепроницаемость. Окончательно испытывают трубопровод после засыпки траншей. Испытание на



Рис. 81. Схема проверки коллектора на водонепроницаемость:

1 — уровень воды; 2 — смотровой колодец (верховой); 3 — заглушка; 4 — трубы коллектора; 5 — смотровой колодец (низовой)

водонепроницаемость следует производить участками между смежными колодцами (рис. 81). Для этого участок коллектора и два смежных колодца превращают в «сообщающиеся сосуды», изолируя их от остальной водосточной системы временными заглушками в виде «пробок», изготовленных из мягких пород древесины (для труб диаметром до 300 мм), или кирпичной кладки на глиняном растворе, устраиваемой за 3—4 дня до начала испытания коллектора (для труб диаметром более 300 мм).

Изолированный участок заполняют водой на высоту 2 м над шельгой трубы верхнего участка коллектора и не ранее чем через 24 ч после заполнения системы приступают к проверке коллектора на водонепроницаемость. Коллектор признается выдержавшим предварительное испытание, если при осмотре не обнаружено видимых утечек воды. При окончательном испытании коллектора величину фильтрации определяют замером воды,

добавляемой для поддержания постоянного уровня в колодце в течение 30 мин.

Водонепроницаемость считается удовлетворительной, если утечка из коллектора на 1 км системы в сутки не превышает величин, указанных в табл. 23.

Т а б л и ц а 23

Вид трубопровода	Диаметр труб, мм									
	До 150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
	Допустимая величина поступления или утечки воды на 1 км трубопровода, м <sup>3</sup> /сутки									
Керамический	7	12	15	18	20	21	22	23	23	23
Бетонный, железобетонный и асбестоцементный	7	20	24	26	30	32	34	36	38	40

Примечание. Для бетонных, железобетонных и асбестоцементных труб диаметром более 600 мм величины поступления или утечки воды определяют по формуле

$$q=4(D_0+4), \quad (50)$$

где  $q$  — допустимая утечка, м<sup>3</sup>/сутки на 1 км

$D_0$  — внутренний диаметр коллектора, дм.

Если в процессе проверки системы на водонепроницаемость будут выявлены отдельные места с заметной течью воды даже при удовлетворительном общем объеме фильтрации, причины должны быть устранены.

Качество выполнения всех остальных видов работ по устройству дренажно-водосточной сети проверяют визуальным осмотром.

Перед засыпкой траншеи необходимо ее полностью осушить и удалить из нее размокший грунт или при благоприятных погодных условиях подсушить его в траншее. При засыпке траншеи следует уплотнить грунт до требуемой плотности и исключить повреждение трубопровода и его гидроизоляции. Поэтому засыпать траншею следует в два приема. Сначала трубы коллектора в траншее засыпают порциями рыхлого грунта слоями толщиной 10—15 см до высоты 50 см над шельгой трубы с тщательным симметричным уплотнением грунта в пазухах труб пневматическими, электрическими или ручными трамбовками. Дальнейшую засыпку трубопровода в траншее можно выполнять бульдозером на всю ширину траншеи слоями толщиной 15—20 см.

При достаточной ширине траншеи грунт уплотняют прицепными и моторными катками. Особенно тщательно засыпают и уплотняют траншеи, проходящие под искусственными покрытиями, а также пазухи между трубами и стенками траншеи.

Одновременно с засыпкой траншей и уплотнением грунта удаляют крепление стенок траншей. Разработку горизонтального крепления начинают с нижних досок. В плотных грунтах разборка ведется на высоту двух-трех досок, а в мокрых и слабых — на одну доску. При выемке досок производится перераспорка крепления.

## § 71. Устройство дрен и осушителей

*Дренажную сеть* устраивают для понижения уровня грунтовых вод и отвода избыточной воды из пористых оснований аэродромных покрытий.

Дренажную сеть устраивают из гончарных или асбоцементных труб диаметром 5—10 см. Грунтовая вода попадает в трубы дренажной сети через стыки гончарных труб или через специально сделанные пропилы в асбоцементных трубах (рис. 82). Для более эффективной работы дренажной сети вокруг труб устраивают обсыпку из пористого материала.

*Осушительную сеть* проектируют для сбора и отвода поверхностной воды. Конструкция осушителей (рис. 83) отличается от конструкции дрен только тем, что фильтрующая засыпка выводится на поверхность земли.

Дренажно-осушительную сеть проектируют с уклоном. Вода, попавшая внутрь труб, стекает в пониженные места, откуда она по трубам (собираателям) отводится в дренажно-водосточную сеть аэродрома или непосредственно за пределы летного поля. Вода из труб собираателей не должна просачиваться в грунт, поэтому стыки труб должны быть герметичными.

Для устройства дренажной и осушительной сети необходимо выполнить следующие рабочие процессы: отрыть траншею, устроить дренирующий слой толщиной 3—5 см, уложить трубы, изолировать стыки или пропилы труб, засыпать дренажные трубы фильтрующим материалом на высоту 25—30 см, а трубы осушителей до поверхности земли.

Траншеи для труб отрывают шириной на 20 см больше диаметра труб, а глубиной 30—60 см (по проекту). Траншеи отрывают с вертикальными стенками, так как при этом требуется меньше фильтрующего материала для засыпки. При неустойчивых грунтах стенкам траншей придают уклон 1 0,15—1 0,25.

Отрытую траншею засыпают фильтрующим материалом (песком, гравием) слоем 3—5 см и уплотняют площадочными вибраторами.

Гончарные трубы укладывают вручную с зазорами между стыками 3—4 мм.

У асбоцементных труб предварительно делают пропилы моторной или электропилой через 30—50 см на глубину, равную  $\frac{2}{3}$  диаметра трубы. Ширина пропила должна быть 3—4 мм. Асбоцементные трубы укладывают в траншею пропилами вниз.

Для предупреждения заиливания труб стыки и пропилы изолируют слоем мха толщиной 2 см, войлоком, строительной ватой или оборачивают полоской рубероида шириной 20 см без промазки битумом.

После того как трубы уложены, их осторожно обсыпают фильтрующим материалом так, чтобы не сдвинуть с места, и уплотняют.

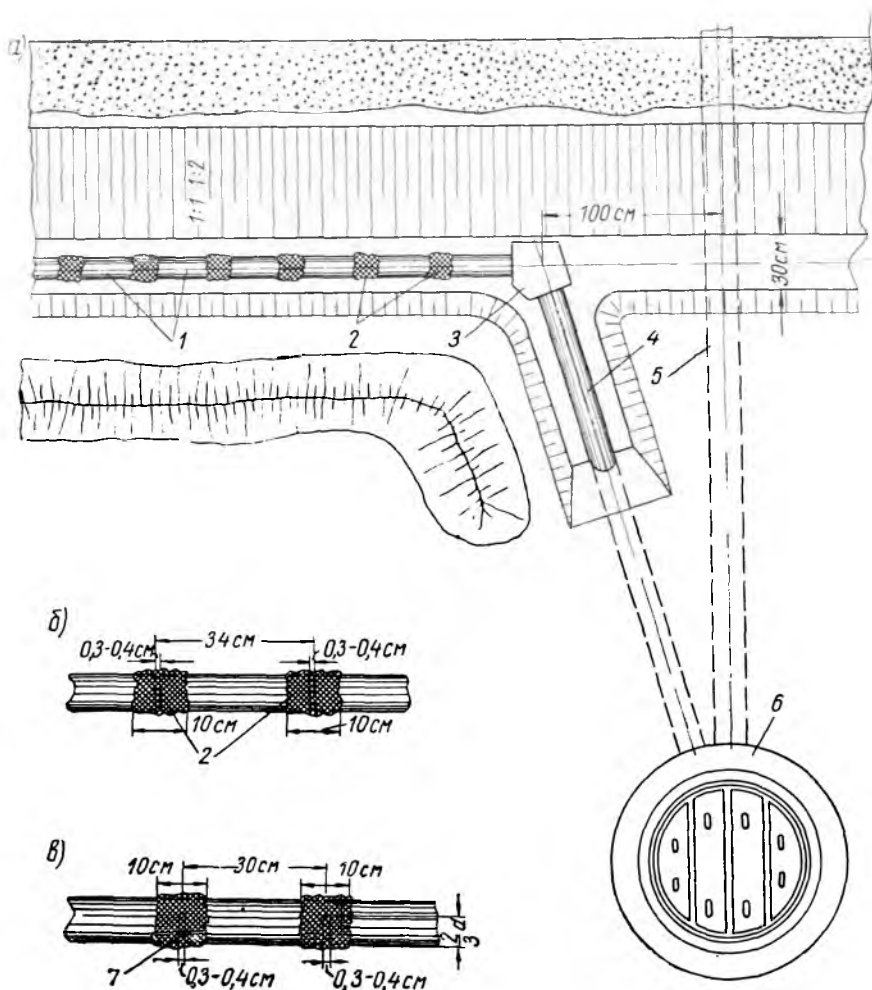


Рис. 82. Конструкция закрочной дренажа:  
*а* — поворот закрочной дрены при помощи фасонного камня; *б* — деталь соединения гончарных труб; *в* — деталь устройства пропилов в асбестоцементных трубах;  
*1* — гончарные ( $d=50-75$  мм) или асбестоцементные трубы ( $d=75-100$  мм); *2* — пакли из мха; *3* — фасонный камень; *4* — асбестоцементная труба  $d=75-100$  мм; *5* — асбестоцементная труба  $d=200$  мм; *6* — смотровой колодец; *7* — пропилы

Дренажную и осушительную сеть на летном поле устраивают после окончания планировочных работ на этих участках.

Закромочные дрены укладывают вдоль аэродромного покрытия на расстоянии 1,0—1,5 м от его кромки после того, как будет спланировано корыто на участке лоткового ряда.

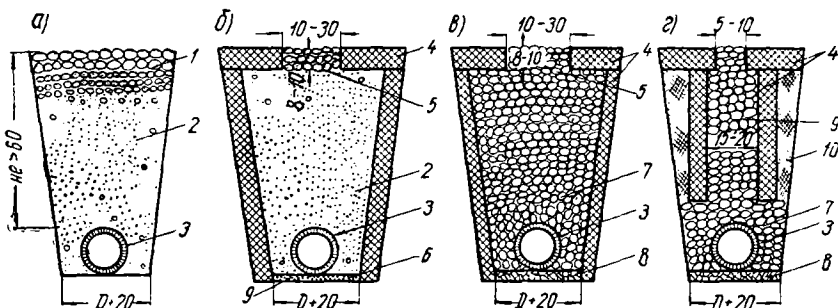


Рис. 83. Конструкция осушителей:

а — приемная часть из гравия; б — приемная часть в виде узкой щели с заполнением песчано-гравийной смесью, в — с заполнением отгрохоченным гравием; г — с ограниченной шириной гравийного заполнения;

1 — гравийное заполнение (верхний слой 5—6 см, нижний — 2—3 см); 2 — песчано-гравийная смесь; 3 — гончарные или асбестоцементные трубы; 4 — дерн толщиной 5—10 см; 5 — слой щебня (гравия) размером 1—3 см, обработанного битумом; 6 — крупнозернистый песок; 7 — гравий (щебень) размером 5—6 см; 8 — подготовка из утрамбованного щебня слоем 5—7 см; 9 — гравий (щебень) размером 1—2 см; 10 — грунт

## § 72. Устройство дождеприемников

Для отвода воды с искусственных покрытий устраивают сборные или монолитные дождеприемные колодцы (рис. 84) или воронки с одной, двумя и тремя решетками, которые бетонируются на месте. В плане дождеприемные колодцы устанавливают перпендикулярно оси лотка.

Для уменьшения веса сборных элементов колодцы с двумя и тремя решетками изготавливают из двух звеньев (верхнего и нижнего), применяя бетон марки не ниже «200», а для арматуры — Ст. 0. Монолитные дождеприемные колодцы устраивают без арматуры.

Для изготовления одного сборного или монолитного дождеприемного колодца с двумя решетками требуется: бетона марки «200» — 1,71 м<sup>3</sup>, цементного раствора состава 1 6—1:8 — 0,047 м<sup>3</sup>, горячекатаной круглой арматуры из Ст. 0 — 14,35 кг (только для сборного колодца), уголковой и полосовой стали — 178,68 кг, битума 62,0 кг, зеленого масла 14,0 кг, шлака 0,86 м<sup>3</sup>.

Устройство сборных дождеприемных колодцев включает следующие работы: геодезическую разбивку котлована, устройство обноски, рытье котлована для колодца и траншей для перепус-

ка, устройство основания, установку блоков колодца, устройство перепуска, засыпку траншеи грунтом, гидроизоляцию колодца.

Котлован под колодец отрывают точно по размеру основания колодца, а траншею для перепуска — на глубину меньшую, чем проектная, на  $\frac{1}{4}$  диаметра перепуска. Перед укладкой трубы

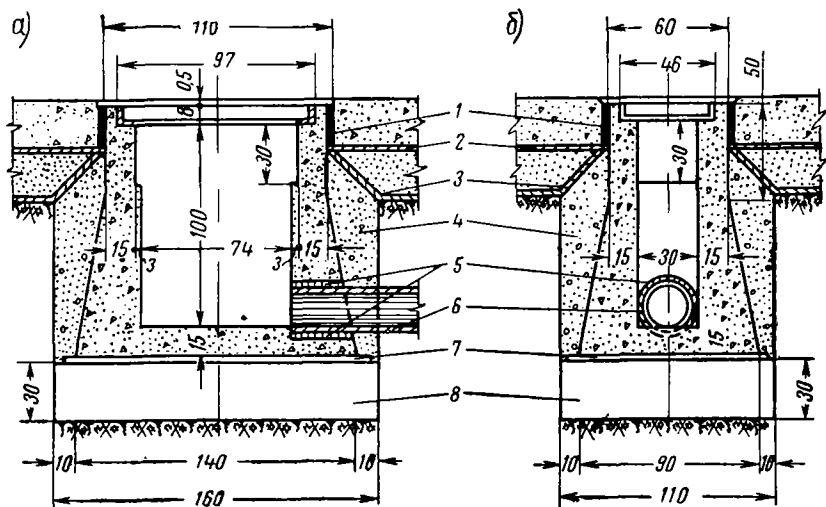


Рис. 84. Сборный дождеприемный колодец:

а — разрез поперек лотка; б — разрез вдоль лотка;

1 — битумная мастика; 2 — слой пергамина; 3 — песчано-битумный слой толщиной 2 см; 4 — гидрофобный грунт; 5 — просмоленная пенька толщиной 1,0—1,5 см; 6 — перепуск; 7 — цементный раствор 1 6—1 8; 8 — шлаковая подушка

дно траншеи доводят до проектной глубины с тем, чтобы обеспечить плотное прилегание перепуска.

Для предотвращения пучения грунтового основания в результате его промерзания под дождеприемный колодец устраивают шлаковую подушку толщиной 30 см из просеянного котельного шлака.

Для подъема и монтажа сборных колодцев в верхней их части закладывают монтажные петли из арматурной стали диаметром 12 мм. Углубления для монтажных петель после установления колодца на место заделывают цементным раствором состава 1 3.

Дождеприемные колодцы устанавливают на выравнивающий слой цементного раствора состава 1 6—1 8 толщиной в среднем 1,5 см. После установки верх опорных рам колодцев должен быть ниже отметки покрытия на оси открытого лотка на 0,5 см. Блоки колодца устанавливают так же, как и блоки смотрового колодца (§ 68).

Примыкание перепуска к дождеприемному колодцу должно быть эластичным, поэтому размер отверстия для перепуска делают на 2—3 см больше наружного диаметра трубы перепуска и зазор шириной 1,0—1,5 см забивают просмоленной пенькой. Изоляция в месте примыкания перепуска к колодцу должна быть выполнена особо тщательно. Стенки колодца обсыпают щебнем, гравием или другими непучинистыми и несмерзающими материалами с поверхностной обработкой битумом или гид-

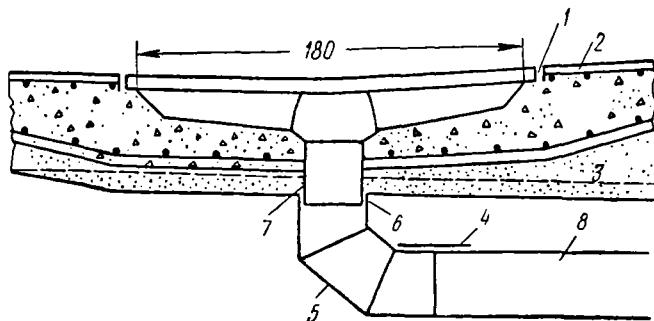


Рис. 86. Дождеприемная воронка:

1 — заделка цементным раствором 1:3; 2 — поверхность бетонного лотка; 3 — поверхность дна корыта под локотковыми плитами; 4 — армобитумный стык или муфта; 5 — сварное колено из стальных труб; 6 — смоляная прядь; 7 — битумная мастика; 8 — асбестоцементная труба

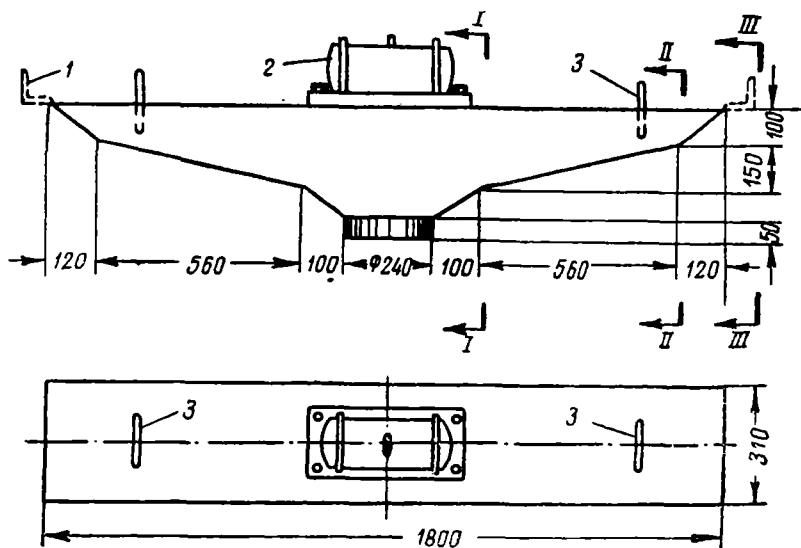


Рис. 86. Виброформа для устройства дождеприемного лотка:

1 — опорная рама (из уголковой стали); 2 — вибратор; 3 — рукоять (металлическая) толщиной 16 мм

рофобным грунтом следующего состава: зола или мелкозернистый пылеватый песок, зеленое масло 9—12 кг/м<sup>3</sup> и битума БН-V 5—6 кг/м<sup>3</sup>. Обсыпка дождеприемного колодца гидрофобным грунтом и засыпка котлована местным грунтом должна выполняться тщательно с послойным уплотнением слоями 10—15 см.

Для изготовления гидрофобного грунта песок или золу подогревают до температуры 170—200° С, после чего вводят разогретые до температуры 110° С битум и зеленое масло и перемешивают в течение 15—20 мин.

По дну корыта вокруг колодца устраивают песчано-битумный коврик толщиной 2 см. Температурный шов толщиной 2 см между наружными стенками колодца и покрытием заполняют битумной мастикой на всю толщину покрытия.

Устройство дождеприемной воронки (рис. 85) начинают с укладки перепускной асбоцементной трубы. Один конец этой трубы примыкает к смотровому колодцу, второй с надетой металлической воронкой устанавливают точно в месте запроектированного водоприемника. При бетонировании лоткового ряда устанавливают водоприемную воронку с заглушкой. Для устройства водоприемной воронки в лотковых плитах можно применить специальную виброформу (рис. 86), изготовленную из металлических листов или из сплошного деревянного бруса. Сверху формы закрепляют вибратор.

Применяя указанную форму, можно в свежееуложенном бетоне лоткового ряда отформовать дождеприемный лоток точно по проектным размерам.

### § 73. Организация работ по устройству дренажно-водосточной сети

Строительство дренажно-водосточной сети заключается в выполнении трех различных видов работ: 1) устройство коллектора; 2) устройство лотков, дождеприемников, перепусков и закромочных дрен и 3) устройство дрен, осушителей и собирателей на летном поле.

Устройство коллектора (рис. 87) выделяется в самостоятельный поток, который опережает во времени земляные и планировочные работы на трассе этих сетей. На участках, где высота насыпи превышает глубину коллектора до шельги, сначала необходимо отсыпать насыпь до высоты, достаточной для укладки труб заподлицо с поверхностью земли. На участках с глубиной выемки более 0,5 м целесообразно сначала разработать выемку, а после приступить к отрывке траншей для коллектора.

Устройство элементов дренажно-водосточной сети (водоприемников, перепусков и закромочных дрен) производится одновременно с устройством лоткового ряда аэродромных покрытий.

Дрены, осушители и собиратели на летном поле, грунтовые лотки и тальвежные колодцы с перепусками устраивают после



окончания планировочных работ на участках, где запроектированы эти элементы.

Проект организации производства дренажно-водосточной сети разрабатывается строительной организацией одновременно с разработкой проектов на другие виды работ (земляные работы, строительство покрытий). Состав проекта и метод его разработки аналогичны, как для производства земляных работ (§ 59).

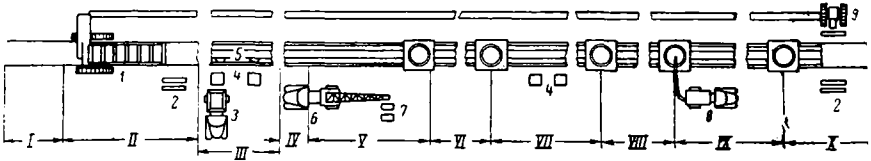


Рис. 87. Технологическая схема устройства коллектора из бетонных (железобетонных) труб на монолитном основании:

*I* — геодезическая разбивка трассы коллектора; *II* — отрывка, крепление траншеи, зачистка дна траншеи; *III* — установка опалубки, бетонирование основания; *IV* — выдерживание бетона основания; *V* — укладка труб, бетонирование (монтаж) смотровых колодцев; *VI* — заделка стыков труб; *VII* — бетонирование пазух; *VIII* — выдерживание пазух; *IX* — предварительная проверка коллектора на водопроницаемость; *X* — снятие крепления, засыпка траншеи; 1 — траншейный экскаватор; 2 — доски (щиты) крепления; 3 — автосамосвал; 4 — передвижные щиты для бетонной смеси; 5 — лотки для опускания бетонной смеси; 6 — автомобильный кран; 7 — трубы коллектора; 8 — автоцистерна; 9 — бульдозер

В первую очередь коллектор следует построить там, где предполагается начать строительство искусственных покрытий. Начинать строительство коллектора следует с низовой стороны для обеспечения отвода воды из траншеи в период производства работ.

Проект поточного строительства коллектора целесообразно разрабатывать в следующей последовательности:

1. Установить объем работ, который надлежит выполнить для устройства коллектора (отрыть траншею, устроить основание под коллектор, уложить трубы коллектора, устроить смотровые колодцы).

2. Установить максимально возможный период действия потока по устройству коллектора. Для того чтобы установить этот период, необходимо в пределах директивного срока наметить дату наиболее раннего начала работ по устройству коллектора и дату наиболее позднего их окончания. В период намеченного срока необходимо выделить периоды, когда нецелесообразно или невозможно производить работы по устройству коллектора (зимний период, период весенних и осенних распутиц). Намеченную дату начала потока по устройству коллектора следует согласовать с датой окончания подготовительных работ в объемах, достаточных для начала и успешного выполнения работ по устройству коллектора.

3. Установить технологическую схему устройства коллектора в зависимости от способа устройства и монтажа основания коллектора (монолитное или сборное), труб коллектора (асбоцементные или железобетонные), смотровых колодцев (монолитные или сборные).

4. Составить перечень рабочих операций для выполнения комплекса работ по устройству коллектора в зависимости от принятой технологии работ.

5. Определить продолжительность выполнения каждой рабочей операции. Для этого необходимо вычислить по формуле (2) продолжительность периода развертывания потока и по формуле (4) продолжительность выполнения каждой рабочей операции.

6. Установить требуемую скорость потока в смену путем деления объема работ (п. 1) на продолжительность выполнения каждой рабочей операции (п. 5).

7. Для каждой рабочей операции выбрать способ выполнения работ (тип и мощность машины, профессию и разряд рабочего). Установить по ЕНиР норму времени, необходимую для выполнения единицы рабочей операции, и вычислить нормативную производительность звена.

8. Подсчитать необходимое количество звеньев для выполнения каждой рабочей операции путем деления требуемой скорости потока в смену (п. 6) на производительность звена в смену (п. 7). Укомплектовать бригаду для выполнения работ по устройству коллектора поточным методом. Установить нормативную скорость потока, которую может обеспечить укомплектованная бригада.

9. Разработать (при отсутствии типовых) технологическую карту на устройство коллектора поточным методом.

*Охрана труда.* Во избежание обрушения траншей следует размещать выброшенный грунт и материалы не ближе 0,5 м от ее бровки. Машины с работающими двигателями следует устанавливать только за пределами призмы обрушения грунта. Крепление траншей можно разбирать только в присутствии производителя работ или мастера.

При опускании труб и блоков в траншею краном следует знать его грузоподъемность. Вес труб и сборных элементов не должен превышать грузоподъемности крана. Самоходные краны не должны передвигаться с поднятым грузом. Работать с краном требуется плавно без рывков по сигналу ответственного лица.

Для перехода людей через открытые каналы и траншеи требуется уложить мостики со сплошным настилом и прочными перилами высотой не менее 1 м. Спускаться в траншею и подниматься из нее рабочие должны по металлическим или деревянным лестницам с врезанными ступенями.

---

## ЧАСТЬ II

# СТРОИТЕЛЬСТВО АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ

---

---

### § 74. Общие положения

В аэропортах искусственные покрытия строятся на взлетно-посадочных полосах, рулежных дорожках, местах стоянок, перронах и площадках, а также на подъездных дорогах. Эти покрытия бывают самыми различными по конструкции.

Технологические процессы строительства покрытий — комплексные, состоящие из ряда простых операций. Например, весь комплекс строительства цементобетонных покрытий может быть разбит на технологические процессы: приготовление, транспортирование и укладку цементобетонной смеси. В свою очередь приготовление цементобетонной смеси включает операции по подготовке материалов, составляющих смесь (очистка, прогровка), дозирование, перемешивание и разгрузку. Процесс транспортирования смеси состоит из операций по загрузке, перемещению и выгрузке. Укладка цементобетонной смеси включает операции по распределению, разравниванию, уплотнению, отделке поверхности и уходу за уложенной смесью.

Аэродромные покрытия или основания строят только после выполнения подготовительных, осушительных и земляных работ. Вследствие этого в поток строительства должны включаться только те работы, которые непосредственно связаны с конкретным типом покрытия или основания не только своей технологической последовательностью, но и границами участков производства работ. Все другие работы (подготовительные, освоение территории, устройство дренажно-водосточной сети) технологически могут выполняться независимо от работ по строительству покрытия или основания, но с определенным опережением, что должно быть отражено в общем календарном графике строительства.

Такие работы, как окончательная планировка и укатка корыта, гидроизоляция, должны включаться в технологию строительства покрытий, хотя они также входят в технологию земляных

работ. В данном случае имеется в виду, что подготовленное корыто до начала работ по строительству покрытий или оснований может быть повреждено вследствие воздействия атмосферных осадков и поэтому требует проверки, исправления и окончательной подготовки. Такого рода работы имеются, как правило, во всех случаях строительства покрытий и оснований.

При изучении технологии строительства аэродромных покрытий, кроме усвоения основных положений технологической последовательности строительства и выполнения отдельных процессов и операций, важно также четко представлять назначение, эксплуатационные характеристики (достоинства и недостатки) и необходимые условия строительства того или иного типа покрытия, а также требования к материалам, из которых оно может быть построено.

Строительство аэродромных оснований и покрытий, весьма разнообразных по применяемым материалам и конструктивным решениям, выполняется на сосредоточенных и достаточно больших площадях. Это требует специфической организации работ, учитывающей не только технологические особенности каждого типа покрытий, но возможные сроки их выполнения, без дополнительных затрат на обустройства и изменения технологии. Такие условия для производства работ наиболее благоприятны и обеспечивают наименьшую стоимость работ. Они характеризуют продолжительность летнего строительного сезона.

В некоторых, хотя и очень редких случаях сезонность не влияет на выполнение строительных работ, например укладка сборных плит заводского изготовления на готовое основание. Однако и в этом случае изменяются условия производства работ. Конечно, может возникнуть необходимость строительства в любые сроки, но тогда потребуются дополнительные (иногда значительные) затраты.

Продолжительность летнего сезона для различных видов работ при строительстве аэродромных покрытий и оснований зависит от географического расположения и климата района строительства. Поэтому при разработке календарных планов необходимо назначать такие сроки, которые позволят производить работы без дополнительных мероприятий. Применительно к возможным календарным срокам ведения работ требуемые условия могут быть обобщены для следующих групп оснований и покрытий:

- основания и покрытия простейшего типа, а также гравийные, щебеночные, грунтощебеночные без обработки вяжущими и добавками;

- основания и покрытия с применением органических вяжущих, в том числе асфальтобетонные на нежестких основаниях;

- основания и покрытия с применением неорганических вяжущих;

- цементобетонные и железобетонные покрытия.

Календарные сроки устройства оснований и покрытий простейшего типа находятся в прямой зависимости от выполнения технологических процессов по распределению и перемешиванию, уплотнению материалов.

Для распределения и перемешивания материала на полосе требуется устойчивое грунтовое основание (корыто), в котором не будут возникать значительные деформации при проходе машин. Такие же требования к состоянию грунтового основания предъявляются и при уплотнении материала, так как на перувлажненных грунтах при уплотнении материал будет втапливаться, а разжиженный грунт выжиматься.

Следовательно, календарные сроки и количество рабочих дней при устройстве простейших типов оснований и покрытий определяются по степени влажности верхних слоев грунта, что может устанавливаться по климатологическим справочникам.

Календарные сроки устройства покрытий и основания с применением вяжущих без дополнительных затрат зависят от способа обработки и вида вяжущего. Согласно техническим правилам производства работ, строительство оснований и покрытий, например, с применением органических вяжущих, должно выполняться в сухое и теплое время года при температурах воздуха весной не ниже  $+5^{\circ}\text{C}$  и когда грунты полностью оттаяли, а осенью не ниже  $+10^{\circ}\text{C}$ .

Обработка минеральных материалов вяжущими в дождливую погоду не допускается, кроме этого, необходимо определенное время для просыхания грунтов после сильных дождей. Наблюдения и опытная проверка показали, что при осадках до 2—5 мм влажность грунтов существенно изменяется, но работы могут продолжаться, а при осадках более 5 мм возникает перувлажнение грунтов, что требует прекращения работ. Все это заставляет учитывать возможные нерабочие дни по метеорологическим условиям, исходя из средних многолетних данных о количестве дней с осадками более 5 мм.

Асфальтобетонные покрытия могут строиться в те же сроки, что и покрытия и основания, обработанные органическими вяжущими. Календарные сроки строительства цементобетонных покрытий и оснований и с применением неорганических вяжущих определяются влажностью грунтов и температурой воздуха. Согласно техническим правилам при среднесуточной температуре ниже  $+5^{\circ}\text{C}$  и минимальной ниже  $-3^{\circ}\text{C}$  не разрешается строить цементобетонные покрытия без осуществления специальных мероприятий. Поэтому сроки строительства цементобетонных покрытий устанавливаются исходя из температуры не ниже  $+5^{\circ}\text{C}$  при наличии полного оттаивания грунтов весной и не ниже  $0^{\circ}\text{C}$  осенью.

Для любого района начало и конец строительного сезона, количество нерабочих дней по метеорологическим условиям устанавливаются на основе анализа средних многолетних климатиче-

ских показателей, взятых из климатологических справочников. Однако установленные таким образом даты возможного начала и конца сроков работ в каждом конкретном году могут несколько изменяться в ту или другую сторону.

Современные техника, технология и качество строительных материалов позволяют переходить и на круглогодичное строительство. В этом случае сезонность отпадает, но требуется особая организация работ и специальные меры, обеспечивающие качество строительных работ.

## Глава XI

### УСТРОЙСТВО ОСНОВАНИЙ И ПОКРЫТИЙ ИЗ УКРЕПЛЕННЫХ ГРУНТОВ

#### § 75. Требования к укрепленным грунтам

Устройство оснований и покрытий на аэродромах из укрепленных грунтов имеет большое практическое значение, так как вследствие применения местного материала (грунта) можно получить наиболее дешевые конструкции.

Одна из главных причин потери прочности естественных грунтов — их избыточное увлажнение. Вода, проникая в поры грунта, вначале адсорбируется на поверхности частиц и вызывает ослабление связей между ними. Далее тонкие пленки воды, вследствие молекулярных сил, проникают в узкие щели (зазоры) между минеральными частицами и оказывают расклинивающее действие. Вместе с этим происходит растворение кристаллов минеральных солей, скрепляющих грунт, растворение и набухание органических связей. Все это снижает межзерновые силы трения (сцепление), расслабляет структуру и уменьшает прочность грунта.

Нарушение естественных внутренних связей грунта происходит также при действии нагрузок, особенно вибрационных и повторно прилагаемых. Одновременное действие этих нагрузок и воды может превратить любой грунт в несвязную массу, лишенную прочности. Отсюда следует, что для получения постоянной высокой прочности грунта необходимо защитить его от разрушения структуры или создать ее искусственно. Это достигается путем предохранения существующих и создания новых более прочных конденсационных и кристаллических структур, а также коагуляционных связей между частицами и агрегатами.

При укреплении грунтов происходит комплекс сложных химических, физико-химических и механических процессов, развивающихся главным образом на границах раздела между отдельными компонентами грунта. Поэтому встречающееся в литературе деление методов обработки грунтов на физические, химические и механические носит условный характер.

Исходя из комплексного характера происходящих в обрабатываемых грунтах процессов, проф. В. М. Безрук указывает, что под искусственным укреплением следует понимать совокупность воздействий на грунт добавок вяжущих и других веществ и технологических мероприятий (в том числе уплотнение), в конечном счете обеспечивающих формирование заданных структурно-механических свойств грунта.

Укрепления грунтов можно также достичь чисто механическим способом — путем введения песчаных и крупнозернистых гранулометрических добавок, повышающих внутреннее трение, или глинистых, повышающих сцепление материалов. В результате этого создаются грунты определенного гранулометрического состава, называемые оптимальными грунтами или смесями, которые после уплотнения имеют наилучшие физико-механические свойства. Введение гранулометрических добавок весьма полезно при других способах укрепления грунтов, так как более высокие свойства обрабатываемых грунтов достигаются в том случае, когда исходный грунт представляет собой оптимальную смесь.

Физико-механические свойства одного и того же грунта при различных влажностных состояниях имеют резко отличающиеся показатели. Так, например, суглинки и глины достаточно прочны в сухое время года (в воздушно-сухом состоянии) и теряют свою несущую способность при переувлажнении. Песчаные грунты, наоборот, обладают достаточной устойчивостью во влажном состоянии и значительно снижают связность и сопротивляемость нагрузкам при высыхании.

Пригодность грунтов для укрепления вяжущими устанавливается исходя из требований СНиП II-Д.5-62. Наиболее пригодны крупнообломочные щебенистые и гравелистые грунты, легкие и крупные супеси, легкие суглинки, близкие к оптимальному составу с числом пластичности от 3 до 12. Жирные глины с числом пластичности более 27 не пригодны для укрепления любыми вяжущими.

Выбор основных вяжущих зависит от назначения покрытия или основания, типа грунта, подлежащего укреплению, возможности получения вяжущих и средств механизации, климатических и погодных условий в период строительства. Окончательный выбор производится на основе сравнительных технико-экономических расчетов с выявлением выгодного варианта.

Для укрепления грунта наиболее широко применяют цементы, известь, битумы, дегти и битумные эмульсии. В последние годы проведены большие опытные работы по применению различных химических реагентов, главным образом в качестве активных и поверхностноактивных добавок к неорганическим и органическим материалам, и комплексных методов укрепления грунтов.

В качестве активных (химических) добавок в комплексе с цементами и известью применяют: хлористый кальций, силикат

Таблица 24

Грунты	Неорганические вяжущие (цемент, известь) для		Органические вяжущие материалы для покрытий и оснований							
	покрытий	оснований	жидкий битум (безводный)		каменноугольный деготь (безводный)		битумная эмульсия (по содержанию битума)		битум или деготь при добавке извести	
			Расход	Требуемая влажность	Расход	Требуемая влажность	Расход	Требуемая влажность	Рас	Требуемая влажность
Крупнообломочные нецементированные, грунто-гравийные и грунто-щебеночные смеси (близкие к оптимальному составу)	<u>4—6</u>	<u>3—5</u>	<u>3—5</u>	<u>3—4</u>	<u>3—5</u>	<u>3—4</u>	<u>3—5</u>	<u>4—5</u>	<u>2—4</u>	<u>4—5</u>
	80—120	60—100	60—100	0,1—0,2	60—100	0,1—0,2	60—100	0,2—0,3	40—80	0,2—0,3
	<u>5—8</u>	<u>4—7</u>	—	—	—	—	<u>4—5</u>	5—8	—	—
	100—160	80—140	—	—	—	—	80—100	0,3—0,6	—	—
	<u>8—10</u>	<u>6—8</u>	<u>5—8</u>	<u>6—10</u>	<u>6—9</u>	<u>6—10</u>	<u>4—6</u>	<u>7—12</u>	<u>3—5</u>	<u>7—12</u>
	160—200	125—175	100—160	0,2—0,4	120—180	0,2—0,4	80—120	0,3—0,5	60—100	0,3—0,5
Суглинки тяжелые и суглинки тяжелые пылеватые с числом пластичности 12—17	<u>11—14</u>	<u>8—11</u>	<u>8—11</u>	<u>9—14</u>	<u>8—13</u>	<u>9—14</u>	—	—	<u>5—7</u>	<u>12—17</u>
220—260	160—220	160—220	0,3—0,4	160—260	0,3—0,4	—	—	100—140	0,4—0,5	
Грунты песчанистые и пылеватые с числом пластичности 17—22	<u>13—15</u>	<u>10—12</u>	<u>11—13</u>	<u>15—19</u>	<u>13—16</u>	<u>15—19</u>	—	—	<u>6—8</u>	<u>17—22</u>
225—275	200—240	220—260	0,3—0,4	260—320	0,3—0,4	—	—	120—160	0,4—0,6	

Примечание. Расход вяжущих указан в числителе в процентах от веса смеси, в знаменателе в килограммах на кубический метр; влажность в числителе — в процентах, в знаменателе — в долях от предела текучести.



Таблица 25

Показатели	Значения показателей в зависимости от расчетного модуля деформации, $кГ/см^2$		
	1500	1000	500
Предел прочности при сжатии водонасыщенных образцов, $кГ/см^2$ : в возрасте 7 суток, не менее	20	12	6
» 28 » не менее	40	20	10
Предел прочности при сжатии водонасыщенных образцов после испытания на замораживание-оттаивание (в возрасте 28 суток), $кГ/см^2$ , не менее	30	15	3
Водонасыщение после испытания на замораживание-оттаивание сверх оптимальной влажности уплотнения, % по весу, не более	2	4	—
Коэффициент уплотнения, определяемый по отношению к методу стандартного уплотнения, не менее	0,98	0,98	0,95

Таблица 26

Показатели	Значения показателей при обработке					
	жидкими битумами и дегтями		жидкими битумами или дегтями с применением добавок		битумными эмульсиями	
	нижних слоев оснований	верхних слоев оснований или покрытий	нижних слоев оснований	верхних слоев оснований или покрытий	нижних слоев оснований	верхних слоев оснований или покрытий
Предел прочности при сжатии сухих образцов при $20^{\circ}C$ , $кГ/см^2$ , не менее	—	8	—	12	—	15
То же, при $50^{\circ}C$ , $кГ/см^2$ , не менее	—	5	—	7	—	8
То же, водонасыщенных образцов при $20^{\circ}C$ , $кГ/см^2$ , не менее	—	4	—	6	—	7
Капиллярное водонасыщение, % по объему, не более	6	—	4	—	5	—
Набухание, % по объему, не более	—	6	—	4	—	4

Примечания. 1. Прочерки в графах таблицы обозначают, что эти показатели не определяются.

2. Показатели свойств даны для образцов 7-суточного возраста при обработке битумами и дегтями и 10-суточного — битумными эмульсиями.

3. Коэффициент уплотнения для всех образцов должен быть не менее 0,95.

натрия (жидкое стекло), гипс, сернокислый магний, каустическую соду. В качестве пластифицирующей добавки, способствующей повышению плотности цементогрунта, при уплотнении используют сульфитно-спиртовую барду. В среднем оптимальная дозировка добавок составляет 1—3% от веса смеси.

При укреплении грунтов органическими вяжущими в качестве добавок-активаторов могут применяться известь и цементы, которые уменьшают гидрофильность грунта и создают условия для лучшего взаимодействия грунта с органическими вяжущими, повышая сцепление пленки битума и грунта. В качестве таких добавок служат также торфяная, буроугольная и сланцевая зола-унос, фильтр-прессная грязь для грунтов с влажностью не более оптимальной, хлорное железо и хлористый кальций для применения в IV и V климатических зонах при обработке грунтов с влажностью меньше оптимальной.

Поверхностноактивными добавками являются древесные, торфяные, сланцевые и каменноугольные дегти (особенно низкотемпературные), окисленный рисайкл, синтетические жирные кислоты, мазутные полукоксовые фенолы. Все эти добавки вводят в количестве 3—12% от веса безводного битума и применяют при условии введения в грунт добавки извести или других активаторов. Укрепление грунтов может быть произведено синтетическими высокомолекулярными смолами в качестве основных материалов (фурфурол-анилиновыми или карбомидными смолами).

Ориентировочные нормы расхода основных неорганических и органических вяжущих и требуемые влажности грунтов при их обработке приведены в табл. 24.

В зависимости от назначения конструктивного слоя и других условий при укреплении грунтов цементами, известью, цементом с применением активных или других веществ в качестве расчетного модуля деформации принимают: 1500  $\kappa\Gamma/\text{см}^2$  (I класс прочности), 1000  $\kappa\Gamma/\text{см}^2$  (II класс прочности) и 500  $\kappa\Gamma/\text{см}^2$  (III класс прочности). Прочность образцов, приготовленных в лаборатории после их твердения во влажных условиях, а также другие показатели физико-механических свойств должны удовлетворять требованиям, приведенным в табл. 25.

Показатели физико-механических свойств грунтов, укрепленных органическими вяжущими, приведены в табл. 26.

## **§ 76. Методы производства работ и технология устройства оснований и покрытий**

Основное условие успешного укрепления грунтов — равномерность внесения вяжущих материалов и выполнение в последовательном порядке комплекса технологических и строительных мероприятий, обеспечивающих приобретение устойчивой связности, механической прочности и погодоустойчивости (морозостойкости) грунтов.

Укрепление грунтов состоит из следующих технологических операций: рыхления и измельчения грунта на требуемую глубину (при укреплении несвязных или малосвязных грунтов рыхления не требуется); введения, если необходимо, гранулометрических добавок и в отдельных случаях активаторов и поверхностноактивных добавок; перемешивания грунта с добавками; внесения требуемой нормы вяжущего и перемешивания его с грунтом; уплотнения готовой смеси при оптимальной влажности; ухода по обеспечению надлежащего температурно-влажного режима и создания защитного слоя.

При укреплении грунтов в два-три слоя может быть применена различная последовательность внесения вяжущих и перемешивания их с грунтом. Наиболее распространенная последовательность при всех способах укрепления грунтов — снятие верхнего слоя и перемещение его на обочину, обработка нижнего слоя и возвращение верхнего слоя с обработкой на месте. Однако более целесообразно готовить смесь для верхнего слоя в установках и доставлять ее автомобилями к месту укладки. Если вносятся гранулометрические добавки или любые другие вещества (битумы, дегти, известь), позволяющие выполнять все работы до начала твердения смеси, то обработка верхнего слоя может быть произведена сразу, а затем — перемещение смеси к обочине и обработка нижнего слоя. После этого смесь для верхнего слоя перемещают на место и уплотняют. Наконец, возможна одновременная обработка обоих слоев по нормам внесения вяжущих для нижнего слоя, а затем дополнительная обработка верхнего слоя с доведением количества вяжущих до нормы верхнего слоя.

Составы работ и последовательность их выполнения могут изменяться в зависимости от местных условий, специфики вяжущего и методов производства работ.

В зависимости от грунтовых и климатических условий и наличия оборудования могут применяться следующие методы:

смещение на месте с использованием машин, осуществляющих многократные проходы; смещение на месте с использованием однопроходных машин; смещение в передвижках или стационарных установках.

Наиболее экономично смесь готовить непосредственно на местах укладки ее в покрытие или основание. Метод смещения в стационарных установках требует дополнительных работ по транспортированию грунта к смесителю и полученной смеси к месту укладки. Однако качество работ при этом методе выше, чем при смешении на месте.

Для смешения на месте используют автогрейдеры, фрезы, а также передвижные грунтосмесители (они измельчают грунт, вносят вяжущее, перемешивают, а иногда предварительно уплотняют).

При любых методах укрепления грунтов до начала работ дол-

жен быть полностью закончен весь комплекс земляных и планировочных работ.

Укрепление грунтов вяжущими выполняют в соответствии с заранее составленными технологическими схемами и планом организации работ, в которых последовательно показаны технологические операции, захватки, общий объем работ на захватке и принятая производительность в смену. Кроме этого, дополнительно должны быть схемы потока, на которых даны подробные данные о захватках: длина, выполняемые технологические операции, машины (ресурсы), необходимые на каждую смену. Рассмотрим более подробно технологию строительства при различных методах производства работ.

*Смещение на месте машинами, осуществляющими многократные проходы.* Грунт, подлежащий укреплению, должен быть предварительно разрыхлен и измельчен на заданную проектом глубину. При укреплении грунтов цементом или известью требуемая глубина рыхления определяется по формуле

$$h_p = h_{np} \frac{\delta_{np} - P_{ц.и}}{\delta_c}, \quad (51)$$

где  $h_p$  — требуемая глубина рыхления, см;

$h_{np}$  — проектная толщина слоя обрабатываемого грунта, см;

$\delta_{np}$  — проектная плотность обработанного грунта;

$\delta_c$  — плотность грунта до обработки;

$P_{ц.и}$  — расход цемента или извести на единицу объема уплотненной смеси грунта.

Если грунт укрепляют жидкими вяжущими, то глубина рыхления принимается равной проектной толщине слоя.

Рыхление производится плугами (без отвалов) или рыхлителями (кирковщиками) за один проход. Повторные проходы во избежание нарушения равномерности глубины рыхления не рекомендуются. Чтобы обеспечить равномерное рыхление на требуемую глубину, предварительно вся поверхность тщательно планируется и прикатывается. Перед рыхлением, а также в процессе этой операции удаляют камни и другие посторонние предметы.

Вслед за рыхлением грунт измельчают для обеспечения равномерности распределения вносимых добавок и однородности смеси. Эту операцию лучше всего выполнять фрезой.

При улучшении зернового (гранулометрического) состава связных грунтов (суглинков, глин) песком, гравием или при введении гранулометрических добавок в несвязные грунты (песчаные, гравелистые) добавки завозят в необходимом объеме, планируют автогрейдером и затем перемешивают фрезой за 1—3 прохода по одному следу.

После перемешивания грунтов с зерновыми (гранулометрическими) добавками и размельчения связных грунтов проверяют

их влажность. Рыхление и размельчение сухих глин или суглинков облегчается при искусственном увлажнении их до влажности на 4—8% меньше оптимальной, определяемой по методу стандартного уплотнения. Если влажность грунта превышает оптимальную более чем на 2%, продолжают перемешивание и размельчение грунта фрезой для подсушивания. С этой же целью при укреплении грунтов цементами может быть предварительно добавлено 2—3% извести.

Вязущие дозируются и вносятся специальными распределителями. Жидкие реагенты вносятся автогудронаторами, поливомоечными машинами и прицепными распределителями битума, а также дозирочно-распределительными устройствами грунто-смесительных машин. Предварительно распределители должны быть оттарированы, для чего вносят вязущее и определяют фактический расход. Если фактический расход и норма не совпадают, изменяется скорость движения распределителя или величина выходной щели.

При отсутствии распределителей порошкообразные материалы в мешках раскладывают на определенных расстояниях, устанавливаемых расчетом, исходя из количества материала в мешке и нормы вязущего. Затем мешки вскрывают (расшивают) и равномерно распределяют лопатами и граблями. Этот способ менее производительен, не обеспечивает равномерности внесения вязущего и потому может применяться в исключительных случаях.

При устройстве однослойных покрытий или оснований путем обработки жидкими вязущими применяют следующую схему:

разрыхленный и измельченный грунт собирают грейдерами в валы на расстоянии 6—7 м один от другого с таким расчетом, чтобы ширина вала была 3 м, а высота не более 35 см. При необходимости грунт в валах увлажняют или подсушивают, а в промежутках между валами планируют и уплотняют дно корыта;

валы сдвигают на 3 м, т. е. на спланированные и уплотненные полосы корыта для того, чтобы спланировать и уплотнить освободившиеся от валов полосы корыта;

грунт из валов распределяют по всей ширине захватки, вносят первую дозу вязущего и предварительно перемешивают дисковыми боронами; при втором и последующем внесении вязущего грунт вновь собирают в валы, с перемешиванием после каждого внесения вязущего.

Перемешивание грунта с вязущим — весьма ответственная операция, которая должна выполняться в сухую погоду при положительной температуре воздуха фрезами типа Д-530 за 1—2 прохода. При отсутствии фрез можно применять тяжелые дисковые бороны и автогрейдеры.

При работе дисковых борон необходимо следить, чтобы диски прорезали всю толщину смешиваемого слоя грунта, в противном

случае будет нарушена дозировка вяжущего в смеси в нижней части слоя. Глубина погружения дисков регулируется углом установки их к направлению движения в пределах  $15-20^\circ$ . Угол резания принимается  $80^\circ$ . Кроме этого, для большего заглубле-

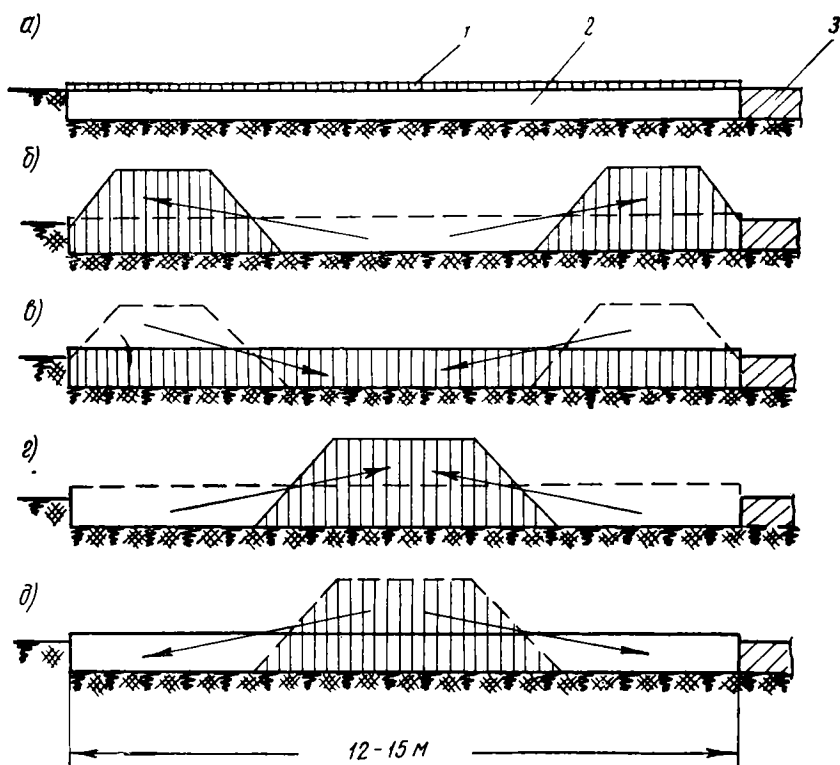


Рис. 88. Схема окончательного перемешивания грунта с вяжущим грейдером:

*а* — грунт, подготовленный к перемешиванию; *б* — перемещение смеси к краям обрабатываемой полосы; *в* — разравнивание смеси по ширине обрабатываемой полосы; *г* — перемещение смеси к середине обрабатываемой полосы; *д* — разравнивание смеси по ширине обрабатываемой полосы;

*1* — вяжущее; *2* — разрыхленный и измельченный грунт; *3* — готовое покрытие или основание

ния дисков и устойчивого их прохождения на требуемую глубину борны целесообразно догружать ящиками с балластом (камнем, песком). Обычно требуется 3—4 прохода дисковых борн по одному следу.

Для окончательного перемешивания приходится применять грейдеры (автогрейдеры), в результате последовательных проходов которых смесь перемещается к краям обрабатываемой по-

лосы, затем разравнивается и снова перемещается к середине (рис. 88). Такие операции повторяют несколько раз, при этом требуется 6—12 проходов грейдера по одному следу.

Качество перемешивания за один проход автогрейдера зависит от шага спирали перемещения частиц по отвалу грейдера. Чем меньше шаг спирали, тем лучше качество перемешивания. Шаг спирали уменьшается при увеличении угла захвата отвала. Однако при чрезмерном увеличении угла захвата (или малом его значении) возрастает удельное сопротивление резанию грунта, что требует увеличения тягового усилия. Установлено, что оптимальный угол захвата — 35—40°, угол резания — 45°, а угол зарезания  $\sim 2^\circ$ .

Производительность автогрейдера при перемешивании грунта равна

$$P_{\text{гр}} = \frac{k_{\text{в}} f_0 l_3}{n_0 k_{\text{р}} \left( \frac{l_3}{v} + t_{\text{п}} \right)}, \quad (52)$$

где  $k_{\text{в}}$  — коэффициент использования автогрейдера по времени (0,8—0,9);

$f_0$  — площадь сечения валика, захватываемая ножом грейдера (0,10—0,20 м<sup>2</sup>);

$l_3$  — длина захватки обрабатываемой полосы (200—500 м);

$n_0$  — необходимое число перемещений грунта по отвалу грейдера (6—8 для супесей и легких суглинков и 9—12 для тяжелых суглинков);

$k_{\text{р}}$  — коэффициент разрыхления грунта (для супесей — 1,7, суглинка — 1,8);

$v$  — средняя скорость движения грейдера (3 км/ч);

$t_{\text{п}}$  — время на разворот и установку ножа (0,05—0,07 ч).

Исходя из указанных данных, можно определить, что производительность автогрейдера примерно равна 10—30 м<sup>3</sup>/ч.

Более эффективны по сравнению с грейдерами многоножевые смесители (рис. 89), позволяющие сократить количество проходов по сравнению с грейдерами в 1,5—2,0 раза и особенно ротационные смесители типа фрез. Смещение фрезами происходит в результате отбрасывания грунта лопатками фрезерного барабана, когда соударяются частицы и отдельные агрегаты грунта, а также ударяются о кожух или специальные решетки фрезы. Количество проходов фрез при укреплении грунтов жидкими вяжущими (битумами и дегтями) по сравнению с грейдерами сокращается в 4—5 раз.

Перемешивание грунта с порошкообразными вяжущими, например цементом, несколько отличается от перемешивания с жидкими вяжущими. В этом случае предварительное перемешивание производится до розлива воды, т. е. «насухо». При обработке песчаных, супесчаных и гравелистых грунтов могут применяться грейдеры с 6—10 проходами по одному следу, а при

обработке тяжелых грунтов лучше применять фрезы с 2—4 проходами. Окончательное перемешивание выполняется после внесения воды за 2—3 прохода фрезы и 6—10 проходов грейдера. Для ускорения перемешивания целесообразно параллельно применять дисковые бороны и культиваторы.

*Смешение на месте однопроходной машиной.* Лучшее качество смешения грунта с вяжущими достигается однопроходной грунтосмесительной машиной типа Д-391. Такие машины пригодны для работы с несвязными и связными грунтами. Большим достоинством этих машин является то, что производство работ с однопроходной машиной менее зависит от погодных условий. Машины этого типа размельчают грунт, дозируют вяжущее и воду с последующим перемешиванием смеси до однородной массы за один проход при глубине обработки 8—25 см в плотном теле.

Производительность смесителя типа Д-391 определяется по формуле:

$$P_c = (b - c) v k_b, \quad (53)$$

где  $b$  — ширина обрабатываемой полосы (2,4 м);

$c$  — ширина перекрытия полос (0,05—0,10 м);

$v$  — рабочая скорость при перемешивании (машина имеет три скорости 109, 236 и 424 м/ч);

$k_b$  — коэффициент использования машины по времени (0,80—0,85).

Производительность смесителя в зависимости от рабочей скорости может быть 200—800 м<sup>2</sup>/ч и от глубины обработки 15—200 м<sup>3</sup>/ч.

При работе с однопроходной машиной порошкообразное вяжущее подается в дозировочное устройство непрерывно на ходу по шлангу в аэрированном состоянии из автоцементовоза, толкаемого грунтосмесительной машиной. Жидкое вяжущее подвозят к машине автогудронаторами или битумовозами и перекачивают в бак смесителя.

При необходимости введения в грунты добавок вместе с машиной типа Д-391 в механизированном отряде должна работать

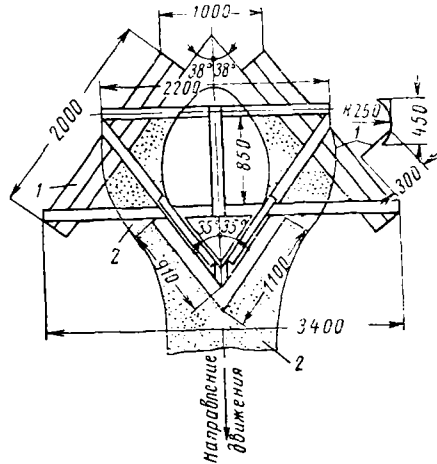


Рис. 89. Многоножевой смеситель для перемешивания грунта:

1 — ножи; 2 — вал перемешиваемого грунта



фреза или для смешения грунта с добавками назначают дополнительные проходы машины.

После прохода смесительной машины слой обработанного грунта планируют автогрейдером и уплотняют.

*Смешение в передвижных и стационарных смесительных установках.* Хорошее качество смешения грунта с вяжущим обеспечивают смесители типа Д-370. Они только перемешивают грунт с вяжущим, в процессе которого грунт не размельчается. Поэтому такой смеситель наиболее целесообразно применять при смешении несвязных грунтов. При работе смесителя на связных грунтах необходимо в составе механизированного отряда иметь дорожную фрезу и автогрейдеры.

До начала работы смесителей производят тщательную планировку для обеспечения одинаковой толщины готового покрытия. После этого грунт предварительно измельчают и собирают с помощью грейдеров в валы посередине обрабатываемой полосы. Площадь сечения вала должна соответствовать производительности смесителя, т. е.

$$f_{\text{в}} = \frac{P_{\text{ср}}}{v\gamma}, \quad (54)$$

где  $f_{\text{в}}$  — площадь сечения вала  $\text{м}^2$ .

$P_{\text{ср}}$  — средняя производительность смесителя (50—100  $\text{т/ч}$ );

$v$  — скорость движения смесителя (от 60 до 480  $\text{м/ч}$ );

$\gamma$  — объемный вес обрабатываемого грунта ( $\text{т/м}^3$ ).

Одновременно необходимо учитывать, что площадь сечения вала должна быть такой, чтобы из грунтового вала после распределения получился слой покрытия или основания требуемой проектом толщины с учетом коэффициента уплотнения, равного в зависимости от вида грунта 1,25—1,60. Это требование обеспечивается определенными расстояниями между валами. Рекомендуется, чтобы между валами было свободное место шириной не менее 2 м для прохода транспорта, подвозящего вяжущие.

Грунт из валов при проходе смесителя захватывается элеватором и подается в бункер, а затем в мешалку, куда также поступает вяжущее. После перемешивания в мешалке готовая смесь подается в корыто, где она разравнивается автогрейдером и уплотняется.

В некоторых конструкциях смесителей смесь укладывается шнековыми распределителями, имеющими также трамбующие брусья и выглаживающие виброплиты для предварительного уплотнения. Кроме того, можно использовать многороторные передвижные смесители, с помощью которых внесение вяжущего и перемешивание выполняется на месте в корыте, без подачи грунта в смеситель. Эксплуатационная производительность смесителей определяется по формуле

$$P_{\text{с}} = \frac{k_{\text{в}} P_{\text{ср}}}{B\gamma H}, \quad (55)$$

где  $P_c$  — производительность смесителей, м/ч;  
 $P_{ср}$ ;  $\gamma$  — см. обозначения к формуле (54);  
 $k_b$  — коэффициент использования смесителя по времени (0,75—0,85);  
 $B$  — ширина полосы устраиваемого покрытия, м;  
 $H$  — толщина обработанного слоя покрытия, м.

Технологический процесс укрепления грунтов вяжущими в значительной степени зависит от влажности грунта. При недостаточной влажности грунт плохо измельчается и перемешивается с вяжущим, а при избытке влаги образуются комки. Поэтому при обработке грунтов необходимо обеспечивать влажность, указанную в табл. 24.

Смесь грунта с вяжущим можно готовить в стационарных смесителях. Применение стационарного метода приготовления смеси требует оборудования временной или постоянной базы, располагаемой обычно в карьере легких грунтов (песчаных, супесчаных и гравийных) или же на цементобетонном и асфальтобетонном заводах. Для перемешивания используются смесители типа Д-370, а также растворо- и бетономешалки с принудительным перемешиванием типа С-543. В этом случае требуется дополнительное оборудование для точного дозирования вяжущих, других веществ и для размельчения связных грунтов.

Стационарные смесительные установки могут быть использованы для предварительной заготовки грунта, обработанного битумом или дегтем, который может храниться (до трех месяцев) в штабелях до укладки его на место.

Готовую смесь транспортируют к месту, укладывают слоями требуемой толщины и уплотняют.

## § 77. Окончательная планировка и уплотнение укрепленных грунтов

Полученная в результате перемешивания грунтовая смесь подлежит окончательной планировке и уплотнению. Для этого после окончания перемешивания (и не позже чем через 10—12 ч, что необходимо для сохранения влажности), выполняется предварительная планировка автогрейдерами, в процессе которой для выявления неровностей рекомендуется сделать 2—3 прохода 5-тонным катком с гладкими вальцами. После этого проверяют правильность планировки по контрольным точкам при помощи визирок и в случае необходимости вносят соответствующие исправления, а затем окончательно планируют многократными проходами грейдеров (10—12 проходов по одному следу) с повторной проверкой проектных отметок профиля покрытия или основания.

Обработанный грунт уплотняют катками на пневматических шинах и с гладкими вальцами.

Когда обрабатываемые малосвязные грунты имеют значительную толщину, лучшее уплотнение достигается с помощью вибрационных машин. Режим работы уплотняющих машин остается тем же, что и при уплотнении грунтов в процессе выполнения земляных работ. Однако следует учитывать, что ввиду значительного разрыхления обрабатываемого грунта требуется предварительная подкатка. Поэтому в начале укатки применяют катки на пневматических шинах весом до 2—3 т, затем до 10 т с количеством проходов 4—6 (примерно по 2—3 прохода для обеих весовых категорий катков). После этого для окончательного уплотнения в зависимости от толщины уплотняемого слоя применяют катки на пневматических шинах весом 10—25 т (6—10 проходов). Наконец, для окончательной отделки поверхности (придания ровности) применяют двух- или трехвальцовые самоходные катки (5—6 проходов). Уплотнение должно выполняться при оптимальной влажности. Коэффициент уплотнения должен быть не ниже 0,98.

Уплотнение обработанного грунта начинают от краев (с обочин) полос с постепенным смещением к середине. При этом перекрытие смежных следов катков должно быть не менее 20 см. Особенно тщательно укатывают края покрытия шириной 2,0—2,5 м, где количество проходов катков увеличивается на 20—25%, и к началу укатки делают достаточно устойчивые упоры из уплотненного грунта. Эксплуатационная производительность катков определяется по формуле

$$P_k = \frac{l_3 (b - c) k_b}{\left(\frac{l_3}{v} + t_p\right) n_{тр}}, \quad (56)$$

где  $P_k$  — производительность катка,  $m^2/ч$ ;

$l_3$  — длина укатываемой полосы (200—250 м);

$b$  — ширина укатываемой за один проход полосы (1—2 м);

$c$  — ширина перекрытия смежных следов катка (20—25 см);

$k_b$  — коэффициент использования катка по времени (0,70—0,85);

$v$  — средняя скорость движения катка (2—4 км/ч);

$t_p$  — продолжительность разворота (0,08 ч);

$n_{тр}$  — требуемое количество проходов катка по одному следу.

Практически производительность составляет 150—300  $m^2/ч$ .

После окончательной планировки и уплотнения должен быть обеспечен надлежащий уход за обработанным грунтом для приобретения определенного качества, а также приняты меры по защите этих качеств.

Уход за обработанным грунтом состоит в том, что требуется обеспечить благоприятные условия твердения, если в качестве вяжущего применен цемент, и создать защитные слои во всех

других случаях применения вяжущих. После уплотнения цементогрунта на его поверхность наносится (рассевается) песок слоем 5—7 см с поливкой водой 2—4 раза в день в течение двух недель. Вместо засыпки песком и поливки водой допускается применение защитных пленок, предохраняющих цементогрунт от высыхания (битумных эмульсий, разжиженных битумов и пр.). В период твердения цементогрунтового слоя движение по нему автомобилей или самолетов не разрешается.

Защитные слои устраивают для улучшения условий формирования обработанного грунта, увеличения погодоустойчивости и защиты от износа при движении автомобилей или самолетов. В результате устройства защитных слоев улучшаются эксплуатационные качества и возрастает долговечность обработанных грунтов.

Защитный слой может быть выполнен в виде одиночной или двойной поверхностной обработки органическими вяжущими — россыпью и уплотнением крупного песка, каменной мелочи, фракционированного щебня или песчано-гравийной смеси. Этот слой может быть сделан из мелкозернистого горячего или холодного (на подъездных дорогах) асфальтобетона.

В настоящее время еще нет опыта длительной эксплуатации покрытий из обработанных грунтов с разными защитными слоями. Однако на основе опытных проверок для устройства защитных слоев можно рекомендовать следующие вяжущие материалы:

на покрытиях из грунтов, обработанных цементом и известью для предварительной пропитки покрытия — резино-битумные дисперсии и битумные эмульсии; для основного розлива — вязкие битумы БНД-200/300 и БНД-130/200 и резино-битумное вяжущее;

на покрытиях из грунтов, обработанных фурфурол-анилиновыми смолами (ФАС) и гидрофобно-структурообразующими смесями: для предварительной пропитки покрытия, выполняемой после втапливания каменной мелочи — жидкие битумы МГ-25/40 и МГ-40/70, резино-битумные дисперсии; для основного розлива — вязкие битумы БНД-200/300 и БНД-130/200 и резино-битумное вяжущее;

на покрытиях из грунтов, обработанных жидким стеклом, карбамидными смолами и сульфитно-бардяным концентратом: для поверхностной обработки, выполняемой по сухой поверхности (не ранее трех суток после устройства покрытия) — жидкие битумы МГ-25/40 и МГ-40/70, резино-битумные дисперсии, резино-битумное вяжущее; для основного розлива — резино-битумная дисперсия, резино-битумное вяжущее);

на покрытиях из грунтов, обработанных сланцевыми дегтями: для поверхностной обработки — жидкие битумы МГ-40/70, резино-битумные дисперсии, резино-битумное вяжущее, а также сланцевый деготь с отвердителями.

Резино-битумное вяжущее представляет собой смесь из девулканизированной резины, битума и каменноугольных дегтей в определенных пропорциях, полученную их взаимодействием при нагревании и механической обработке на основе бензинового растворителя. Резино-битумная дисперсия есть композиция из трех частей водной дисперсии резины и двух частей битумной эмульсии.

Технология устройства защитных слоев такая же, как и слоев износа, поверхностной обработки и пропитки, подробно описанных в главе XIII.

## § 78. Организация работ по строительству оснований и покрытий, контроль качества

Работы по строительству покрытий и оснований из укрепленных грунтов организуются поточным методом. Ширина захватки (участка) обычно принимается равной полной ширине ВПП, МС, РД, дороги и т. д. В свою очередь ширина захватки на ВПП и МС разбивается на ряд технологических полос, на которых последовательно выполняются все технологические операции. Ширина этих полос зависит от принятого способа производства работ и средств механизации.

При использовании однопроходных грунтосмесительных машин, передвижных смесителей или фрез ширина полос равна ширине захвата этих машин. Если основной машиной для измельчения грунта и его перемешивания является грейдер, то ширина полос принимается 10—12 м, что необходимо для обеспечения мест расположения валов, уплотнения корыта и возможности рационального разворота грейдера. На захватке полосы могут иметь различную ширину, обеспечивающую удобство выполнения технологических операций.

Длина захватки зависит от вида применяемого вяжущего, ширины захватки и способа выполнения работ. Обычно эта длина составляет на ВПП и групповых МС — 200—350 м, на РД — 400—500 м. Разрывы между захватками для разворота машин не оставляются. Просветы длиной 20—25 м, где происходит разворот машин, по всей ширине захватки вторично планируются и уплотняются после окончания работ на смежной захватке. Исключение составляет случай укрепления грунтов цементом с помощью передвижных смесителей, когда указанные просветы приходится оставлять для заглубления, выглубления рабочих органов смесителей и разворота машин. Эти просветы заделывают после окончания работ на двух смежных захватках поперечными проходами смесительных машин. Длина захватки при устройстве цементогрунтового покрытия или основания зависит также от допустимого времени обработки смеси. В этом случае длина захватки может определяться по формуле

$$l_3 = \frac{v_B (k_B t_d - t_n)}{n_3}, \quad (57)$$

где  $v_B$  — рабочая скорость ведущего агрегата средств механизации, м/ч;  
 $k_B$  — коэффициент использования машины по времени;  
 $t_d$  — допустимая продолжительность обработки цементогрунта (4—6 ч);  
 $t_n$  — время, затрачиваемое на переходы ведущей машины с одной полосы на другую, ч;  
 $n_3$  — количество полос на захватке.

В результате назначения размеров захваток и полос площадь их должна быть такой, чтобы все машины и механизмы, исходя из их производительности, выполняли технологические операции без простоев. В связи с этим допускается выполнение отдельных операций на различных по ширине полосах, а увязка производительной работы всех машин и механизмов производится за счет их количества.

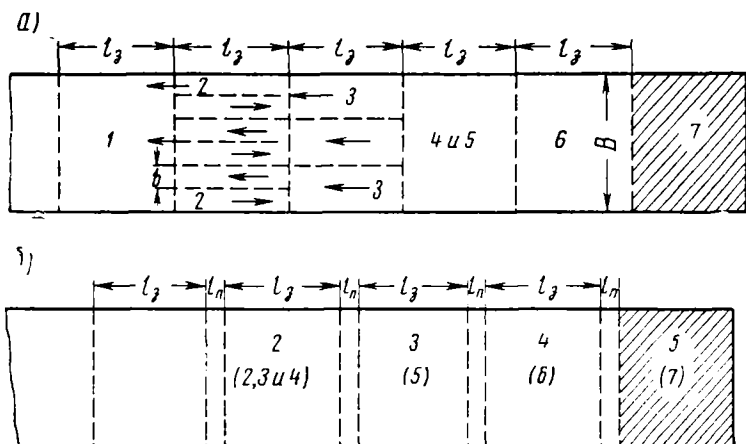


Рис. 90. Схемы производства работ:  
 а — при перемешивании грунтов с жидкими органическими вяжущими грейдером; б — при укреплении грунтов цементом (известью) с перемешиванием дорожной фрезой;

1 — предварительная планировка, прикатка, увлажнение; 2 — рыхление и измельчение грунта; 3 — внесение вяжущего распределителем и перемешивание (грейдером при внесении жидких вяжущих и смесителем — цемента); 4 — планировка; 5 — уплотнение (с поливкой при внесении цемента); 6 — уход за укрепленным грунтом; 7 — готовое покрытие;  $l_3$  — длина захватки;  $l_n$  — длина просвета (разрыва) между захватками;  $b$  — ширина обрабатываемых полос на захватке;  $B$  — ширина строящегося покрытия или основания

Примерные схемы производства работ грейдером при перемешивании грунтов с жидким вяжущим и при укреплении грунтов цементом (известью) на месте с помощью дорожной фрезы показаны на рис. 90. При использовании дорожной фрезы в качестве ведущей машины цикл работ может выполняться на четырех захватках вместо пяти-шести при работе грейдера на перемешивании.

На первой сменной захватке автогрейдер и поливо-моечная машина предварительно планируют, прикатывают и увлажняют грунт для получения оптимальной влажности. Во избежание пересыхания грунта эти работы рекомендуется вести ночью. На второй захватке (желательно в утреннюю смену) выполняется рыхление и измельчение грунта, выравнивание поверхности (грубая планировка); на третьей — внесение вяжущего и перемешивание; на четвертой — увлажнение, окончательное перемешивание и планировка; на пятой — немедленная укатка; на шестой — уход за цементогрунтом (рассыпается песок и поливается водой, разливается жидкий битум или битумная эмульсия). При применении фрезы операции 2, 3 и 4 выполняются на одной захватке одновременно.

Технологическая последовательность операций при строительстве цементогрунтовых оснований или покрытий с помощью грунто-смесительной машины сохраняется той же, что и при использовании дорожных фрез. Однако в этом случае сокращается одна захватка, так как работы по измельчению грунта, внесению в него цемента, перемешиванию и уплотнению выполняются машиной на одной захватке.

Приведенные схемы производства работ по укреплению грунтов практически могут быть различными, зависящими от конкретных условий местности, наличия механизмов и сроков строительства.

При выполнении работ по укреплению грунтов необходимо особое внимание уделять предохранению рабочих от воздействия на их организм токсических и пожароопасных реагентов в процессе разогрева, приготовления и обращения.

При работе с вяжущими органического происхождения (битумами, резино-битумными вяжущим и пр.), большинство которых может воспламениться, необходимо располагать котлы для разогрева и приготовления раствора не ближе 25 м от застройки, а запасы топлива и вяжущего — не ближе 35 м от котла. На месте установки котлов для разогрева и емкостей для приготовления растворов должны быть ящики с песком, лопаты, огнетушители и другой противопожарный инструмент со свободным доступом к ним. Курить в этих местах запрещается.

Котлы и емкости, в которых производится перемешивание, должны иметь ограждения, исключающие возможность падения в них людей, а также выбрасывание брызг и пены, которые могли бы попасть на работающих.

Рабочие должны быть обеспечены защитными очками, спецодеждой, рукавицами и сапогами.

При работе с порошковыми и сыпучими материалами необходимо принимать меры против возникновения пыли и ограничивать время пребывания работающих в запыленной атмосфере независимо от наличия у них индивидуальных защитных приспособлений. Рабочие должны иметь также вазелин для смазыва-

ния открытых частей тела. Допуск к этим работам лиц с больной кожей, ссадинами, ожогами и раздражением кожи не разрешается.

*Контроль качества работ* при укреплении грунтов осуществляется полевой лабораторией, которая непрерывно контролирует степень и глубину рыхления и измельчения грунта, влажность грунта, точность дозировки вяжущих, качество перемешивания и уплотнения, соблюдение проектных отметок и ровности поверхности, выполнение мероприятий по уходу и созданию защитных слоев, а также качество и условия хранения вяжущих.

Степень рыхления и измельчения проверяют путем рассева средних проб на сите с отверстиями 5 мм. Агрегатов грунта (комков) более 5 мм не должно быть более 15%. Глубина рыхления контролируется в трех-пяти точках по поперечнику через каждые 100 м обрабатываемой полосы. Отклонения глубины рыхления допускаются в пределах  $\pm 10\%$ .

Влажность грунта определяют влагомером или другим ускоренным способом, отбирая для этого пробы в трех точках по поперечнику через каждые 50 м обрабатываемой полосы. Влажность приходится контролировать в процессе выполнения всех технологических операций, добиваясь показателей, требуемых техническими условиями на производство работ.

Точность дозировки, однородность перемешивания и уплотнения проверяются путем изготовления выборочных контрольных образцов из средних проб, взятых с места производства работ. Одновременно с этим в лабораторных условиях изготавливают подобные образцы (с таким же расходом вяжущего и с теми же грунтами). Обе партии образцов подвергают в дальнейшем испытаниям.

Кроме этого, точность дозировки может быть примерно определена подсчетом израсходованного количества реагента на единицу обработанной площади. Качество перемешивания также примерно может быть установлено визуально по однородности цвета.

Соответствие проектных отметок и полученных в натуре проверяют нивелированием по контрольным точкам и дополнительно по визиркам. Ровность контролируют 5-метровой рейкой, просвет в середине которой не должен превышать для оснований под монолитные покрытия 1,5 см, под сборные — 0,5 см. Толщину слоя готового покрытия или основания проверяют путем замера вырубков, взятых в трех точках поперечников через 200 м. Отклонения допускаются в пределах  $\pm 10\%$ .

Уход за цементогрунтовым покрытием или основанием и создание защитных слоев на других типах обработанных грунтов контролируется в процессе их выполнения.

Результаты контроля качества работ, а также условия и время выполнения всех технологических операций фиксируют в специальных журналах, находящихся в полевых лабораториях.



### СТРОИТЕЛЬСТВО ГРАВИЙНЫХ, ЩЕБЕНОЧНЫХ И ГРУНТОЩЕБЕНОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ И ОСНОВАНИЙ

#### § 79. Основные требования к материалам

Гравийные, щебеночные, грунтощебеночные, шлаковые и грунтогравийные покрытия и основания могут быть построены из местных материалов, по простой технологии и с применением средств механизации для выполнения всех технологических операций.

Основные недостатки этих покрытий — большая пылимость, недостаточная связность, сравнительно быстрый и неравномерный износ. Поэтому они больше всего используются, как основания под цементобетонные и асфальтобетонные покрытия или обрабатываются органическими вяжущими, что позволяет избавиться от указанных выше недостатков. Однако в ряде случаев гравийные, щебеночные и особенно грунтощебеночные (грунтогравийные) покрытия могут быть построены, как временные, с последующим использованием их в качестве основания и на сопряжениях ВПП с концевыми и боковыми полосами безопасности, на стартофинишных площадках грунтовых аэродромов и пр. Такие покрытия устраивают на подстилающем слое из песка, шлака, укрепленного грунта, а при благоприятных грунтовых и гидрогеологических условиях — непосредственно на естественном грунте.

Строительство гравийных, щебеночных и грунтощебеночных покрытий и оснований состоит в том, что с помощью средств механизации выполняются операции по распределению, увлажнению и уплотнению материалов, обеспечивающие формирование прочного и устойчивого слоя по методу плотных смесей или заклинки.

Метод плотных смесей, применяемый при строительстве гравийных и грунтогравийных покрытий и оснований, обеспечивает формирование за счет подбора по принципу оптимальных смесей, в которых скелетным материалом является гравий, заполнителем — песчаные и пылеватые фракции, а вяжущим — глинистая фракция. В результате подбора скелетный и заполняющий материалы должны обеспечить плотность смеси при наивысшем содержании скелетной фракции. Количество глинистых частиц должно быть достаточным для обеспечения связности в сухую погоду и в то же время, чтобы не было излишка во избежание сильного снижения прочности во влажный период года.

Метод заклинки используется для однородного крупнозернистого каменного материала, в котором при уплотнении возникает взаимная заклинка зерен за счет введения более мелких фракций каменного материала. В такой смеси возникают внутреннее трение между отдельными каменными фракциями и цементация

за счет каменной пыли, образующейся при уплотнении. Все это приводит к созданию монолитности укладываемого слоя. По методу заклинки строятся, как правило, щебеночные покрытия и основания.

Гравийные, щебеночные и подобные им покрытия и основания устраивают в один, два и более слоев, что зависит от прочности применяемых каменных материалов, мощности уплотняющих средств, состояния грунтового основания и расчетной толщины покрытия, устанавливаемой при проектировании. Так, например, если вблизи места строительства имеется сравнительно дешевый, но недостаточно прочный каменный материал, то его можно применить в нижнем слое, а для верхнего слоя привезти более прочный материал. В нижнем слое может быть использован крупный материал с меньшим содержанием мелких фракций, тогда как для верхнего слоя с целью обеспечения лучших условий формирования и повышения износоустойчивости требуется более мелкий материал (не крупнее 25—30 мм для гравия и 35—40 мм щебня).

В несколько слоев приходится сооружать гравийные и щебеночные покрытия и основания в том случае, когда по расчету они требуются значительной толщины, а для уплотнения их нет необходимых уплотняющих средств. Обычные и вибрационные катки могут уплотнять слои в плотном теле до 16—18 см, а катки на пневматических шинах — до 25—30 см. Поэтому, когда требуется построить гравийные покрытия или основания толщиной более 16 см, а щебеночные более 18 см с уплотнением обычными катками, приходится укладывать материал в два и более слоев. Минимальная толщина слоя, в том случае когда материал укладывают на несвязный подстилающий слой (песок и пр.), должна быть не менее 12—15 см. При меньшей толщине в процессе укатки может перемешаться несвязный материал подстилающего слоя с каменным материалом. Толщину нижнего слоя при двухслойных покрытиях рекомендуется принимать равной 60—70%, а верхнего — 30—40% от общей толщины покрытия.

Материалы, из которых строят гравийные, щебеночные и подобные им покрытия и основания, должны соответствовать определенным требованиям по прочности, крупности и форме зерен, морозостойкости, гранулометрическому составу. Для верхних слоев покрытий ВПП следует применять гравий с износом в стандартном барабане не более 35% (твердой и средней категорий) и РД—25% (твердой категории). Менее прочный гравийный материал может быть использован для оснований и нижних слоев покрытий.

Гравийный материал должен состоять из зерен не сильно окатанных и имеющих шероховатую поверхность для того, чтобы обеспечить лучшие условия формирования покрытия (основания) в процессе укатки. Этим требованиям в наибольшей степени отвечает горный гравий, состоящий из зерен остроугольной формы

и содержащий значительное количество пылевато-глинистых частиц. При использовании речного и особенно морского или озерного гравия, который является окатанным, необходимо добавлять дробленый материал (щебень) для повышения коэффициента внутреннего трения.

Гравийные материалы, представляющие собой, как правило, естественную или искусственную смесь из гравия, песка и пылевато-глинистых частиц, должны по гранулометрическому составу соответствовать требованиям, приведенным в табл. 27.

Таблица 27

Размер отверстий сит, мм						
40	20	10	5	2,5	0,63	Менее 0,05
Количество частиц, прошедших через сито, % по весу						
100	60—80	45—65	30—55	20—45	15—35	7—20
—	80—95	65—90	50—75	35—65	20—45	8—25
—	—	90—100	70—85	45—75	25—55	8—25

Примечание. Смесь, прошедшая через сито 0,63 мм, должна иметь предел текучести до 25 и число пластичности до 6.

Состав песчано-гравийной смеси выбирается в зависимости от толщины слоя основания и крупности материала, имея в виду, что наибольшая крупность частиц не должна превышать половины толщины основания. Для избыточно увлажненных районов содержание частиц размерами менее 0,05 мм следует принимать по меньшему значению, а для сухих районов — по большему.

Щебень получается из камня естественных горных пород, обожуженного клинкера или металлургических шлаков, характеризующихся достаточной прочностью. Каменные материалы, из которых получают щебень, должны иметь прочность (сопротивление сжатию) не менее 600 кг/см<sup>2</sup> для покрытий и 300 кг/см<sup>2</sup> для оснований. Для грунтощебня могут использоваться местные каменные материалы прочностью от 150 кг/см<sup>2</sup> и выше для верхних слоев и от 100 кг/см<sup>2</sup> и выше для нижних слоев. Нецелесообразно применять очень прочные каменные материалы, как, например, диабазы, базальты, мартеновские шлаки, имеющие прочность до 1500 кг/см<sup>2</sup>, так как дробление таких материалов вызывает неоправданные трудности и уплотнение их затруднено.

Каменные материалы при их увлажнении и уплотнении способны цементироваться за счет связности вследствие образования теста из каменной пыли и воды. Лучше цементируются известняки, хуже — песчаники, некоторые разновидности которых (кварциты, кремнистые песчаники) вообще не применимы для устройства покрытий.

Щебень должен иметь кубовидную форму. Содержание зерен

пластинчатой (лещадной) формы допускается не более 15% для покрытий и оснований, а глинистых и пылевидных частиц, комков глины, суглинка и других примесей не более 2% по весу.

Для грунтощебня пригоден рядовой щебень (без фракционирования), который по своему составу близок к оптимальной смеси. Максимальный размер щебня рекомендуется 50 мм, количество в смеси — 50—70%.

Гранулометрические составы грунтощебеночных и грунтогравийных смесей, рекомендуемые для устройства покрытий и оснований, приведены в табл. 28.

Таблица 28

Смеси	Размеры отверстий сит, мм											
	50	40	25	15	5	2	1	0,5	0,25	0,15	0,07	0,005
Количество частиц, проходящих через сито, % по весу												

*Для верхнего и нижнего слоя*

Крупнозернистые	—	100	85	70	43	28	22	15	10	8	7	7
	—	—	95	85	65	52	43	35	28	25	20	18
Среднезернистые	—	—	100	80	50	33	25	18	13	10	8	8
	—	—	—	95	85	70	55	40	35	28	23	21
Мелкозернистые	—	—	—	100	63	40	30	22	15	12	10	10
	—	—	—	—	50	75	60	45	36	30	25	22
Грунтовые	—	—	—	—	—	100	70	48	32	24	16	13
	—	—	—	—	—	—	85	70	60	50	40	36

*Только для нижнего слоя*

Крупнозернистые	100	—	75	60	35	25	—	—	10	—	5	4
	—	—	55	30	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	100	80	57	30	15	10	5	3	1	—	—
	—	—	85	80	60	50	—	—	30	—	18	17
	—	—	85	70	43	28	22	15	10	8	7	7
Среднезернистые	—	—	75	60	35	25	—	—	10	—	5	4
	—	—	100	70	35	18	12	6	4	2	—	—
	—	—	—	80	50	33	25	18	13	10	8	8
Мелкозернистые	—	—	—	100	50	25	15	10	5	2	—	—
	—	—	—	—	63	40	30	22	15	12	10	10

Содержание частиц менее 0,005 мм (глины) в грунтогравийных и грунтощебеночных смесях для верхнего слоя должно быть не более 3%, а для нижнего — 5%.

Кроме гравия и щебня, для строительства покрытий и оснований в ряде случаев можно применить и другие материалы, различные отходы промышленности. Наибольший интерес из этих материалов представляют металлургические шлаки (доменные, мартеновские, меде- и сталеплавильные, ваграночные). По крупности и механическим свойствам шлаки подобны щебню. Иногда для лучшей связности в шлаки полезно вводить глинистые частицы.

Доменные отвалы шлаки в зависимости от химического состава делятся на основные, у которых шлаковый модуль  $M > 1$ , кислые —  $M < 1$  и нейтральные —  $M = 1$

$$M = \frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3}. \quad (58)$$

Основные шлаки обладают ценным свойством цементоваться вследствие образования шлаковой муки при укатке и происходящих в них химических процессов. Прочность шлаковых покрытий с течением времени увеличивается. Однако для предотвращения быстрого износа основные шлаки лучше всего обрабатывать органическими вяжущими.

Кислые шлаки можно применять с обработкой органическими вяжущими и без обработки. Шлаки следует применять после того, как они пролежали в отвалах не менее двух лет.

Мартеновские и плавильные шлаки отличаются от доменных тем, что требуют дробления, так как в отвалах они находятся в виде отдельных прочных кусков и камней объемом 3—5 м<sup>3</sup>.

Шлаковый камень не должен содержать посторонних примесей (мусора, калашниковой пыли), химически несвязного металла и должен быть устойчивым против любого вида химического распада. Он применяется рассортированным по фракциям с укладкой методами плотных смесей или заклинки.

## § 80. Подготовка грунтового основания и устройство подстилающего слоя

Состав и последовательность выполнения отдельных технологических операций при строительстве гравийных, щебеночных и грунтощебеночных (грунтогравийных) покрытий и оснований имеют определенное различие, так как на отдельных этапах производства работ могут быть дополнительные операции, как, например, по перемешиванию грунта со щебнем при строительстве грунтощебеночных покрытий, по укатке и пр.

Технология строительства этих покрытий состоит из следующих операций: подготовки грунтового основания и устройства подстилающего слоя (выполняется не во всех случаях); завоза и распределения материалов; уплотнения с необходимым увлажнением и отделкой.

Когда покрытие или основание строят в два и более слоев, указанные технологические операции последовательно повторяют.

Перед тем, как завозить и укладывать гравийный или щебеночный материал, грунтовое основание должно быть тщательно спланировано и выровнено в соответствии с проектными отметками. В том случае, когда проектом предусматривается осушение, необходимо выполнить все работы по водоотводу. Грунтовое основание должно быть тщательно уплотнено.

Если проектом предусмотрено устройство подстилающего слоя из песка, шлака или укрепленного грунта, то эта работа выполняется после подготовки грунтового основания и водоотвода. Подстилающий слой путем укрепления грунтов создается по технологии и средствам механизации, изложенным в главе XI. Песчаный подстилающий слой устраивается из песков, залегающих вблизи места строительства. Однако не всякий песок может быть использован для этих целей. Необходимо, чтобы пески имели хорошую водопроницаемость. Это требуется для обеспечения быстрой отдачи проникающей в основание воды и достаточной устойчивости песка в сухом и влажном состоянии. Такими являются незагрязненные крупные или средней крупности пески.

Песок из карьера завозят автомобилями непосредственно на подготовленное грунтовое основание. Движение автотранспорта по грунтовому основанию может быть допущено лишь в том случае, если грунт имеет оптимальную влажность, не деформируется и не разрыхляется. В этом случае движение автотранспорта полезно, так как происходит дополнительное уплотнение, но оно должно быть рассредоточенным.

Завезенный и распределенный по грунтовому основанию песок разравнивают слоем примерно на 10—15% больше проектной толщины, что необходимо для учета уплотняемости песка. Уплотнить песок можно легкими катками (2—3 т), площадочными вибраторами или обильным увлажнением. Однако уплотнение водой может применяться только в сухой и теплый периоды года, когда вода может быстро испариться из песка. При этом нельзя допускать чрезмерной поливки водой, так как это переувлажнит грунтовое основание и потребует длительного времени для просушивания.

В том случае, когда щебеночное покрытие или основание укладывают на подстилающий песчаный слой, то, кроме установления минимальной толщины (18 см) покрытия или основания, в значительной степени, предохраняющей от перемешивания каменного материала в процессе укатки, рекомендуется поверхность песчаного слоя покрыть тонким слоем мха или каменных высевок толщиной 2—3 см. Увлажнение песка перед отсыпкой щебня, если его уплотняют незамедлительно, также может предотвратить их перемешивание.

Каменные материалы завозят и распределяют на подготовленное основание строго по конструктивным слоям. Отсыпав и уплотнив один слой, приступают ко второму слою и т. д. до полного устройства покрытия. Когда гравийная смесь составляется из нескольких различных материалов, их приходится рассыпать в несколько приемов в пределах одного слоя с последующим перемешиванием.

Перед началом завоза материала делают отметку необходимой высоты россыпи путем установки вдоль отсыпаемой полосы досок толщиной 5—6 см на ребро. Можно также забивать ко-

лышки на расстоянии 5 м один от другого. Доски и колышки устанавливают по нивелиру и при помощи визирок на высоту, равную толщине отсыпаемого слоя в рыхлом состоянии, т. е. с учетом коэффициента уплотнения, который лучше всего определять в каждом конкретном случае на пробном участке или в лаборатории. Можно также пользоваться приближенными значениями:

для гравийного материала и рядового щебня	1,25—1,30
для фракционированного каменного щебня	1,30—1,40
для фракционированного шлакового щебня	1,25—1,30

Фиксировать толщину отсыпаемого слоя материала с помощью досок более удобно, чем колышками, так как их устанавливают вдоль края полос и они не мешают работе машин, а также достаточно устойчивы. После отсыпки материала доски удаляют (переставляют на другую захватку), а оставшиеся промежутки (зазоры) заполняют материалом.

Материалы к месту укладки, как правило, требуется завозить в готовом виде. Вся необходимая работа по обогащению гравийных или фракционированному щебеночных материалов должна выполняться на стороне или лучше в карьере.

Во избежание деформации основания движение автомобилей-самосвалов должно осуществляться по ранее отсыпанному слою. Поэтому в зависимости от конкретных условий завоз и разгрузка, а также распределение материала может производиться по одной из трех схем:

1) материал подается автомобилями-самосвалами в бункер специального распределителя, перемещающегося вдоль захватки и отсыпающего полосы, по которым происходит движение автомобилей-самосвалов (рис. 91);

2) материал завозят и разгружают вдоль края ВПП или РД на грунтовой обочине или вдоль края уже уложенного и укатанного слоя покрытия и затем бульдозером перемещают и разравнивают поперек или вдоль отсыпаемой полосы, если используется бульдозер с поворотным отвалом (рис. 92);

3) материал завозят и разгружают в конце отсыпа и укатываемой полосы и затем бульдозером с неповоротным отвалом перемещают и разравнивают вдоль полосы (рис. 93).

По первой схеме (см. рис. 91) материалы завозят непосредственно перед укладкой в количестве, зависящем от производительности распределителя. По конструктивному выполнению распределителя имеются двух модификаций: 1) с загрузкой материалов в бункер, расположенный спереди машины, что вызывает необходимость заезда автомобилей-самосвалов на подстилающий слой и 2) с загрузкой материалов сзади машины, когда подача производится автомобилем-самосвалом с уложенного слоя. Распределители обеспечивают равномерное распределение материала необходимой толщины (до 25 см) и предварительное уплотнение с помощью виброплит.

По второй схеме (см. рис. 92) материал в зависимости от организации работ можно завозить перед укладкой или заблаговременно, так как для этого имеется широкий фронт разгрузки и распределения материала. Движение автомобилей-самосвалов

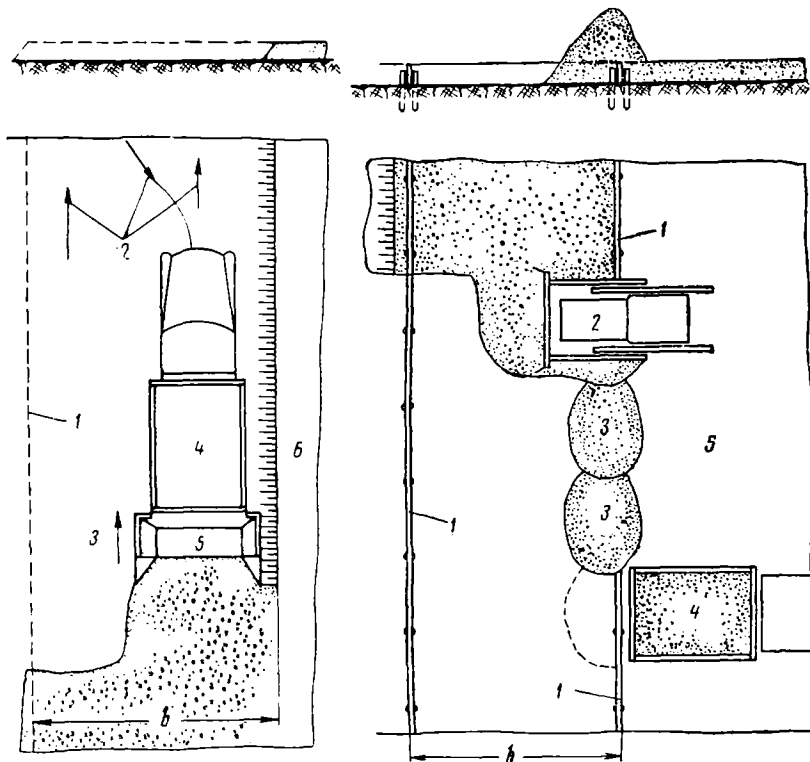


Рис. 91. Схема завоза и распределения каменных материалов распределителем:

1 — кромка отсыпаемой полосы; 2 — направление движения автомобилей-самосвалов, подвозящих материалы; 3 — направление движения распределителя; 4 — автомобиль-самосвал; 5 — распределитель; 6 — ранее отсыпанная полоса (или обочина ВПП);  $b$  — ширина отсыпаемой полосы

Рис. 92. Схема завоза каменных материалов вдоль края ВПП или ранее отсыпаемой полосы и распределение их бульдозером поперек полосы:

1 — доски, установленные на ребро и закрепленные кольшками; 2 — бульдозер; 3 — кучи завезенного материала; 4 — автомобиль-самосвал с материалом (перед разгрузкой); 5 — ранее отсыпанная полоса (или обочина ВПП);  $b$  — ширина отсыпаемой полосы

происходит по ранее уложенному слою, что делает эту схему предпочтительной по сравнению с теми, когда автомобилям-самосвалам приходится заезжать на подстилающий слой или грунтовое основание.

Третья схема (см. рис. 93) ограничивает фронт работы. Движение автомобилей-самосвалов производится только по готовому покрытию (основанию). Эта схема завоза каменных материа-



лов и их распределение применяется в тех случаях, когда заезд автомобилей-самосвалов вдоль края полосы невозможен; например, когда работы на предыдущей полосе еще не закончены.

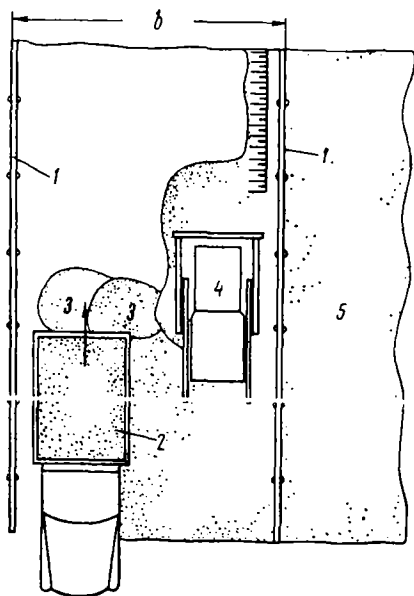


Рис. 93. Схема завоза каменных материалов в конце отсыпанной и укатанной полосы и распределение их бульдозером вдоль полосы:

1 — доски, установленные на ребро и закрепленные кольшками; 2 — автомобиль-самосвал (перед разгрузкой); 3 — кучи завезенного материала; 4 — бульдозер; 5 — ранее отсыпанная полоса

производительность бульдозера, используемого для распределения, разравнивания и грубой планировки определяется по формуле:

$$P_0 = \frac{l b \sin \alpha k_{\Pi} k_B}{\left( \frac{l}{v_1} + \frac{l}{v_2} + 2t_m \right) n}, \quad (59)$$

где  $l$  — расстояние перемещения материала,  $m$ ;  
 $b$  — ширина отвала бульдозера (2,5—3,0  $m$ );  
 $\alpha$  — угол захвата отвала бульдозера (60—90° к продольной оси);

Разгрузка материалов автомобилями-самосвалами производится на некотором расстоянии одного штабеля от другого или вплотную. Этот вопрос решается в зависимости от емкости кузова, требуемой толщины отсыпанного слоя и коэффициента уплотнения завозимого материала. Затем материал распределяют распределителем (при работе по первой схеме) и бульдозерами, грейдерами или автогрейдерами (при работе по второй и третьей схемам). Лучшее качество распределения (ровность и точность толщины слоя) обеспечивает распределитель. Однако когда распределителя нет, приходится материал завозить по второй (редко по третьей) схеме и тогда для распределения материала используются бульдозеры и грейдеры.

Бульдозер перемещает материал поперек или вдоль полосы в зависимости от принятой схемы завоза и выполняет грубую планировку. Эксплуатационная про-

- $v_1$  и  $v_2$  — средние скорости движения бульдозера передним и задним ходом (3,0—3,5 км/ч и 4,0—4,5 км/ч);
- $t_m$  — время, затрачиваемое на маневрирование и переключение скоростей (0,015 ч);
- $n$  — количество проходов по одному следу (при распределении вдоль полосы 2—3, поперек — 4—6);
- $k_{п}$  — коэффициент, учитывающий перекрытие следов (0,7—0,9);
- $k_{в}$  — коэффициент использования бульдозера по времени (при распределении вдоль полосы 0,7—0,80; поперек полосы — 0,80—0,85).

Окончательное разравнивание, планировка россыпи материала и придание поверхности требуемых уклонов или профиля выполняется автогрейдерами или грейдерами. Количество проходов грейдера составляет 2—3 по одному следу. Угол резания принимается 45—50°, а угол захвата 60—90°

Движение грейдера может быть организовано как в продольном, так и в поперечном направлениях ВПП. Однако, исходя из условия обеспечения наибольшей производительности, лучше работу грейдеров организовать в продольном направлении на участках длиной 250—300 м.

Грейдером можно также выполнять работы по распределению и планировке гравийного и щебеночного материала вместо бульдозера. Однако это вызывает необходимость большого количества проходов (до 15) и не является основным назначением грейдера. Работа грейдера в том случае аналогична перемешиванию грунта с добавками, когда грунт последовательными проходами перемешивается от середины к краям. Угол резания грейдера при этой работе устанавливается 50°, а угол захвата — 45°. Схема распределения каменных материалов грейдером показана на рис. 94.

Когда гравийную или грунтощебеночную смесь составляют из нескольких отдельных материалов и смешение этих материалов ввиду доставки их из разных карьеров производится на полосе, каждый материал рассыпают послойно в количестве, соответствующем требуемой дозировке составленной смеси. При этом первым рассыпают материал, входящий в смесь в наибольшем количестве, а затем остальные составляющие. Кроме этого, более пористые и крупнозернистые материалы рекомендуется укладывать в нижние слои, а легкозернистые — в верхние. При таком порядке укладки материалов облегчается последующее перемешивание, так как в процессе смешения более крупные фракции смеси будут стремиться подняться на поверхность, а мелкие — просыпаться в нижние слои.

Содержание отдельных по крупности фракций материалов в смеси может быть невелико. Например, глинистые добавки составляют 10—15% по объему. В этом случае трудно осуществить достаточно точную дозировку по толщине слоя. Приходится за-

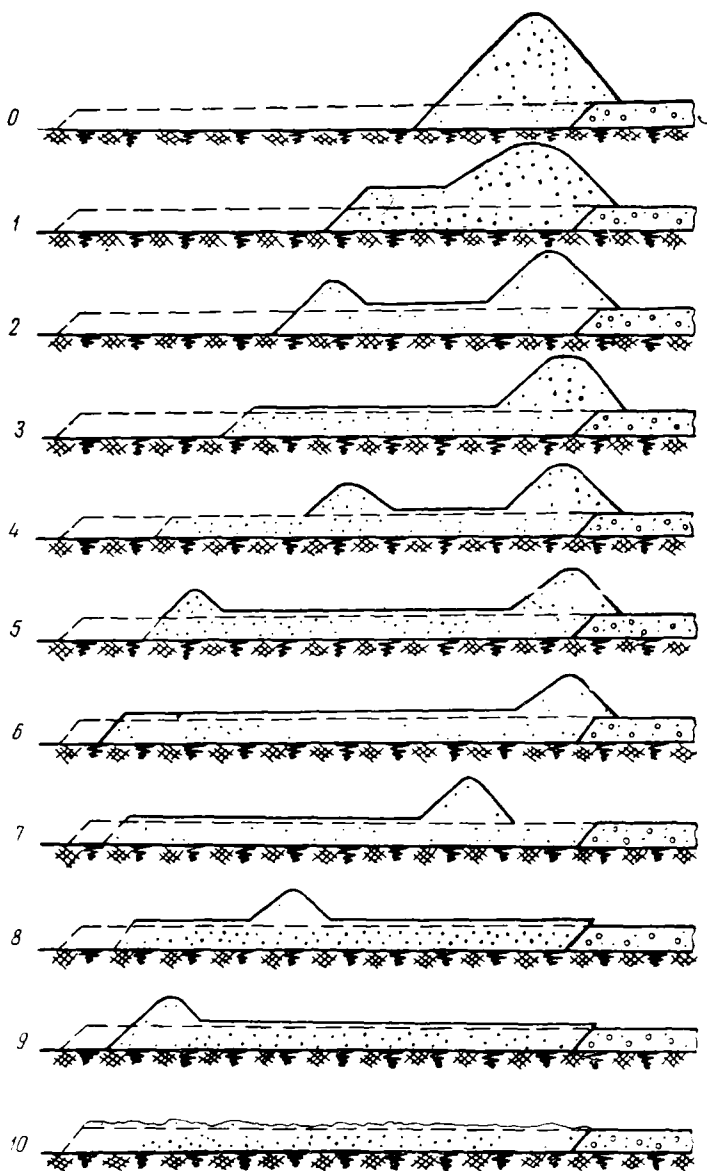


Рис. 94. Схема распределения каменных материалов грейдером вдоль обрабатываемой полосы. Цифры указывают последовательность перемещения материалов

мерять объем завозимого материала в кузове автомобиля и распределять его на строго определенную площадь, установленную исходя из требуемого процентного содержания этого материала в смеси. Иногда незначительное количество материала распределяется по площади вручную лопатами. Пылевато-глинистые добавки необходимо вносить в хорошо измельченном состоянии, без крупных комков, что требуется для равномерного их распределения. Для этого необходимо перед перемешиванием рассыпанного пылевато-глинистого грунта сделать один — два прохода легкого катка.

Вслед за посылным распределением материалов смеси выполняются работы по перемешиванию и окончательной планировке для последующего уплотнения. Эти работы выполняют средствами механизации, применяемыми при устройстве покрытий и оснований путем укрепления грунтов (см. главу XI).

Для обеспечения необходимой прочности грунтощебеночных (грунтогравийных) покрытий и оснований требуется перед производством работ рассчитать состав грунтощебня, исходя из характеристики материалов, составляющих грунтощебеночную смесь: грунта и рядового щебня, получаемого непосредственно после камнедробления без прогροхотки.

Переход от принятой нормы щебня к объему в насыпном виде устанавливается по формуле

$$V_{\text{щ}} = \frac{N \Delta_{\text{щ}}}{100 \gamma_p}, \quad (60)$$

где  $V_{\text{щ}}$  — объем щебня в рыхлом насыпном состоянии, потребный для  $1 \text{ м}^3$  плотной грунтощебеночной смеси,  $\text{м}^3$ ;

$N$  — норма щебня, % по объему;

$\Delta_{\text{щ}}$  — объемный вес щебенки,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$\gamma_p$  — объемный вес щебенки,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Объем грунта, расходуемого для грунтощебня, определяется по формуле

$$V_{\text{гр}} = \left( 1 - \frac{N}{100} \right) \frac{\delta_{\text{пр}}}{\delta_0}, \quad (61)$$

где  $V_{\text{гр}}$  — объем грунта, потребный на  $1 \text{ м}^3$  плотной грунтощебеночной смеси,  $\text{м}^3$ ;

$\delta_{\text{пр}}$  — требуемая (проектная) плотность грунта (объемный вес скелета),  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$\delta_0$  — плотность рыхлого грунта,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

В том случае, когда грунтощебень обрабатывается битумом или дегтем ( $D\%$ ), расход вяжущего определяется по формуле

$$P_{\text{б.л}} = D \left( 1 - \frac{N}{100} \right) \delta_{\text{пр}}. \quad (62)$$

## § 81. Уплотнение гравийных и щебеночных материалов

Гравийные, щебеночные и подобные им материалы уплотняют самоходными и прицепными катками (с гладкими вальцами и на пневматических шинах), виброкатками и вибротрамбующими машинами. Применение вибротрамбующих машин, которые уплотняют материал слоями большей толщины (25—30 см), чем катки, все же не исключает необходимости доуплотнения и придания ровности укатываемой поверхности катками с гладкими вальцами. Гравийные материалы хорошо уплотняются катками на пневматических шинах, которые благодаря большей ширине захвата, глубине уплотнения и скорости движения обеспечивают большую производительность, чем гладковальцовые катки.

Щебеночные материалы, как правило, уплотняются гладковальцовыми и вибрационными катками.

Применение прицепных катков для уплотнения щебеночных материалов не рекомендуется, так как при движении и особенно разворотах гусеницы трактора обламывают остроугольные кромки щебенки. Уплотняя гравийные, грунтогравийные и грунтощебеночные материалы прицепными катками, трактор при разворотах гусеницами повреждает поверхность. Во избежание этого прицепным каткам следует разворачиваться за пределами полосы укатки или, если по каким-либо причинам это невозможно, гусеницы трактора требуется оборудовать специальными башмаками.

Уплотнение покрытий и оснований — весьма важный технологический процесс, от правильности выполнения которого в значительной степени зависит качество и долговечность покрытия или основания. На разных этапах уплотнения приходится изменять вес катков для того, чтобы обеспечить правильное соотношение между давлением катка и прочностью укатываемого материала во избежание его дробления и обламывания и не допускать давления на подстилающий грунт больше, чем несущая способность этого грунта. Поэтому обычно процесс уплотнения выполняют в несколько этапов.

Гравийные, грунтогравийные, грунтощебеночные и другие покрытия и основания, создаваемые по методу подбора плотных смесей, уплотняют в два этапа. В первый этап предварительно подкатывают россыпь, в результате которой происходит осаживание (обжатие) смеси, во второй — выполняют основное уплотнение до требуемой плотности.

Щебеночные покрытия и основания, создаваемые по методу заклинки, уплотняют в три этапа.

Первый этап — предварительная обжимка или подкатка россыпи до тех пор, пока щебень не займет наиболее плотного и взаимоустойчивого положения. На этом этапе уплотнения поливка водой требуется только в том случае, если применяется щебень слабых пород размером более 70 мм.

Второй этап — основное уплотнение, в результате которого происходит образование плотной и устойчивой структуры, в которой пустоты заполняются как зернистыми устойчивыми продуктами разрушения щебня, так и частицами мельче 0,07 мм (мелкоземом). Уплотнение в этот период ведется с непрерывной поливкой водой.

Третий этап — окончательное уплотнение, в процессе которого вводится заклинивающий материал из последовательно убывающих по размеру мелких фракций (вначале клинец, затем каменная мелочь) и образуется плотная щебеночная кора.

На всех этапах уплотнения гравийных и щебеночных материалов скорость движения катков принимается различной: на первом этапе — минимальная (во избежание образования волн и сдвигов россыпи), а затем на втором и третьем увеличивается. Уплотнение начинается легкими катками и заканчивается тяжелыми. Гравийные и другие подобные им материалы могут уплотняться катками только одного веса (максимального) без применения легких катков для подкатки. В этом случае скорость движения катка должна быть вначале небольшая и по мере уплотнения увеличиваться.

Рекомендуемые веса и удельные давления катков в зависимости от прочности укатываемого каменного материала приводятся в табл. 29.

Таблица 29

Характеристика материала	Этапы уплотнения					
	первый		второй		третий	
	Вес катков, т	Давление катков, кг/см	Вес катков, т	Давление катков, кг/см	Вес катков, т	Давление катков, кг/см

*Гравийные материалы*

Износ в стандартном барабане, %:	до 3—5		10—20		3—5		10—20		—		—	
35—50 .	до	3—5	10—20	3—5	10—20	—	—	—	—	—	—	—
25—35 .		5—6	20—40	7—8	50—60	—	—	—	—	—	—	—
<25 .		7—8	50—60	10—12	60—90	—	—	—	—	—	—	—

*Щебеночные материалы*

Прочность при сжатии, кг/см <sup>2</sup>	3—5		10—20		5—8		20—40		6—8		20—40	
300 .	3—5	10—20	5—8	20—40	6—8	20—40	6—8	20—40	6—8	20—40	6—8	20—40
600 .	3—5	10—20	6—8	40—60	6—8	40—60	6—8	40—60	6—8	40—60	6—8	40—60
800 .	5—6	20—40	8—10	60—70	8—10	60—70	10—12	60—90	10—12	60—90	10—12	60—90
1000 .	6—8	40—60	10—12	60—90	10—12	60—90	10—12	60—90	10—12	60—90	10—12	60—90

Для того чтобы давление катков, передаваемое на грунт основания, не превышало величины его несущей способности, необходимо, исходя из допустимого давления на грунт, применять

катки определенного веса на всех этапах уплотнения. В противном случае может произойти вспучивание и образование волн на укатываемом слое.

Давление жесткого катка с гладкими вальцами, передающееся через слой укатываемого материала на подстилающий грунт или песчаный слой, может быть определено по формуле

$$\sigma'_{гр} = \frac{p_k k_y}{z}, \quad (63)$$

где  $\sigma'_{гр}$  — давление, передаваемое катком на грунт основания через слой укатываемого материала  $z$ ,  $\text{кг/см}^2$ ;

$p_k$  — давление катка на единицу длины катка,  $\text{кг/см}$ ;

$k_y$  — коэффициент уплотнения укатываемого материала (для рыхлого неуплотненного состояния материала — 1,0, а уплотненного — 0,65).

Давление катка на пневматических шинах (с диаметром следа 30 см) равно:

$$\sigma''_{гр} = \frac{1,5 p_0 k_y}{1 + 0,083 z}, \quad (63, a)$$

где  $p_0$  — удельное давление от катка на пневматических шинах,  $\text{кг/см}^2$ .

Допустимые давления на грунт примерно имеют следующие значения:

на песок среднезернистый . . . . .	5,0—7,0 $\text{кг/см}^2$
» » мелкозернистый и супесь среднезернистую . . . . .	3,5—7,0
» супесь мелкозернистую и песок пылеватый . . . . .	2,5—3,5
суглинок и супесь пылеватую . . . . .	1,0—2,5

При уплотнении, например, щебеночного слоя толщиной 15 см, уложенного на подстилающий грунт из супеси, допускающей давление 3,5  $\text{кг/см}^2$ , удельное давление жесткого катка должно быть не более

$$p_k = \frac{\sigma_{гр} z}{k_y} = \frac{3,5 \times 15}{1,0} = 52,5 \text{ кг/см.}$$

По мере уплотнения будет уменьшаться значение коэффициента  $k_y$ , а следовательно, увеличиваться допустимое давление катка. На последнем этапе укатки, когда  $k_y = 0,65$ , допустимое удельное давление может быть

$$p_k = \frac{3,5 \times 15}{0,65} = 80,5 \text{ кг/см.}$$

Из приведенного примера расчета допустимых давлений на подстилающий грунт и данных табл. 29 видно, что вначале укатки вес катка может быть не более 7 т, а в конце укатки — 11 т. Эти

веса катков в зависимости от качества (прочности) щебня могут быть приняты меньшими, но не большими.

Укатку гравийных и щебеночных материалов начинают от краев уплотняемой полосы к ее середине. Для лучшего уплотнения крайних участков полос первые проходы катка повторяют несколько раз по одному следу и затем симметрично, т. е. с двух сторон постепенно переходят к середине; при этом каждый последующий след катка должен перекрывать предыдущий на  $\frac{1}{3}$  ширины следа при уплотнении щебеночных и  $\frac{2}{3}$ , гравийных материалов. Направление движения катка должно быть строго прямолинейным и параллельным осям ВПП, РД и групповой МС. Первые проходы катка производятся с одной стороны вдоль ранее укатанной полосы с перекрытием ее на половину ширины заднего вальца (или вдоль кромки корыта, если укатывается первая полоса) и с другой стороны — на расстоянии 1,0—1,5 м от края отсыпаемой полосы с целью недопущения расползания материала, благодаря образовавшемуся упору за счет отсыпанного материала. В качестве упоров могут быть применены закрепленные брусья или рельсы, за положением которых необходимо следить в процессе укатки.

Общее количество проходов катков по одному следу зависит от качества уплотняемого материала, типа и веса катков и колеблется в широких пределах (табл. 30).

Таблица 30

Показатели	Этапы уплотнения		
	первый	второй	третий
<i>Гравийные материалы</i>			
Вес катков, т	3—8	3—12	—
Скорость движения катков, км/ч	1,5—2	2,0—3,0	—
Количество проходов катков по одному следу	3—10	10—12	—
<i>Щебеночные материалы</i>			
Вес катков, т	3—8	5—12	6—12
Скорость движения катков, км/ч	1,5—2,0	2,0—2,5	2,5—3,0
Количество проходов катков по одному следу	3—6	10—35	6—15

При уплотнении гравийных материалов прицепными катками рекомендуется организовать их работу в сцепе по 2—3 катка (два сзади, один впереди) с перекрытием следов на 25—30 см.

Обязательное условие хорошего уплотнения — обеспечение влажности, близкой к оптимальной, что при сухом состоянии гравийных материалов требует поливки насыпи водой в количестве 5—15 л/м<sup>2</sup>.



На первом этапе уплотнения щебеночные материалы высоких и средних марок не поливают во избежание образования цементирующего вещества, вызывающего преждевременное замоноличивание, что в последующем периоде уплотнения препятствует перемещению отдельных щебенки. Поливка на втором этапе в количестве 15—25 л/м<sup>2</sup> необходима для уменьшения трения между щебенками, которая способствует большему их сближению и лучшей заклинке, а также увеличивает связность за счет образования цементирующего теста. На третьем этапе, когда вначале рассыпают клинец (15—25 мм), а затем каменную мелочь (10—15 мм) общим количеством 2—3 м<sup>3</sup> на 100 м<sup>2</sup> поверхности (при соотношении каменной мелочи к клинцу, 1:3—1:4), требуется менее обильная поливка (10—12 л/м<sup>2</sup>).

При уплотнении гравийных и щебеночных материалов необходимо следить, чтобы не было волн, образование которых возможно из-за неравномерной толщины слоя и переувлажнения россыпи материала, применения слишком большого веса катка, движения катка на большой скорости и слабой несущей способности подстилающих грунтов. Первая мера устранения при укатке образования волн — снижение скорости движения катка до минимума, а если и это не помогает, то применение более легкого по весу катка. Кроме этого, требуется устранить неравномерности россыпи и влажности материала. Необходимо также следить за тем, чтобы при укатке подстилающий песок не проникал в россыпь щебеночного материала, что бывает при недостаточной толщине укатываемого слоя. Увеличение толщины слоя или, если нет возможности это сделать, укладка изолирующих прослоек (каменных высевок, мха и пр.) устраняет проникновение песка в щебень.

Достаточность уплотнения щебеночных материалов на каждом этапе работы катков удобно проверять, пользуясь методикой и динамометром конструкции д-ра техн. наук Я. А. Калужского. Эта методика основана на оценке зависимости силы тяги катка от сопротивляемости укатываемого слоя. Чем меньше уплотнен щебеночный слой, тем больше его сопротивление движению катка и, следовательно, тем больше должна быть сила тяги, которая измеряется специальным динамометром, установленным на катке. Когда сила тяги становится постоянной (стабилизируется), уплотнение катком данного веса следует прекратить, так как укатка уже неэффективна, необходимо перейти к уплотнению более тяжелым катком и снова установить момент окончания эффективности укатки.

Признаки достаточного уплотнения — ровность и однородность поверхности, отсутствие следа после прохода задних вальцов катка требуемого веса.

Покрытия и основания из гравийных и щебеночных материалов (кроме грунтощебеночных и грунтогравийных) можно строить в зимнее время. В этом случае до наступления морозов дол-

жны быть подготовлены земляное корыто и карьеры (вскрышные работы, подъездные пути и пр.). Грунтовое основание к моменту замерзания должно быть сухим и очищено от снега и льда к началу укладки материалов. Транспортирование, укладку и разравнивание материалов требуется выполнять быстро во избежание попадания под снегопады и смерзания. Мерзлые включения из материала должны удаляться.

Материалы уплотняют тяжелыми катками без поливки водой, что вызывает затруднения в работе, особенно при укатке щебеночных материалов. Для того чтобы получить необходимое уплотнение зимой, рекомендуется применять в качестве клинца щебень более мягких пород и использовать время оттепелей. Если это сделать не представляется возможным, то ограничиваются предварительной прикаткой, а россыпь клинца и каменной мелочи производят весной. Окончательное уплотнение выполняют после полного оттаивания и просыхания грунтового основания.

## § 82. Организация работ и контроль качества

Организация работ при строительстве гравийных, щебеночных, грунтогравийных и грунтощебеночных покрытий и оснований аналогична организации работ при укреплении грунтов (глава XI). Темп работы определяется укаткой, которая должна быть организована таким образом, чтобы обеспечивалась заданная скорость потока строительства.

Состав комплекта машин, применяемых при строительстве гравийных, щебеночных и грунтощебеночных (грунтогравийных) покрытий и оснований, приведен в табл. 31.

Таблица 31

Машины	Количество машин при строительстве покрытий и оснований		
	щебеночных	гравийных	грунтощебеночных
Автомобили-самосвалы	По расчету		
Бульдозер или распределитель	1	1	1
Автогрейдер . . .	1	1	1
Катки самоходные	2	2	2
» прицепные	—	1	1
Поливо-моечные машины	1	1	1
Распределители клинца	2	—	2
Дорожная фреза	—	—	2
Рыхлитель	—	—	1
Борона	—	—	1 комплект

Примечание. Производительность отряда при строительстве щебеночных покрытий и оснований — 1000, гравийных — 2000, грунтощебеночных — 2500 м<sup>2</sup>/смену.

В зависимости от организации работ, применяемых средств механизации, дальности транспортирования и стоимости каменных материалов устанавливают технико-экономические показатели строительства покрытий и оснований. В табл. 32 приведены данные о затратах труда и машино-смен на 1000 м<sup>2</sup>, стоимость строительства 1 м<sup>2</sup> покрытия (основания) без стоимости материалов, подсчитанные при дальности возки гравийных материалов из карьера 10—15 км, а щебеночных — от железнодорожных станций разгрузки в удалении на 3—8 км.

Таблица 32

Ресурсы	Тип покрытий и оснований		
	щебеночные	гравийные	грунтощебеночные
Автомобили-самосвалы, маш-смен.	4—7	9—14	3—5
Бульдозеры, грейдеры, катки, маш-смен	9—11	6—8	5—6
Рабочая сила, чел.-дни	17—40	14—23	15—25
Стоимость строительства 1 м <sup>2</sup> покрытия, руб.	1,1—2,5	0,7—1,4	0,6—1,0

При строительстве покрытий и оснований из гравийных и щебеночных материалов в зимнее время удорожание работ составляет примерно 20—30%.

Качество выполнения работ по строительству гравийных, щебеночных, грунтощебеночных (грунтогравийных) покрытий и оснований контролируется полевой строительной лабораторией и техническим надзором. При контроле проверяют толщину слоя россыпи и степень уплотнения на каждом этапе укатки; толщину готового покрытия или основания, их ровность и соответствие отметок и уклонов поверхности запроектированным, а также качество применяемых материалов, их гранулометрический состав и соответствие требованиям технических условий и правил производства работ; качество подготовки грунтового основания и устройства подстилающего слоя, подполосного дренажа и водоотлива; качество перемешивания, разравнивания, увлажнения.

Качество применяемых материалов контролируется лабораторией по их физико-механическим свойствам и гранулометрическому составу на месте заготовки (в карьере), дробильно-сортировочных заводов, приобъектных складов. Для проверки качества материалов отбирается не менее двух проб из каждой партии объемом не более 1000 м<sup>3</sup> и из каждого характерного забоя карьера. Особенно тщательно контролируется гравийный материал, который в отдельных забоях может иметь недостаточную прочность зерен или сильную окатанность, а также чрезмерную крупность. Для проверки качества гравийного материала пробы отбирают не реже одного раза в день из каждого забоя.

В тех случаях, когда содержание отдельных составляющих в гравийном материале или размеры фракций щебеночных материалов не соответствуют требованиям, принимаются меры к исправлению их составов и устранению причин, вызывающих отклонение от требований.

Если оптимальную смесь составляют из различных материалов на месте укладки, то качество уложенных материалов проверяют путем отбора проб из каждой завезенной партии, а качество смеси — путем взятия проб из подготовленной к укатке полосы.

Качество подготовки грунтового основания (корыта) проверяют по ровности и степени уплотнения. Проверка дренажной и водоотводящей систем, если они выполняются, заключается в контроле за правильностью соблюдения уклонов и при укладке элементов — их сечений и качества стыков.

В процессе россыпи материалов, их разравнивании и перемешивании систематически контролируют толщину отсыпанного слоя, который должен соответствовать высоте контрольных колышков или досок, поставленных вдоль отсыпаемых полос на ребро. Качество перемешивания определяют по внешним признакам — однородности, отсутствию комков или других включений, а качество уплотнения — пробным проходом тяжелого катка (весом 8—10 т). После прохода катка на поверхности гравийного покрытия или основания может оставаться след глубиной не более 0,5 см.

При проходе катка по хорошо уплотненному щебеночному покрытию брошенная под валец катка щебенка размером 4—5 см должна раздавливаться, а не вдавливаться в укатанный щебеночный слой. Кроме этого, прочность щебеночной коры может быть проверена следующим образом. В покрытии (основании) делается лунка и через нее под щебеночную кору вводится лом, который путем прикладываемого усилия прижимается вниз. Если в этом случае щебеночная кора поднимается по кругу радиусом 0,6—1,0 м без разрушения, то щебеночное покрытие или основание считается хорошо уплотненным и прочным.

Толщину готового покрытия или основания проверяют замерами измерительной линейкой в специально сделанных лунках (диаметром 5—15 см) в количестве не менее двух на каждые 400 м<sup>2</sup> площади. Лунки следует делать по оси и в продольном направлении по поперечникам. Отклонение толщин покрытия от проектной допускается не более 10%, основания — 15%.

Ровность поверхности проверяют 5-метровой рейкой. Максимальный зазор в середине рейки между поверхностью и рейкой не должен быть более 1,0 см на покрытии и 1,5 см на основании. Соответствие отметок и уклонов поверхности покрытия и основания проектным проверяют при помощи нивелира во всех нивелировочных точках поперечников через 40 м по длине ВПП, РД, а также в одной-двух точках, расположенных между поперечника-

ми. Отклонения отметок покрытия не должны превышать  $\pm 1$  см, основания —  $\pm 2$  см. Уклоны не должны отличаться от требуемых по проекту более чем на 0,5% или 0,002.

## Глава XIII

### СТРОИТЕЛЬСТВО ПОКРЫТИЙ И ОСНОВАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ МАТЕРИАЛОВ

#### § 83. Способы строительства

Покрытия и основания, в которых органические вяжущие материалы (битумы и дегти) в результате тщательного перемешивания и уплотнения покрывают отдельные частицы минерального материала и образуют вокруг них тонкие замкнутые оболочки, характеризуются достаточно высокой прочностью и связностью, плотностью и водонепроницаемостью, износостойкостью и беспыльностью, ровностью и эластичностью во все периоды года.

Благодаря этим достоинствам, а также возможности использования местных минеральных материалов, полной механизации и сравнительно низкой стоимости эти покрытия представляют большой практический интерес, особенно для аэродромов местных воздушных линий.

Покрытия и основания с применением органических вяжущих материалов строят способами поверхностной обработки, пропитки, смешения, которое может быть осуществлено на месте и в специальных установках.

*Способ поверхностной обработки* состоит в том, что на поверхность наносится (разливается) битум или деготь и затем рассыпается каменная мелочь с прикаткой. В результате образуется коврик толщиной 0,5—4,0 см, обеспечивающий: повышение несущей способности вследствие наращивания покрытия слоем до 4 см; сохранение покрытия от износа (слой износа) или защиту временного характера на еще несформированных покрытиях (защитные слои); увеличение водонепроницаемости покрытия и улучшение санитарно-гигиенических условий вследствие уменьшения образования грязи и пыли; уменьшение сопротивления движению перемещающихся транспортных средств.

В зависимости от свойств вяжущих, главным образом их вязкости, поверхностная обработка может производиться при горячем или холодном состоянии вяжущего.

Розлив вяжущего и россыпь мелкого каменного материала выполняется в один, два или три приема (рис. 95), что характеризует одиночную, двойную и тройную поверхностные обработки.

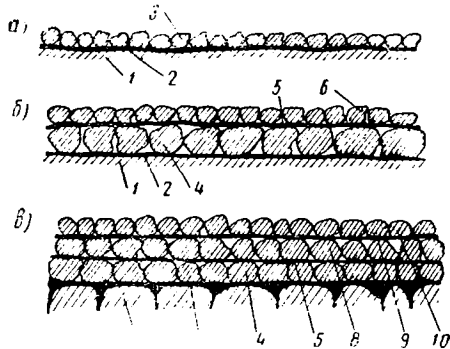
При одиночной поверхностной обработке создается коврик толщиной 0,5—1,5 см. Одиночная обработка применяется на ровных и плотных покрытиях, основной целью которой является

укрепление поверхности. При двойной поверхностной обработке коврик имеет толщину 1—3 см. Такая обработка целесообразна на сильно шероховатых поверхностях, например, гравийных и грунтовых покрытиях, и когда одиночная поверхностная обработка при интенсивной эксплуатации (на подъездных дорогах) быстро изнашивается (служит менее одного года). Основная цель двойной обработки — защита покрытий от износа. При тройной поверхностной обработке создается коврик толщиной 2,5—4,0 см, укладываемый в тех же условиях, что и при двойной обработке, но при более неровных поверхностях и холодной погоде в целях скорейшего формирования и улучшения качества покрытия.

Рис. 95. Конструкция поверхностных обработок:

а — одиночная; б — двойная; в — тройная;

1 — основание; 2 — первый розлив битума; 3 — россыпь каменной мелочи; 4 — первая россыпь клинца; 5 — второй розлив битума; 6 — вторая россыпь каменной мелочи; 7 — щебень; 8 — вторая россыпь клинца; 9 — третий розлив битума; 10 — третья россыпь каменной мелочи



Поверхностная обработка применяется только в том случае, когда покрытие хорошо сформировано и достаточно уплотнено, а также для создания слоя износа и защитного слоя при устройстве покрытий других типов, в том числе способом пропитки и смещения (на месте или установке). Поверхностная обработка особенно гравийных и грунтогравийных (грунтощебеночных) покрытий целесообразна, когда верхние слои не загрязнены большим количеством мелкозема и могут потерять свою устойчивость при увлажнении снизу или через возможные повреждения сверху.

Опыт показывает, что поверхностная обработка требует особо тщательного выполнения и, главное, благоприятных погодных условий не только в период производства работ, но и после — в период формирования.

*Способ пропитки* заключается в том, что неоднократно рассыпают одноразмерные дробленые материалы, уменьшающиеся по своим размерам при каждой последующей россыпи с одновременным уплотнением и розливом горячих или холодных вяжущих. При пропитке вяжущее проникает в толщу на определенную глубину и вместе с рассыпанными и укатанными каменными материалами создает слой, прочность которого обуславливается в основном заклином каменных частиц, а также сцеплением за счет применения вяжущего материала.

Способ пропитки обеспечивает все указанные достоинства поверхностной обработки, но с большей устойчивостью и долговечностью. Кроме этого, в результате пропитки покрытие или основание приобретает большую сопротивляемость против дробления щебенки, что повышает долговечность работы покрытия (основания) по сравнению с таким же покрытием без пропитки. По устойчивости и долговечности покрытия и основания, устроенные способом пропитки, приближаются к покрытиям, полученным смещением материалов в установке.

В зависимости от наличия материалов и назначения обрабатываемого слоя пропитку разделяют на глубокую (нормальную), при которой создается битумно-каменный слой толщиной 6,5—8,0 см, и облегченную (полупропитку) толщиной 4—6 см. При глубокой пропитке россыпь щебня производится в 3—4 приема, не считая поверхностной обработки, а розлив вяжущего — 2—3; при облегченной пропитке соответственно в 2—3 и 1—2 приема.

Способ пропитки применяется при строительстве новых покрытий и оснований или при их реконструкции и капитальном ремонте.

*Способ смешения* наиболее эффективен и обеспечивает лучшие показатели по прочности и однородности, а также экономии вяжущего, чем при поверхностной обработке и пропитке. В этом случае минеральный материал перемешивается с вяжущим, в результате чего каждая частица материала обволакивается тонкой пленкой вяжущего и создается прочная связь между частицами.

Смешение может быть осуществлено в передвижных смесителях или непосредственно в корыте с использованием подогретых или холодных вяжущих материалов и в специальных установках, в которых предварительно смешиваются подогретые материалы, а затем полученную смесь транспортируют и укладывают с уплотнением в горячем или холодном состоянии.

Покрытия и основания, получаемые способом смешения на месте, устраивают однослойными или двухслойными. Толщина однослойных и верхнего слоя двухслойных покрытий и оснований может быть 6—8 см. Двухслойные покрытия устраивают при расчетной толщине 10—16 см. Допускается устройство нижних слоев без обработки вяжущим. Такого рода покрытия и основания следует применять на естественном грунтовом основании, уплотненном до плотности не менее 0,95 от максимальной, определяемой методом стандартного уплотнения. Край РД с целью их усиления и изоляции должны быть утолщены. Для повышения прочности и долговечности участка наибольшего воздействия самолетов (старты, повороты, места примыкания рулежных дорожек к ВПП) целесообразно усиливать путем дополнительной пропитки или внесения в смесь для этих участков добавок извести, цемента, известняковой мелочи, измельченных сланцев. Цемент вносят в смесь после полного розлива вяжущего и частичного перемешивания; при необходимости смесь допол-

нительно увлажняют. Известь вносят за двое суток до розлива вяжущего в минеральную смесь с влажностью на 2—4%<sup>1</sup> выше оптимальной. Состав смеси подбирают в лаборатории на основе технико-экономического расчета наиболее рациональных соотношений минеральных и органических вяжущих материалов.

Выбор способа строительства производится в зависимости от требований к смеси, климатических условий, органических вяжущих и местных минеральных материалов, толщины обрабатываемого слоя и средств механизации, которые могут быть в распоряжении строительной организации.

Для наиболее рационального использования местных минеральных материалов может оказаться необходимым обрабатывать нижний слой покрытия или основания одним способом, а верхний — другим. Например, грунт для нижнего слоя может обрабатываться жидким битумом на месте, а грунтогравий или гравий для верхнего слоя — обрабатываться более вязким битумом в установке.

Способ пропитки применяется только при наличии прочного щебня для покрытий и оснований.

Способ смешения на месте применяется в том случае, когда используются местные минеральные материалы, разнообразные по происхождению и прочности, в том числе гравийные материалы и различные грунты, а также ракушка, дресва, шлаки и щебень из слабых каменных пород, которые практически нецелесообразно обрабатывать другими способами. Применение этого способа возможно только при использовании жидких битумов или медленно распадающихся эмульсий.

Способ смешения в установках применяется в том случае, когда к прочности покрытия или основания предъявляются повышенные требования. Этот способ обеспечивает большую долговечность покрытия и тем более основания, так как обволакивание каменных материалов происходит равномернее. В установке минеральные материалы полностью высушиваются и обеспыливаются, что обеспечивает лучшее сцепление и большую устойчивость покрытия или основания во влажных и холодных условиях. Достоинство способа смешения в установках — возможность предварительного приготовления материалов при всякой погоде с последующей укладкой в холодном состоянии в наиболее благоприятный период.

При выборе способа обработки минеральных материалов органическими вяжущими следует учитывать, что при равных условиях горячая обработка (подогрев вяжущего) обеспечивает большую прочность, устойчивость и быстроту формирования покрытий и оснований, чем холодная обработка.

Требования к условиям производства работ, диктуемые главным образом свойствами вяжущего, предъявляются следующие:

битумы и дегти должны быть определенных марок, соответствующие принятой конструкции и способу производства работ.



Минеральные материалы также должны отвечать требованиям по прочности и морозостойкости, быть сухими и чистыми, без пленок пыли, глины или ила на поверхности частиц;

основания, на которые укладывают горячие материалы, должны быть прочными, устойчивыми и ровными. Материал следует укладывать только на сухое и очищенное от пыли и грязи основание;

работы должны производиться в сухую и теплую погоду; способом пропитки и смешения в установке — весной и летом при температуре не ниже  $+5^{\circ}\text{C}$ , а осенью — не ниже  $+10^{\circ}\text{C}$ , способом поверхностной обработки и смешения на месте в любое время года при температуре не ниже  $+15^{\circ}\text{C}$ ;

работы по устройству покрытий должны быть закончены не позже чем за 10—20 дней до начала периода с понижениями температуры и осенних дождей; в период дождей работы приостанавливают;

в процессе производства работ должны строго выполняться требования по дозированию и равномерности распределения минеральных и вяжущих материалов и особенно температурный режим нагрева вяжущих материалов, зависящий от их марок.

#### § 84. Требования к материалам

При строительстве покрытий и оснований с применением органических вяжущих требования к материалам должны рассматриваться применительно к способу обработки; так при поверхностной обработке и пропитке необходимо введение нового (дополнительного) каменного материала и вяжущего, а при смешении — может использоваться основной минеральный материал с дополнительным введением вяжущего и некоторого количества недостающих фракций минерального материала.

*Минеральные материалы*, используемые при устройстве покрытий и оснований способами поверхностной обработки, пропитки и смешения (на месте и в установке), должны иметь чистую и сухую поверхность и давать хорошее сцепление с органическим вяжущим материалом. Сцепление битума и дегтя с поверхностью каменных материалов может быть увеличено за счет предварительной обработки минерального материала солями кальция, железа, алюминия и введения в битум поверхностноактивных добавок (ПАД).

Кроме качества сцепления, большое значение имеет степень обволакиваемости. Между тем не все минеральные материалы одинаково хорошо обволакиваются и сцепляются с вяжущим. Например, известняки обеспечивают хорошее сцепление, но плохо обволакиваются вяжущими материалами, особенно вязкими. Граниты и кварцевые пески, наоборот, обладают худшим сцеплением и лучшей обволакиваемостью.

При поверхностной обработке для россыпи по разлитому вяжущему применяется клинец и каменная мелочь (из каменных пород) — однородные по размеру, правильной кубовидной формы, без примесей пыли и глины.

В случае трудности получения дробленого клинца и мелочи можно использовать соответственный по размеру морской и речной гравий при условии тщательной его отгрохотки, удаления пыли и других примесей.

Способом пропитки обрабатываются фракционированный щебень или прогрохоченный гравий (с добавкой не менее 40% дробленого материала из каменных пород прочностью не менее  $600 \text{ кг/см}^2$ ). К щебню не предъявляют требований в отношении цементирующей способности, так как в толщу обрабатываемого слоя вводится органическое вяжущее, которое обеспечивает связность (монолитность) покрытия или основания.

Для метода смешения на месте и в установке минеральные материалы должны подбираться по принципу оптимальных смесей.

Основным скелетным материалом является рядовой щебень из каменных пород прочностью не менее  $300 \text{ кг/см}^2$ . При приготовлении черного щебня в установке прочность каменной породы должна быть не менее  $600 \text{ кг/см}^2$ . Могут применяться кислые или нейтральные шлаки, нераспадающиеся под воздействием воздуха и воды. Лучше для этих целей использовать доменные шлаки. Можно также обрабатывать на месте или в установке ракушку и дресву (жерству), имеющих максимальную крупность зерен не более  $25 \text{ мм}$  и содержащих минимальное количество глинистых частиц.

*Вязущие материалы* независимо от их происхождения должны обеспечивать: прочное сцепление с минеральным материалом в условиях изменяющихся температур и влажности в любой период года; устойчивость обработанного минерального материала, не вызывающая хрупкости при низких и пластичности при высоких температурах; удобообрабатываемость в процессе приготовления смесей и удобоукладываемость при укладке и уплотнении.

Лучшее сцепление с минеральным материалом достигается при использовании вязких вяжущих и перемешивании при высокой температуре, так как наибольшая сила сцепления возникает при более высокой консистенции вяжущего материала и при более низком поверхностном натяжении.

Важное требование к вяжущим материалам — обеспечение теплоустойчивости. Необходимо, чтобы вяжущее возможно меньше изменяло свою консистенцию при колебаниях температуры, так как при этом будут изменяться и силы сцепления. Вяжущий материал, применяемый для поверхностной обработки покрытий, должен быть достаточно вязким, чтобы удерживать каменную мелочь, не размягчаться в жаркую погоду и в то же время обладать достаточной обволакивающей способностью. Поэтому в

нижних слоях двойной и тройной поверхностной обработки применяются более жидкие вяжущие, но имеющие большую поверхностную активность, а в верхних слоях — более вязкие и погодоустойчивые вяжущие. При использовании жидких битумов предпочтение следует отдавать быстро- или среднегустеющим. Применение медленногустеющих битумов целесообразно только при использовании наиболее вязких марок вяжущих.

В целях уменьшения размягчения в жаркую погоду поверхностной обработки и удешевления стоимости обработки можно смешивать дегти с каменноугольной или шлаковой пылью в пределах: 40—45% каменноугольной пыли от всей смеси по объему и 35—40% — шлаковой пыли. Нормы розлива наполненного дегтя остаются такими же, как и при использовании чистого дегтя.

Марки вяжущего, рекомендуемые для поверхностных обработок, приведены в табл. 33.

Таблица 33

Вид обработки	Битумы			Дегти каменноугольные
	нефтяные вязкие	нефтяные жидкие	сланцевые жидкие и вязкие	
Подгрунтовка	—	СГ-15/25 МГ-25/40	С-1 С-2	Д-1
Поверхностная обработка:				
при россыпи высевок (0—5 мм)	—	СГ-40/70 МГ-40/70	С-4 БС-0	Д-4
при россыпи каменной мелочи и клинца (5—15 и 12—25 мм)	БНД-200/300 БНД-130/200	СГ-70/130 СГ-130/200 МГ-130/200	С-5 С-6	Д-5 Д-6

Вяжущий материал для пропитки должен быть более вязким, чем для поверхностной обработки, так как в обрабатываемом слое старение производится значительно медленнее, чем на поверхности, и слишком жидкое вяжущее при чистом крупном щебне и гравии будет стекать в грунтовое основание. Для пропитки обычно применяются: битумы нефтяные вязкие БНД-130/200, БНД-90/130 при рабочей температуре нагрева 150—160°С; битумы сланцевые вязкие БС-1 и дегти каменноугольные Д-6 и Д-7 при рабочей температуре нагрева 110°С.

Марки вяжущего, рекомендуемые для устройства покрытий способом смешения на месте и в установках, приведены в табл. 34.

Способ получения	Битумы			Дегти каменно- угольные
	нефтяные вязкие	нефтяные жидкие	сланцевые жидкие и вязкие	
Смешение на месте	—	СГ-15/25 СГ-25/40 МГ-25/40 МГ-40/70	С-3 С-4 С-5	Д-3 Д-4
Смешение в установ- ках:				
без подогрева мине- ральных материа- лов	—	СГ-25/40 СГ-40/70 МГ-25/40 МГ-40/70	С-4 С-5	Д-4 Д-5
с подогревом мине- ральных материа- лов:				
теплые	БНД-200/300	СГ-130/200 МГ-130/200	С-6 БС-0	Д-6
горячие	БНД-130/200 БНД-90/130 БНД-60,90 БНД-40/60	—	БС-1 БС-11 БС-111	Д-7 Д-8
холодные	—	СГ-40/70 СГ-70,130 МГ-40/70 МГ-70/130	С-6	Д-6

### § 85. Технология производства работ способом поверхностной обработки

Технология одиночной поверхностной обработки включает выполнение следующих операций; 1) подготовку покрытия; 2) розлив вяжущего; 3) россыпь каменного материала; 4) уплотнение.

При двойной или тройной поверхностной обработке операции 2, 3 и 4 выполняют два или три раза.

*Подготовка поверхности* покрытия заключается в том, что перед обработкой ее необходимо тщательно выровнять (отремонтировать), очистить от пыли и грязи, произвести по ней предварительный розлив жидкого вяжущего (подгрунтовку). При поверхностной обработке вновь построенного покрытия подготовка сводится к очистке от посторонних предметов и мелких каменных частиц, не получивших связности в покрытиях.

При выравнивании поверхности приходится применять ямочный ремонт. Если понижения (неровности) имеют глубину не более 2,0 см, то в этом случае достаточно очистить их от пыли и грязи, обработать вяжущим и засыпать мелким каменным материалом (высевками) с тщательным уплотнением катками или трамбовками. Когда глубина понижения более 2,0 см, приходится предварительно обрубить края с тем, чтобы получить

отвесные стенки. После очистки необходимо смазать дно и стенки слоем вяжущего и полученное углубление (яму) заполнить щебнем. Далее уплотняют щебеночную засыпку с одновременным розливом вяжущего и дополнительным внесением более мелких фракций каменного материала. В результате такого ямочного ремонта поверхность выравнивается. Если площадь ямочного ремонта составляет до 5—10% от всей площади, то целесообразно всю площадь уплотнить катками на пневматических шинах весом 3—5 т, а затем легкими катками с гладкими вальцами для того, чтобы обеспечить лучшее формирование отремонтированных мест. При площади ямочного ремонта более 10% лучше выполнять сплошное кирование поверхности и уплотнение разрыхленного материала с розливом вяжущего.

После выравнивания (ремонта) поверхность очищают от пыли и свободно лежащих частиц с помощью механических щеток (металлических, травяных и пр.). Могут применяться также специальные воздуходувки и пылесосы, например аэродромный пылесос АП-50, а при использовании в качестве вяжущего эмульсий — путем промывки водой под давлением. В результате очистки поверхность должна быть обнажена, но вместе с тем не нарушена связность и монолитность покрытия. Однако как бы тщательно не производилась очистка, часть пыли остается, особенно на гравийных и грунтовых покрытиях, что будет препятствовать хорошему сцеплению материала поверхностной обработки с покрытием. Поэтому в целях повышения качества сцепления за один-два дня до устройства поверхностной обработки должна производиться обработка жидким битумом в количестве 0,7—0,9 л/м<sup>2</sup>. Такая предварительная обработка называется прогрунтовкой.

*Розлив вяжущих материалов* производится с помощью автогудронаторов или из специально оборудованных цистерн, установленных на автомобилях, по сухой поверхности в сухую и теплую погоду. Рекомендуемые нормы розлива вяжущего, а также размеры фракций и расход каменных материалов для поверхностных обработок приведены в табл. 35.

Ширина полосы розлива определяется длиной распределительной трубы автогудронаторов и может быть 1—7 м. Смежные полосы перекрываются не более чем на 10 см. Длина полосы принимается исходя из расчета, чтобы вяжущее из автогудронатора было полностью разлито за один проход без разворотов и остановок. Выполнение такого условия обеспечивает наименьшее количество стыков розлива, в которых трудно дать точную норму вяжущего. Следует иметь в виду, что избыток вяжущего вызывает в процессе эксплуатации летом размягчение слоя поверхностной обработки и появление «жирных пятен», наплывов. Недостаток вяжущего не обеспечит формирования битумно-каменного коврика, создаваемого поверхностной обработкой, и приведет к быстрому его разрушению.

Вид обработки	Толщина обработки, см	Рекомендуемые размеры фракций каменных материалов для россыпи, мм	Расход материалов					
			При первых		При вторых		При третьих	
			россыпи каменных материалов, м <sup>3</sup> /100 м <sup>2</sup>	розливе вяжущего, л/м <sup>2</sup>	россыпи каменных материалов, м <sup>3</sup> /100 м <sup>2</sup>	розливе вяжущего, л/м <sup>2</sup>	россыпи каменных материалов, м <sup>3</sup> /100 м <sup>2</sup>	розливе вяжущего, л/м <sup>2</sup>
Одиночная	0,5	0—5	0,65	0,7—0,8	—	—	—	—
	1,0	10—15	1,55	1,2—1,3	—	—	—	—
	1,5	15—25	2,25	1,6—1,8	—	—	—	—
Двойная	1,0	10—15	1,20	0,9—1,1	—	—	—	—
		0—5	—	—	0,40	0,5—0,6	—	—
	1,5	10—15	1,45	1,1—1,2	—	—	—	—
		0—5	—	—	0,85	0,6—0,7	—	—
	3,0	15—25	2,25	1,6—1,8	—	—	—	—
		10—15	—	—	1,85	1,4—1,6	—	—
Тройная	2,5	10—15	1,50	1,1—1,3	—	—	—	—
		10—15	—	—	1,50	1,1—1,3	—	—
		10—15	—	—	—	—	0,86	0,8—1,0
	4,0	15—25	3	2,1—2,4	—	—	—	—
		15—25	—	—	1,70	1,2—1,4	—	—
		10—15	—	—	—	—	1,50	1,1—1,3

Примечания. 1. Расход вяжущего зависит от крупности применяемого материала и составляет (при среднем его удельном весе 2,7 г/см<sup>3</sup>) для фракций: 5—15 мм — 6,0—6,5%, 15—25 мм — 5,5—6,0% от веса минерального материала.

2. При поверхностной обработке покрытия из необработанных органическими вяжущими материалов нормы на первый розлив должны быть увеличены на 10%.

3. Нормы розлива вяжущего даны применительно к свойствам нефтяных битумов. Поэтому при использовании сланцевых битумов, дегтей и эмульсий нормы розлива должны быть увеличены в соответствии с удельным весом.

Чтобы обеспечить в местах стыков розлива заданную норму вяжущего, можно применять такой прием: в конце полосы розлива на всю ее ширину и длиной 3—4 м укладывают толь или фанерные щиты, на которые автогудронатор наезжает и останавливается так, чтобы распределительная труба была над закрытым участком. Затем быстро перекрывают кран трубы, а оставшееся в распределительной системе вяжущее стекает на толь или фанеру. При продолжении работы на этой полосе автогудронатор снова наезжает на участок, останавливается и после открытия крана, быстро начинает движение. Скапливающееся на щитах небольшое количество вяжущего удаляют в котлы для разогрева и повторного использования.

Длина полосы розлива  $l_p$  может определяться по формуле

$$l_p = \frac{Q_r}{q_n b}, \quad (64)$$

где  $Q_r$  — емкость бака гудронатора, л;  
 $q_n$  — норма розлива вяжущего, л/м<sup>2</sup>;  
 $b$  — ширина полосы розлива (1—7 м).

Емкость баков автогудронаторов равна 3500 (Д-640) и 5500 л (Д-164А), а нормы розлива в зависимости от вида поверхностной обработки и порядкового номера розлива составляют 0,5—2,4 л/м<sup>2</sup> (см. табл. 35). Тогда при ширине полосы розлива 7 м длина полос розлива может быть от 200 до 1000 м при работе гудронатора Д-640 и от 300 до 1500 м при работе Д-164А. Следовательно, для увязки работ на захватах неизбежны развороты, которые должны выполняться с применением толи и фанерных щитов в конце разворотов.

Эксплуатационная производительность автогудронаторов ( $\Pi_r$ ) определяется по формуле

$$\Pi_r = \frac{Q_r k_b}{q_n \left( t_n + \frac{L}{v_1} + \frac{L}{v_2} + t_p + t_m \right)}, \quad (65)$$

где  $\Pi_r$  — производительность автогудронатора, м<sup>2</sup>/ч;  
 $Q_r$  — емкость бака гудронатора (3500; 5500 л);  
 $k_b$  — коэффициент использования автогудронатора по времени (0,80—0,85);  
 $q_n$  — норма розлива, л/м<sup>2</sup>;  
 $t_n$  — время, необходимое для наполнения бака вяжущим (0,17—0,25 ч);  
 $L$  — дальность возки вяжущих материалов (1—25 км);  
 $v_1$  — скорость груженого автогудронатора (20—25 км/ч);  
 $v_2$  — скорость порожнего автогудронатора (30—40 км/ч);  
 $t_p$  — время, необходимое для розлива вяжущего материала (0,05—0,3 ч);  
 $t_m$  — время, затрачиваемое на маневрирование на месте наполнения и подготовку к розливу (0,12—0,20 ч).

*Россыпь каменного материала* в количестве, указанном в табл. 35, производится немедленно после розлива вяжущего, пока оно не успело остыть и загустеть, с помощью специальных распределителей (например, Д-366). Распределитель должен двигаться задним ходом по рассыпаемому слою каменного материала. В случае отсутствия таких распределителей приходится рассыпать каменный материал лопатами из кузова автомобилей,двигающихся задним ходом. Рассыпанный материал разметают метлами или раздвигают граблями (тыльной стороной) для обеспечения равномерности распределения, после чего сразу же уплотняют.

*Уплотнение* производится катками с гладкими вальцами, на пневматических шинах, а также виброкатками. Вес катков выбирается с таким расчетом, чтобы не раздавливался каменный материал. Количество проходов катков принимается 2—3 по одному следу после каждой россыпи. Обычно после первой россыпи уплотняют легкими моторными катками или катками на пневматических шинах, после второй — легкими моторными катками и после третьей — катками на пневматических шинах. Кроме этого, укатку необходимо повторять на протяжении нескольких дней после окончания работ, выполняя ее в теплое время дня, когда вяжущее несколько размягчается. Участки с жирными пятнами следует присыпать высевками.

Состав бригады и средства механизации для производства поверхностной обработки принимаются по расчету.

Ведущей машиной, определяющей выработку бригады, является автогудронатор для розлива вяжущего. Все другие операции выполняются в такие сроки, чтобы обеспечить требуемую производительность автогудронатора.

## **§ 86. Технология производства работ способом пропитки**

Технология способа пропитки состоит из следующих операций: подготовки поверхности покрытия или основания; первой россыпи каменного материала; уплотнения; розлива вяжущего; второй (третьей, четвертой) россыпи каменных материалов; уплотнения после каждой россыпи; розлива вяжущего после каждой новой россыпи и уплотнения каменных материалов; поверхностной обработки (в случае устройства покрытия).

*Подготовка поверхности* покрытия или основания производится так же, как и при поверхностной обработке.

*Завоз и распределение (россыпь) каменных материалов* выполняется средствами механизации (см. главу XI). При распределении материалов необходимо тщательно следить за планировкой и равномерностью россыпи, а также соответствием применяемых фракций каменных материалов для каждой россыпи в отдельности.

Рекомендуемые размеры фракций и расход каменных материалов, а также нормы розлива вяжущего для пропитки покрытия и оснований приведены в табл. 36.

*Уплотнение россыпи каменных материалов* выполняется сначала легкими (весом 5—6 т), а затем тяжелыми (весом 8—10 т) катками при минимальной скорости движения 1,5—2,5 км/ч. Количество проходов легкого катка составляет 2—5 по одному следу. Уплотнение тяжелыми катками производится до момента достижения устойчивого положения щебня, но без излишнего дробления с тем, чтобы поры не заполнялись измельченными материалами, а оставались открытыми для последующего проникания вяжущего материала.



Вид прошивки и и	Количество при- мов рос- сылей щебня	I
Глубокая 6,5—8,0 см (для покры- тий)	4	
Размеры фракций, мм		40—70
Расход: щебня, м <sup>3</sup> /100 м <sup>2</sup> вяжущего, л/м <sup>2</sup>		4,5—6,0 3,0—4,0
То же	3	
Размеры фракций, мм		25—65
Расход: щебня, м <sup>3</sup> /100 м <sup>2</sup> вяжущего, л/м <sup>2</sup>		7,5—10,0 5,0—7,0
Облегченная 4—6 см (для основа- ний)	3	
Размеры фракций, мм		25—40
Расход: щебня, м <sup>3</sup> /100 м <sup>2</sup> вяжущего, л/м <sup>2</sup>		3,0—4,5 3,0—4,0
То же	2	
Размеры фракций, мм		25—40
Расход: щебня, м <sup>3</sup> /100 м <sup>2</sup> вяжущего, л/м <sup>2</sup>		5,0—7,5 4,0—6,0

Примечание. Нормы расхода материалов (щебня и вяжущего) — 8,0 и 6 см.

Таблица 36

Порядок россыпей и розливов			Поверхностная обработка	Общий расход материалов
II	III	IV		
25—40	15—25	3/5/—15	3—5	—
3,0—4,0 2,5—3,0	1,0—1,1 2,0—2,5	0,9—1,1 1,5—2,0	0,8—1,2 —	10,2—13,4 9,0—11,5
15—25	3/5/—15	—	3—5	—
1,0—1,1 2,0—2,5	0,9—1,1 1,5—2,0	— —	0,8—1,2 —	10,2—13,4 8,5—11,5
15—25	3/5/—15	—	—	—
2,0—3,0 2,0—2,5	0,9—1,1 —	— —	— —	5,9—8,6 5,0—6,5
3/5/— 5	—	—	—	—
0,9—1,1 —	— —	— —	— —	5,9—8,6 4,0—6,0

вяжущего) даны: меньше при пропитке на глубину 6,5 и 4 см,

Основное уплотнение каменного материала первой россыпи должно быть выполнено во второй период укатки, т. е. после второй россыпи более мелких фракций (расклинивающих) материалов. Уплотнять следует, как правило, без поливки водой. Только в жаркие дни допускается увлажнение для облегчения укатки, но к началу розлива вяжущего каменный материал должен быть сухим. Количество проходов тяжелых катков устанавливается пробной укаткой и примерно составляет 4—5 по одному следу.

*Розлив вяжущего материала* производят автогудронаторами после окончания уплотнения первой россыпи от середины к краям покрытия. При розливе вяжущее должно проникнуть в пустоты пропитываемого слоя, обволакивая фракции без сгустков. При использовании эмульсии во избежание ее проникания в основание следует часть второй фракции каменного материала распределить перед первым розливом. Последующие россыпи каменных материалов производятся немедленно после розлива, пока вяжущее не остыло. Количество каменного материала при россыпах должно быть такое, чтобы им были заполнены все крупные поры (промежутки), но не создавалось бы из него отдельного поверхностного (самостоятельного) слоя. Каждую россыпь уплотняют катками весом 8—10 т за 4—5 проходов по одному следу.

Заключительным этапом работы, в том случае когда способом пропитки строится покрытие, является поверхностная обработка в соответствии с технологией, изложенной в § 85.

Для обеспечения лучших условий формирования покрытия или основания, построенных способом пропитки, рекомендуется в течение нескольких дней после окончания работ периодически подкатывать их катками на пневматических шинах. Состав бригады и средства механизации для производства работы по пропитке применяются те же, что и при поверхностной обработке.

Недостатки, причины и меры устранения дефектов, возникающих при работах способом пропитки (или поверхностной обработки), могут быть следующие:

поверхностная обработка отстает и даже уносится колесами автомобилей. Причиной такого недостатка является отсутствие сцепления вяжущего с основанием из-за загрязненности поверхности основания или низкой температуры розлива вяжущего. Такие места необходимо переделать;

поверхность покрытия быстро «затягивается» вяжущим или на поверхности образуются жирные пятна, что указывает на избытки вяжущего. Исправить можно дополнительной россыпью одномерного щебеночного материала при высокой температуре воздуха с предварительной очисткой жирных пятен;

щебень не получил сцепления и разбрасывается при движении автомобилей. Это бывает при раннем открытии движения, когда вяжущее недостаточно затвердело или россыпь щебня произвели по затвердевшему розливу вяжущего, или щебень был

с плотной рубашкой. Такие дефектные места необходимо переделать;

щебень раздавливается при укатке, что указывает на его избыток или недостаточную прочность. В первом случае нужно убрать излишек щебня, во втором заменить на щебень из прочных каменных пород.

### **§ 87. Технология производства работ способом смешения на месте и в установках**

Технология смешения на месте почти аналогична технологии укрепления грунтов жидкими вяжущими материалами и очень близка к технологии строительства щебеночных, гравийных и грунтощебеночных покрытий и оснований, необработанных органическими вяжущими.

Технология работ существенно зависит от применяемых для смешения материалов и машин. Например, прицепные и навесные механизмы только перемешивают смеси, а передвижные смесители дозируют, перемешивают, распределяют и даже частично уплотняют. Технология работ зависит также от того: привозной минеральный материал или используется местный грунт без granulометрических добавок либо с добавками. В последнем случае возникает необходимость в измельчении и рыхлении грунта.

При строительстве покрытий и оснований из привозного минерального материала производится планировка и срезание грунта с вывозом его за пределы ВПП, РД и МС, уплотнение 10 и 15-тонными катками на пневматических шинах.

Подготовка грунтового основания должна опережать работы по устройству покрытия или основания на одну-две захватки, но не более с тем, чтобы грунт не разуплотнялся под воздействием выпадающих атмосферных осадков и при последующем высушивании.

Минеральные материалы завозят и распределяют аналогично изложенному в § 80. При этом если завозимый материал не отвечает требованиям оптимальной смеси и она составляется на месте из раздельно завозимых фракций, то перемешивание может выполняться как до розлива, так и после розлива вяжущего.

Розлив (распределение) вяжущего производится автогудронаторами или прицепными гудронаторами в несколько приемов по 1,5—2,5 л/м<sup>2</sup>. Количество розливов зависит от общей нормы вяжущего и принятой дозы для одного розлива.

После каждого розлива выполняется предварительное перемешивание, при этом нельзя допускать разрыхления грунтового основания, для чего требуется 1—2 прохода фрезы, 7—15 проходов автогрейдера или 2—3 прохода многоножевого смесителя. Большее количество проходов принимается в холодную погоду, а также при большей норме розлива вяжущего или мелкозернистых минеральных материалов.

Перемешивать смесь следует при оптимальной влажности в пределах 1—4%. При большей влажности необходима предварительная естественная просушка минеральных материалов. Если в процессе перемешивания начинается дождь, то необходимо немедленно собрать смесь в валики, что уменьшит возможность излишнего увлажнения и вымывания вяжущего, а перемешивание прекратить до окончания дождя.

Окончательное перемешивание с исправлением в случае необходимости сухости или избыточной жирности смеси производится в процессе разравнивания и планировки. Этот процесс выполняется автогрейдерами или грейдерами за 3—5 проходов по одному следу. Уплотняют смесь катками на пневматических шинах (6—8 проходов по одному следу).

Поверхностную обработку следует производить в два приема (см. § 85).

Недостатки, причины и меры устранения возможных дефектов при способе смешения на месте следующие:

чрезмерная пластичность и наличие в отдельных местах сильных деформаций. Это указывает на избыток вяжущего или мелкозема в минеральных материалах. Исправление этого недостатка может быть сделано кирковкой дефектных участков, новым перемешиванием и укаткой с добавкой скелетных минеральных материалов;

разрушение (выкрашивание) поверхности указывает на плохое сцепление из-за загрязненности минерального материала с вяжущим. В этом случае требуется переделка, полезно добавить 2—3% гашеной извести;

растрескивание поверхности объясняется недостатком вяжущего и может быть исправлено частичной или сплошной кирковкой, добавлением вяжущего, перемешиванием и укаткой;

раковистость поверхности может быть вследствие недостаточности уплотнения или слишком большой пористости смеси. Исправляется дополнительной укаткой с предварительным розливом и россыпью битума и песка.

Приготовление горячих, теплых и холодных смесей, а также черного щебня или гравия способом смешения в установках и последующая укладка полученного материала в покрытие или основание является технологией полужаводского типа и по существу выполняется аналогично приготовлению и укладке асфальтобетона, что подробно излагается в главе XIV. Отличие состоит лишь в том, что черные смеси и черный щебень или гравий готовят из более крупных скелетных материалов и без минерального порошка.

Заводские условия приготовления смесей в установках позволяют обеспечить высокое их качество. Однако и при этом способе в целях улучшения прилипания (адгезии) вяжущих и минеральных материалов рекомендуется применять поверхностно-активные добавки и в первую очередь широко распространенные

активаторы — гашеную известь и цемент. Целесообразно также в вяжущие вводить дегти или каменноугольные масла.

Работы по строительству покрытий и оснований должны проводиться без перерыва между процессом приготовления и укладкой, когда смесь укладывается в горячем состоянии (горячий способ), и с перерывом, когда смесь укладывается, спустя некоторое время в холодном состоянии (холодный способ). В последнем случае смесь после приготовления поступает на склад для хранения и, чтобы не было слеживаемости, необходимо перед отправкой смеси на склад охладить ее до температуры 30—35° С, обработать специальными добавками (известковым молоком, сульфитно-спиртовой бардой с хлорным железом).

Добавки требуется перемешивать с готовой смесью не более 10 сек. Сроки хранения холодных смесей не должны превышать при использовании жидких среднегустеющих битумов и каменноугольных дегтей 4, а медленно густеющих битумов — 8 месяцев. Высота штабелей должна быть не более 2 м. Хранение может быть летом на открытых площадках, а в осенне-зимний период, как правило, в закрытых складах или под навесом.

Для приготовления черных смесей вяжущий материал предварительно нагревают, а минеральный — применяют в подогретом или холодном состоянии. Если смесь готовят без подогрева минеральных материалов, то ее смешение может быть в любых смесителях, в том числе типа бетономешалок. Однако минеральный материал в этом случае должен быть подсушен, что увеличивает его сцепление с вяжущим.

При приготовлении смесей минеральные материалы и вяжущие можно дозировать по весу и по объему. Ориентировочные нормы расхода вяжущих материалов для приготовления смесей в установках приведены в табл. 37.

Технология производства работ по строительству покрытий и оснований из приготовленных в установках смесей или черного щебня (гравия) состоит из следующих операций: подготовки грунтового основания, транспортирования смеси или черного щебня (гравия) к месту укладки, распределения завезенных материалов слоем требуемой толщины, уплотнения, поверхностной обработки.

*Подготовка грунтового основания* заключается в том, что с помощью навесных и прицепных механизмов проводится планировка и уплотнение грунтового основания. Для обеспечения лучшего сцепления укладываемого черного материала с грунтовым основанием при использовании дегтей в качестве вяжущего следует производить предварительный розлив дегтя марки Д-1 или Д-2 в количестве 0,5—1,0 л/м<sup>2</sup>.

*Транспортируют материалы* автомобилями-самосвалами. Основное требование к транспортированию — обеспечить минимум остывания горячих материалов с тем, чтобы к моменту укладки они имели температуры, не менее указанных в СНиП.

Тип покрытия или зная	Способы укладки	Минеральный материал из			
		изверженных пород		осадочных пород	
		Норма расхода % от минерального материала			
		битум		битум	деготь
Черный щебень или гравий размерами: 15—25 и 25—40 мм 10—15 и 3(5)—10 мм	Горячий	1,5—3,0	1,8—3,5	3,0—4,0	3,5—5,5
	Холодный	1,3—2,0	1,5—2,3	2,0—3,5	2,5—4,0
	Горячий	2,0—3,5	2,5—4,5	3,0—4,5	3,5—5,5
	Холодный	1,5—2,5	1,8—3,0	2,5—3,5	3,0—4,0
Черные щебеночные или гравийные смеси: плотные пористые из рядово- го материала	Горячий	4,5—6,5	5,5—8,0	4,5—7,0	5,5—8,5
	Холодный	4,0—5,0	4,5—6,5	4,0—6,5	5,0—8,0
	Горячий	2,5—4,5	3,0—5,5	3,0—5,0	3,5—6,0
	Холодный	2,0—4,0	2,5—5,0	2,5—4,5	2,5—5,5

Примечание. Для укладки холодным способом черный гравий не применяется. Расход вяжущего при теплом способе укладки равен примерно средним значениям между горячим и холодным способами.

*Распределяют и разравнивают материалы* распределителем типа асфальтоукладчика. Холодные и теплые смеси при толщине слоя не менее 4 см допускается распределять как исключение автогрейдерами. В процессе распределения и разравнивания материалов необходимо строго выдерживать толщину укладываемых слоев.

*Уплотняют материалы* можно катками с гладкими вальцами, на пневматических шинах и виброкатками. При этом организация работы катков и количество их проходов зависит от применяемого материала. При черном холодном щебне обеспечивается метод заклинки. В этом случае требуется трехкратная россыпь и уплотнение каменных фракций, подобно тому как уплотняются щебеночные покрытия, необработанные органическими вяжущими, однако без поливки водой. При черных горячих подобранных оптимальных смесях обеспечивается метод плотных смесей. В этом случае после укладки смесь уплотняют.

При укладке холодного черного щебня (гравия) предварительно уплотняют его катками весом 3—5 т для мягких каменных материалов и 5—6 т для твердых. Количество проходов катков составляет 10—15 по одному следу. После предварительного уплотнения первой россыпи и распределения следующей (мелкой) фракции черного щебня или гравия уплотнение продолжают более тяжелыми катками (6—10 т для мягких каменных пород и 10—12 т для твердых). После этого производится третья

россыпь каменного материала (мелочи) и окончательное уплотнение теми же катками по весу, что при втором периоде, но лучше применять катки на пневматических шинах. Количество проходов катков во втором и третьем периоде укатки составляет 3—5 по одному следу.

Оптимальные смеси, укладываемые в горячем и теплом состоянии, уплотняют самоходными катками, сначала легкими и затем для окончательного уплотнения тяжелыми или катками на пневматических шинах. В холодную погоду уплотняют только тяжелыми катками немедленно вслед за укладкой смеси. Если для нижних слоев применяются пористые смеси из прочных каменных пород, их уплотняют сразу тяжелыми катками. Необходимое количество проходов катков устанавливается пробной укаткой и в зависимости от веса катка и толщины укатываемого слоя может колебаться от 10 до 15 по одному следу.

Холодные смеси следует уплотнять катками на пневматических шинах или виброкатками и как исключение легкими самоходными катками с числом прохода 5—10. При использовании виброкатков уплотнение выполняется в два приема: с выключенным и с включенным вибратором.

Состав бригад и механизмы для устройства покрытий и оснований способом смешения в установках аналогичны применяемым при устройстве щебеночных и гравийных покрытий и оснований, необработанных органическими вяжущими, и асфальтобетонных покрытий.

При строительстве покрытий и оснований с применением органических вяжущих способом смешения в установках необходимо предупредить возникновение каких-либо дефектов, так как их устранение весьма затруднительно и требует по существу полной переделки. Поэтому необходимо хорошо знать возможные недостатки и причины их возникновения, присущие покрытиям и основаниям, построенным способом смешения в установке:

появление вяжущего (жирного пятна) на поверхности указывает на его излишек или неудовлетворительно подобранную смесь;

грубая, неровная и с большим количеством раковин поверхность может быть по ряду причин: из-за избытка крупных фракций, плохого смешения, укладки смеси в очень холодном состоянии и неравномерной укатки или укатки в слишком горячем состоянии смеси, расслоения смеси при укладке, остановки катков на горячей смеси, чрезмерно тяжелых катков и непрочного основания;

растрескивание с возникновением большого количества мелких или больших длинных трещин. Причинами возникновения мелких трещин могут быть: избыток в смеси мелких частиц, недостаток вяжущего, несвоевременная или чрезмерная укатка, уплотнение смеси в слишком горячем состоянии или чрезмерно



тяжелыми катками, непрочное или переувлажненное грунтовое основание. Большие длинные трещины могут появиться из-за чрезмерной укатки или применения слишком тяжелых катков, непрочного или переувлажненного грунтового основания;

раздробление каменного материала является следствием: применения смеси с избытком крупных фракций, укладки смеси в очень холодном состоянии, неудовлетворительной работы укладчика, несвоевременной или излишней укатки, применения чрезмерно тяжелых катков или укатки смеси в слишком горячем состоянии;

скольжение верхнего слоя по основанию возможно из-за избытка в смеси мелких частиц или вяжущего, неправильно подобранной смеси, повышенной влажности смеси, применения смеси в очень холодном состоянии, несвоевременной, неравномерной или чрезмерной укатки, применения слишком тяжелых катков, переувлажнения грунтов основания и излишнего предварительного розлива вяжущего при подготовке основания;

волнообразование указывает на применение смеси с избытком мелких частиц, вяжущего или чрезмерной влажности, а также на неудовлетворительную работу укладчика или укатку смеси в слишком горячем состоянии, на применение слишком тяжелых катков, вибрацию катка или непрочное основание;

следы катка, оставшиеся после уплотнения, указывают на избыток в смеси мелких частиц или битума, неравномерность и несвоевременность укатки, остановки катков на горячей смеси, уплотнение чрезмерно тяжелыми катками и укатку смеси в слишком горячем или холодном состоянии.

Из изложенных выше недостатков и причин их возникновения, возможных при устройстве покрытий и оснований способом смешения в установке, видно, что имеется большое число случаев, когда по одной и той же причине могут появляться различные дефекты и, наоборот, один и тот же дефект может быть в результате разных причин.

Необходимо строго выполнять все требования технических правил на производстве работ и этим обеспечить получение покрытия или основания хорошего качества.

## **§ 88. Указания по организации работ и контролю качества**

Покрытия и основания с применением органических вяжущих так же, как и все другие типы покрытий и оснований, строят поточным методом отдельными захватками, исходя из объема работ ведущего технологического процесса. Такие процессы при поверхностной обработке и пропитке — розлив вяжущего, а иногда при пропитке — распределение (россыпь) минеральных материалов, при смешении на месте, — перемешивание и при смешении в установках — укладка готовой смеси в увязке с производительностью установки.

Основные положения по разбивке всех технологических процессов строительства на захватки и размеры этих захваток изложены в § 78.

Технико-экономические показатели по трудовым затратам на строительство покрытий и оснований с применением органических вяжущих приведены в табл. 38.

Таблица 3

Способ и разновидность обработки	Толщина обработки, см	Затраты на 1000 м <sup>2</sup>	
		чел-дни (смены)	маш-смен
Поверхностная обработка:			
одиночная	< 1,5	5—6	0,7—0,9
двойная	1—3	6—7	1,1—1,3
тройная	2,5—4	8—9	1,3—1,5
Пропитка:			
облегченная	4—6	30—35	2,2—2,5
глубокая	6,5—8	45—50	4,0—5,0
Смешение на месте из привозных материалов	6—8	13—19	3,5—6,0
Смешение в установке:			
горячий	4—8	17—26	2,8—4,0
теплый	4—8	19—30	3,0—4,0
холодный	4—8	21—35	3,0—4,5

В процессе строительства покрытий и оснований с применением органических вяжущих материалов необходимо контролировать качество применяемых материалов и выполнение производственных процессов. Технический контроль должен предусматривать проверку: подготовки поверхности, на которой укладывается черное покрытие или основание; применяемых минеральных и вяжущих материалов; процессов поверхностной обработки и пропитки; приготовления смесей способом смешения на месте и в установках; готового покрытия или основания.

Контроль качества поверхности состоит в том, что необходимо следить, чтобы оно было ровное, без пыли и грязи. Это относится к случаям устройства покрытий и оснований способом смешения на месте из привозных материалов или способом смешения в установках. При поверхностной обработке и пропитке требуется следить за тем, чтобы поверхность обрабатываемого покрытия была выровнена и очищена от посторонних предметов.

Контроль качества применяемых материалов сводится к установлению соответствия их требованиям, имея в виду, что любое отклонение от требований к материалам неизбежно приводит к низкому качеству готового покрытия или основания.

При устройстве покрытий способом поверхностной обработки или пропитки необходимо контролировать: норму расхода; равномерность россыпи минеральных материалов; норму и равномерность разлива вяжущих и их температуру; своевременность

россыпи минеральных материалов после розлива вяжущих (при поверхностной обработке).

При устройстве покрытий и оснований способом смешения на месте контролируется: постоянство объема валика и влажности заготовленного минерального материала, состав и качество перемешивания смеси.

Для контроля гранулометрического состава и влажности отбираются пробы из каждых 150—200 м<sup>3</sup> обрабатываемой смеси.

Качество перемешивания минеральных материалов с вяжущими определяют по внешним признакам — цвету и однородности смеси, недостатку или избытку вяжущего материала, а также путем испытания двух образцов, сформированных из готовой смеси.

Контроль качества приготовления смесей в установке и укладки их в покрытие должен осуществляться аналогично контролю качества устройства асфальтобетонных покрытий. При этом должно особо уделяться внимание проверке качества просушки минеральных материалов, температуры смеси в каждом замесе, а для холодных и теплых смесей — слеживаемости при длительном хранении.

Степень уплотнения готовых покрытий, устроенных способом смешения на месте или в установке, следует проверять по величине объемного веса вырубленных образцов. Объемный вес образца из горячих смесей после уплотнения катками должен быть не менее 0,95 от объемного веса переформированного образца под давлением 300 кГ/см<sup>2</sup>, а холодных и теплых смесей — 400 кГ/см<sup>2</sup>.

Толщину слоя и качество готового черного покрытия или основания проверяют путем устройства в покрытии вырубок размерами 20×20 см через каждые 250 м в продольном направлении и не менее двух в поперечном.

Соответствие отметок покрытия или основания проектным контролируется нивелированием, а ровность поверхности — пятиметровой рейкой. Допустимые отклонения составляют: толщины слоя — 10%, высотных отметок — 5 мм, величины зазора между поверхностью и прикладываемой рейкой — 5 мм для покрытий и 15 мм — для оснований.

## Глава XIV

### СТРОИТЕЛЬСТВО АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

#### § 89. Общие положения

Среди разнообразных типов покрытий, устраиваемых с применением битума или дегтя, наиболее совершенны асфальтобетонные, которые относятся к высшему типу покрытий из битумо-минеральных материалов.

Асфальтобетоном называется материал, полученный в результате рационально подобранной смеси из щебня, песка, минерального порошка и битума. При использовании в качестве вяжущего дегтей материал носит название дегтебетона. Смесь составляющих асфальтобетон материалов перемешивается в горячем состоянии, а укладываться может как в нагретом, так и в холодном виде. В зависимости от способа укладки асфальтобетона смеси разделяют на горячие, укладываемые и уплотняемые в горячем состоянии при температуре смеси не ниже  $60^{\circ}\text{C}$ , и холодные, укладываемые при температуре воздуха. В последнее время применяют теплые асфальтобетонные смеси, которые занимают промежуточное положение между горячими и холодными в отношении вязкости битума, температуры приготовления, уплотнения и физико-механических свойств.

Горячие и холодные асфальтобетонные смеси имеют свои достоинства и недостатки. Покрытия, устроенные из горячей асфальтобетонной смеси, отличаются быстротой формирования, большей прочностью и готовностью к эксплуатации как только закончено уплотнение. Однако смесь после приготовления должна быть немедленно уложена в покрытие, в то время как холодные асфальтобетонные смеси можно готовить заблаговременно и при необходимости перевозить на большие расстояния.

Покрытие из холодного асфальтобетона более скользко в дождливое время и поэтому, как правило, нуждается в поверхностной обработке. На аэродромах холодный асфальтобетон используется главным образом для ремонтных работ.

Более высокие достоинства покрытий, устраиваемых из горячих асфальтобетонных смесей по сравнению с холодным асфальтобетоном, обеспечили им широкое распространение.

Гранулометрический состав минеральной части асфальтобетонной смеси и содержание в ней битума (согласно ГОСТ 9128—67) приводится в табл. 39, в которой типы смесей характеризуют количество щебня: *А* — многощебенистую смесь (50—65%), *Б* — среднещебенистую (35—50%) и *В* — малощебенистую (20—35%). Песчаные смеси, приготовленные из дробленого песка фракции 1,25—5 мм в количестве не менее 33%, обозначаются типом *Г* и из природного песка тех же фракций не менее 14% — типом *Д*.

Асфальтобетонные смеси, в зависимости от применяемого каменного материала и качества минерального порошка, разделяются на две марки. В смесях I марки применяются щебень из изверженных и метаморфических пород не ниже марки 1200 (по дробимости) и осадочных — марки 1000, а минеральный порошок — тонко измельченные карбонатные горные породы или основные металлургические шлаки. В смесях II марки применяются щебень из изверженных и метаморфических горных пород не ниже марки 800 и осадочных — 600, а минеральный порошок — порошкообразные промышленные отходы, молотые ракушечники и другие горные породы.

Таблица 39

Типы гранулометри	Размер сит,											Примерный расход битума, % по весу	
	40	25	20	15	10	3	1,25	0,63	0,315	0,14	0,071		
	Содержание зерен минерального материала данного размера, %												
<b>I. Для верхнего слоя покрытий</b>													
<i>Смеси непрерывной гранулометрии</i>													
а) среднезернистые типов:													
А	—	—	95—100	78—85	60—70	35—50	26—40	17—28	12—20	9—15	6—10	4—8	5—6,5
Б	—	—	95—100	85—91	70—80	50—65	40—55	28—39	26—29	14—22	9—15	6—10	5—6,5
В	—	—	95—100	91—96	80—90	65—80	55—70	39—53	29—40	20—28	12—19	8—12	6,5—7,0
б) мелкозернистые типов:													
А	—	—	—	95—100	63—75	35—50	26—40	17—28	12—20	9—15	6—10	4—8	5—6,5
А	—	—	—	—	95—100	35—50	26—40	17—28	12—20	9—15	6—10	4—8	5—6,6
Б	—	—	—	95—100	75—85	50—65	40—55	28—39	20—29	14—22	9—15	6—10	5,5—7,0
В	—	—	—	—	95—100	50—65	40—55	28—39	20—29	14—22	9—15	6—10	5,5—7,0
В	—	—	—	95—100	85—93	65—80	57—70	39—53	29—40	20—28	12—19	8—12	6,0—7,5
В	—	—	—	—	95—100	65—80	57—70	39—53	29—40	20—28	12—19	8—12	6,0—7,5
в) песчаные типов:													
Г	—	—	—	—	—	95—100	75—88	45—67	28—50	18—35	11—23	8—14	7,5—9,0
Д	—	—	—	—	—	95—100	80—95	53—86	37—75	27—55	17—33	10—16	7,0—9,0
<i>Смеси прерывистой гранулометрии</i>													
г) среднезер													
А	—	—	95—100	78—85	60—70	35—50	35—50	35—50	35—50	17—28	8—14	4—8	5—6,5
Б	—	—	95—100	85—91	70—80	50—65	50—65	50—65	50—65	28—40	14—22	6—10	5—6,5
д) мелкозер													
А	—	—	—	95—100	63—75	35—50	35—50	35—50	35—50	17—28	8—14	4—8	5—6,5
А	—	—	—	—	95—100	35—50	35—50	35—50	35—50	17—28	8—14	4—8	5—6,5
Б	—	—	—	95—100	75—80	50—65	50—65	50—65	50—65	28—40	14—22	6—10	5,5—7,0
Б	—	—	—	—	95—100	50—65	50—65	50—65	50—65	28—40	14—22	6—10	5,5—7,0
II. Для нижнего слоя покрытий (крупнозернистые и среднезернистые смеси)	95—100	75—100	—	55—83	43—59	27—49	19—40	10—25	7—18	4—11	2—7	0—4	4—6

Примечания: 1. Смеси прерывистой гранулометрии применяются где исключены при отсутствии крупного и среднего песков и возможности обогащения мелкого песка отходами камнедробления.

2. Увеличивать содержание щебня в смесях (в рекомендуемых таблицей пределах) следует при наличии природного песка, уменьшать — в случае применения дробленого песка.

Таблица 40

Показатели	Смеси для верхнего слоя покрытия	
	I марка	II марка
	Величина показателей	
Пористость минерального остова % по объему, для смесей типов:		
А и Б . . . . .	15—19	15—19
В и Г . . . . .	18—22	18—22
Д, не более . . . . .	—	22
Остаточная пористость, % по объему . .	3,0—5,0	3,0—5,0
Водонасыщение, % по объему, для смесей типов:		
А . . . . .	2,0—5,0	2,0—5,0
Б и Г . . . . .	2,0—3,5	2,0—3,5
В и Д . . . . .	1,5—3,0	1,5—3,0
Набухание % по объему, не более . . .	0,5	1,0
Предел прочности при сжатии, кг/см <sup>2</sup> , не менее:		
а) при температуре + 20° С . . . . .	24/20	22/18
б) при температуре + 50° С для смесей типов:		
А . . . . .	9/8	8/7
Б и В . . . . .	10/9	9/8
Г . . . . .	—	12/10
в) при температуре 0° С (для горячих смесей), не более . . . . .	120	120
Коэффициент водоустойчивости, не менее	0,90	0,85
Коэффициент водоустойчивости при длительном водонасыщении, не менее . . .	0,80/0,75	0,75/0,60

Примечание. В числителе приведены показатели свойств для горячих смесей, а в знаменателе — для теплых смесей.

Показатели физико-механических свойств асфальтодегтебетонных смесей должны соответствовать указанным в табл. 40.

Показателями физико-механических свойств асфальтобетонных смесей (% по объему) для нижнего слоя являются: пористость минерального остова 16—22; остаточная пористость 5—10; водонасыщение 5—8 и набухание не более 1,5.

Технические требования к холодному асфальто- и дегтебетону приведены в табл. 41.

Асфальтобетонные покрытия из-за высокой их стоимости стремятся устраивать минимальной толщины, обеспечивая необходимую несущую способность покрытия за счет устройства прочных оснований из щебня, гравия, грунтощебня, обработанных органическими вяжущими материалами.

Допускается применение цементобетонных оснований, отвечающих требованиям к нижнему слою двухслойных жестких покрытий. Асфальтобетонные покрытия широко применяются так-

Таблица 41

Физико-механические свойства	Показатели физико-механических свойств			
	холодный асфальтобетон		холодный леггетон	
	без прогрева	после прогрева при 90° С	без прогрева	после прогрева при 90° С
Предел прочности при сжатии при температуре +20° С, $кГ/см^2$ , не менее:				
в сухом состоянии ( $R_{20}$ )	15 8	— —	12 7	— —
в водонасыщенном состоянии ( $R_B$ )	8 15	15 10	8 4	15 10
Коэффициент водоустойчивости ( $K_B = R_B/R_{20}$ ), не менее	0,50 0,30	0,75 0,50	0,40 0,25	0,65 0,50
Водонасыщение, % по объему	5—10 5—12	— —	5—12 5—13	— —
Набухание, % по объему, не более	2,5 3,0	1,2 1,5	3,0 4,0	1,5 2,0
Слеживаемость смеси при температуре +15° С (число ударов), не более	8 8	—	8 8	—

Примечания: 1. Предел прочности при сжатии определяется на образцах диаметром и высотой 50,5 мм, уплотненных под нагрузкой 400  $кГ/см^2$ .

2. Образцы прогреваются при температуре 90° С; асфальтобетонные на жидком битуме СГ—6 ч; то же класса МГ и леггетонные—2 ч.

3. В числителе приведены требования для асфальтобетона и леггетона I марки, в знаменателе—II марки.

же для усиления существующих цементобетонных покрытий и придания ровности просевшим или изношенным цементобетонным покрытиям.

Асфальтобетонные покрытия могут устраиваться в один или несколько слоев. Однослойные покрытия можно применять только на хорошо сформированных, прочных и ровных основаниях, с обеспечением хорошей связи с поверхностью основания. В большинстве случаев приходится применять двухслойные асфальтобетонные покрытия, так как они более устойчивы и позволяют использовать менее ровные основания. Однослойные покрытия имеют обычно толщину 4—6 см, двухслойные—8—11 см. Слон

асфальтобетона тоньше 4 см практически нельзя укладывать так как они быстро охлаждаются и уплотнение становится не возможным.

Применение холодных асфальтобетонных смесей при ремонтных работах в отличие от горячих асфальтобетонных смесей позволяет укладывать их тонкими слоями, начиная с 1,0—1,5 см, что значительно облегчает производство работ и уменьшает расход материалов.

Все технологические процессы по строительству асфальтобетонных покрытий должны обеспечить ровность, шероховатость, прочность покрытия, что достигается строгим выполнением требований по подбору и приготовлению асфальтобетонных смесей и производства работ.

### § 90. Требования к материалам для асфальтобетона

Для получения асфальтобетона хорошего качества необходимо применять материалы, строго соответствующие установленным требованиям ГОСТ 9128—67.

*Вязущие.* В качестве вяжущего в асфальтобетоне применяют нефтяные дорожные битумы, соответствующие требованиям ГОСТ 11954 (вязкие) и ГОСТ 11955 (жидкие). Марка вяжущего материала выбирается в зависимости от вида смеси и климатических условий согласно рекомендациям, приведенным СНиП.

Для лучшего сцепления битума с минеральной частью асфальтобетонной смеси можно применять известь, цемент, а также различные поверхностноактивные добавки (ферролигносульфонат, ферросоапсток, ферронафт, торфяной деготь, актадециламин и др.).

В качестве вяжущих для холодного асфальтобетона применяются жидкие нефтяные битумы и медленнораспадающиеся эмульсии или суспензии (пасты): битумы марок СГ-40/70 СГ-70/130, СГ-130/200, МГ-70/130 и МГ-130/200 и дегти Д-5 и Д-6.

*Каменные материалы.* Щебень и дробленый гравий для асфальтобетонной смеси должны быть однородными по прочности и незагрязнены комками глины, суглинка и другими посторонними примесями. Предпочтительнее остроугольный щебень (дробленый гравий) кубовидной формы. Содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой форм допускается не более 15% по весу для смесей типа А, 25% — типа Б и 35% — типа В.

Для приготовления щебня следует использовать изверженные и метаморфические основные и осадочные карбонатные горные породы, обладающие лучшим сцеплением с битумами. Может использоваться также щебень, полученный при дроблении валунного камня, крупного гравия и нераспадающихся металлургических шлаков.

Не допускается для асфальтобетонных смесей недробленый



Виды щебня	Смеси для верхнего слоя					Смеси для нижнего слоя
	I марка		II марка			
	Типы гранулометрии					
	А	Б и В	А	Б	В	
Марки щебня, не менее						
Из изверженных и метаморфических пород	1200	1200	1000	1000	800	800
Из осадочных карбонатных пород	—	1000	—	800	600	600
Из остальных массивных осадочных пород	1000	1000	1000	800	600	600

гравий, а также щебень из глинистых (мергелистых) известняков, песчаников и сланцев.

Основные требования к каменным материалам для приготовления асфальтобетона приведены в табл. 42.

Для обеспечения однородного гранулометрического состава асфальтобетонной смеси щебень должен быть рассортирован по фракциям: 20—40, 10—20, 5(3)—25, 5(3)—15, 5(3)—10, 10—15 мм.

Для холодных асфальтобетонных смесей каменный материал должен обладать прочностью при сжатии не менее  $500 \text{ кг/см}^2$ , а для II марки асфальтобетона при использовании известняков — не ниже  $300 \text{ кг/см}^2$ . Каменные материалы должны быть морозостойкими и с малым водопоглощением.

**Песок.** Для приготовления асфальтобетонных смесей применяют морские, речные и горные пески крупные (с модулем крупности Мк более 2,5) и средние (Мк-2,5—2,0), соответствующие требованиям ГОСТ 8736—62. Для песчаных асфальтобетонов необходимы только крупные пески.

Применение мелких и тонких песков допускается при условии их обогащения добавкой крупного песка, высевок или минерального порошка.

Количество добавок должно быть таким, чтобы смесь щебня, песка и минерального порошка соответствовала бы гранулометрическому составу, приведенному в табл. 39.

Песок должен быть чистым, без комков глины, суглинка и посторонних загрязняющих примесей. Количество частиц менее 0,071 мм в дробленом песке не должно превышать 5%, в том числе глины не более 0,5%.

**Минеральный порошок.** В качестве минерального порошка используют измельченные известняки и доломиты прочностью не менее  $200 \text{ кг/см}^2$ , а также известняковые и доломитные асфаль-

товые породы и основные металлургические шлаки. Минеральный порошок — одна из наиболее важных составных частей асфальтобетона — предназначен для заполнения мелких пор, повышения связности и теплоустойчивости смеси. В процессе приготовления минеральные порошки можно обрабатывать битумами или дегтями.

Минеральный порошок должен быть чистым, сухим, рыхлым и не комковаться при смешивании с битумом и удовлетворять требованиям, приведенным в табл. 43.

Т а б л и ц а 43

Пористость при уплотнении под нагрузкой 400 кг/см <sup>2</sup> , % объема	Коэффициент гидрофильности частиц мельче 1,25, мм	Тонкость помола (проходит через сита с отверстиями, мм), % по весу		
		1,25	0,315	0,071
Не более 45 для зол уноса, цементной пыли, шламов; не более 30 — для активированных порошков и 35 для прочных порошков	Не более 1,0	100	90	70

При необходимости использования минерального порошка в качестве добавки для улучшения гранулометрического состава песка с модулем крупности меньше 2 тонкость помола минерального порошка может быть уменьшена таким образом, чтобы через сито с отверстиями 0,071 мм проходило не менее 40% по весу; при этом прочность исходной горной породы должна быть не менее 400 кг/см<sup>2</sup>.

### § 91. Подготовка основания для укладки асфальтобетонного покрытия

Перед тем как укладывать и уплотнять асфальтобетон, поверхность основания должна быть должным образом подготовлена. Если устройство основания входит в состав технологического процесса всего комплекса строительства покрытия, то оно обычно доводится до состояния полной готовности к укладке и уплотнению на нем асфальтобетонной смеси. Однако часто бывает необходимо укладывать асфальтобетонную смесь на готовое основание, например цементобетонное. Такое основание требует тщательной очистки от грязи и пыли, выравнивания отдельных мест. Иногда приходится укладывать выравнивающий слой из асфальтобетона, но перед этим должны быть заделаны крупные выбоины черным щебнем.

Асфальтобетонные покрытия имеют достаточную устойчивость и прочность лишь в том случае, когда обеспечено хорошее сцепление асфальтобетонной смеси с основанием. В противном

случае в процессе укатки и эксплуатации под влиянием возникающих горизонтальных усилий образуются сдвиги, наплывы, волны и разрывы. Практически слой асфальтобетона с такими дефектами уплотнить катками невозможно и приходится вырубать уложенный слой, очищать основание, обрабатывать поверхность битумом и укладывать асфальтобетонную смесь.

Поверхность основания очищают щетками или струей сжатого воздуха, подаваемого из компрессора. Механизированная очистка может быть выполнена дорожной щеткой, например Д-154А, работающей на прицепе к автомобилю ГАЗ-51. В некоторых случаях приходится применять промывку водой, подаваемой под напором. Лучше применять комбинированные поливомоечные машины КПМ-1 и КПМ-2, которые состоят из поливомоечного и очистительного оборудования.

Эксплуатационная производительность КПМ-1 (КПМ-2) определяется по формуле

$$P_{\text{кпм}} = \frac{l_0(b-c)k_{\text{в}}}{\left(\frac{l_0}{v} + t_{\text{р}}\right)n_0}, \quad (66)$$

где  $l_0$  — длина участка очистки или мойки, м;

$b$  — ширина захвата очистки или мойки, м;

$c$  — ширина перекрытия следа прохода машины, м;

$k_{\text{в}}$  — коэффициент использования машины по времени;

$v$  — средняя скорость движения машины во время очистки или мойки, м/ч;

$t_{\text{р}}$  — время, затрачиваемое на развороты, ч;

$n_0$  — количество проходов по одному следу.

Входящие в формулу (66) параметры имеют следующие значения:

	$b, \text{ м}$	$c, \text{ м}$	$k_{\text{в}}$	$v, \text{ м/ч}$	$t_{\text{р}}, \text{ сек}$	$n_0$
При очистке	2,5—2,3	0,2	0,85	720—900	40	1—2
При мойке	5—7	0,3	0,85	420—600	30	2—3

После заделки и выравнивания неровностей и очистки поверхность основания должна быть просушена, что обычно достигается естественной сушкой или с помощью специальных сушильных машин. Просушка необходима для того, чтобы избежать появления сетчатых трещин, которые обычно появляются, если асфальтобетонная смесь укладывается на влажное основание.

Как только основание становится сухим, его обрабатывают битумами. Для этого обычно применяют вязкий битум марки БНД-90/130 и БНД-60/90, нагретый до рабочей температуры, или глинобитумную суспензию. Для обработки поверхности нежелательно применять жидкие битумы, так как они являются не склеивающим, а смазывающим материалом. Нельзя также обрабатывать поверхность основания толстыми слоями, даже вязкими битумами. В этом случае, кроме скользкости, может произойти из-

менение физико-механических свойств уложенного асфальтобетона (повышение пластичности и уменьшение устойчивости), что объясняется способностью битума, находящегося под слоем покрытия, в жаркую погоду проникать в асфальтобетон и даже выступать отдельными жирными пятнами на поверхности.

Для того чтобы можно было легко равномерно распределить битум тонким слоем (при расходе  $0,2 \text{ кг/м}^2$ ), его разжижают керосином до соответствующей консистенции. Но улетучивание разжижителя из битума продолжается довольно долго (с

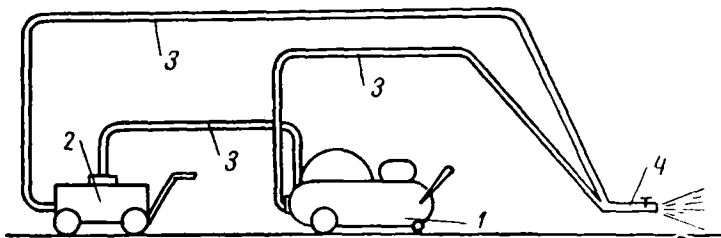


Рис. 96. Схема установки для распределения глинобитумной эмульсии по основанию перед укладкой асфальтобетонной смеси

3 дней) и за это время битумный слой обработки может загрязниться. Поэтому работы по укладке асфальтобетона необходимо выполнять немедленно, не допуская их в дождливое время.

Для обработки поверхности основания широко используют глинобитумную суспензию, получаемую на основе глинобитумных паст. Глинобитумная паста представляет собой вязко-пластичный материал, состоящий из вязкого битума (не менее 50% по весу), глины (25%) и воды (25%). Пасту готовят в лопастных мешалках, в которые сначала загружают глину и воду, после их тщательного перемешивания постепенно добавляют требуемое количество битума в горячем состоянии. Приготовленная таким образом паста может храниться длительное время. Глинобитумная суспензия получается путем разжижения пасты водой в соотношении по весу 1 : 3—1 : 4, в результате образуется раствор темно-коричневого цвета, по консистенции напоминающий известковое молоко. Такой раствор (суспензию) удобно распределять по поверхности основания с помощью установки (рис. 96), состоящей из компрессора 1 производительностью 15 или 30  $\text{м}^3/\text{ч}$ , закрытой герметически емкости 2 для суспензии и резиновых шлангов 3 с распылителем (пистолетом) 4. Эта установка может быть использована также и для распределения на поверхности основания разжиженного битума или известково-битумной суспензии. Расход суспензии составляет  $0,2—0,3$ , разжиженного битума  $0,2 \text{ кг/м}^2$ . Производительность установки  $600—1000 \text{ м}^2/\text{ч}$ .

Асфальтобетонную смесь укладывают на просохшую после обработки поверхность. Укладка ее по свежераспределенной сус-

пензии, когда поверхность еще не просохла, не обеспечивает сцепления смеси с основанием. Если свежееобработанная поверхность попала под сильный дождь, то имеется опасность смыва, поэтому после просыхания поверхности рекомендуется произвести повторную обработку.

### § 92. Транспортирование, укладка и уплотнение горячей и холодной асфальтобетонной смеси

Асфальтобетонная смесь транспортируется от места приготовления (асфальтобетонного завода или базы) к месту укладки автомобилями-самосвалами. Основное требование к организации транспорта по подвозу асфальтобетонной смеси — обеспечение сохранности температуры ( $130—150^{\circ}\text{C}$ ), необходимой для укладки и уплотнения. Для этого при температуре воздуха менее  $+10^{\circ}\text{C}$  и большой дальности возки кузова автомобилей-самосвалов закрывают деревянными крышками или брезентом. Во избежание прилипания смеси к стенкам кузова и облегчения сползания смеси при разгрузке кузов должен быть металлическим или обшит тонкими листами железа.

Кроме этого, перед загрузкой необходимо стенки и дно кузова тщательно очищать и смазывать керосином, отработанным маслом или нефтью.

Доставка асфальтобетонной смеси к месту укладки должна быть в таком объеме, чтобы обеспечить производительность асфальтоукладчика и одновременно безостановочную работу смесительной установки. Необходимое количество автомобилей-самосвалов, обеспечивающих полную работу асфальтоукладчика, определяется по формуле

$$N = \frac{TP_a}{q \left( \frac{2L_b}{v_{cp}} + t_1 + t_2 \right) k_b k_r}, \quad (67)$$

- где  $T$  — продолжительность рабочей смены, ч;  
 $P_a$  — производительность асфальтоукладчика, т/ч;  
 $q$  — грузоподъемность автомобиля-самосвала, т;  
 $L_b$  — дальность возки (в среднем постоянная), км;  
 $v_{cp}$  — средняя скорость движения автомобиля-самосвала при пробеге в оба конца, км/ч;  
 $t_1$  — продолжительность загрузки автомобиля-самосвала, равная при наличии бункера 2—3 мин (при отсутствии бункера  $t_1$  равно продолжительности приготовления асфальтобетонной смеси в количестве на одну загрузку автомобиля-самосвала);  
 $t_2$  — продолжительность разгрузки смеси в асфальтоукладчик и маневрирования у места укладки, равная в зависимости от грузоподъемности автомобиля-самосвала 2—3 мин;

$k_b$ — коэффициент использования автомобилей-самосвалов по времени (0,85—0,90);

$k_T$ — коэффициент использования грузоподъемности (0,95).

Необходимое количество автомобилей-самосвалов, обеспечивающих вывоз асфальтобетонной смеси от одной смесительной установки, определяется по формуле

$$N = \frac{\left( \frac{2L_b}{v_{cp}} + t_1 + t_2 \right) k_H}{t}, \quad (68)$$

где  $t$  — продолжительность приготовления асфальтобетонной смеси в объеме, равном грузоподъемности автомобиля-самосвала, ч;

$k_H$  — коэффициент резерва на непредвиденные задержки (неравномерность подхода) автомобилей-самосвалов и возможное увеличение производительности асфальто-смесительной установки (1,2—1,25).

Приравнивая правые части формул (67) и (68) и учитывая, что по существу  $k_b k_T = \frac{1}{k_H}$  получается следующее условие подбора автомобилей-самосвалов по грузоподъемности в зависимости от продолжительности транспортирования и загрузки-разгрузки автомобиля-самосвала при условии, что  $L_b$  примерно постоянно:

$$\frac{TP_a t}{q} = \left( \frac{2L_b}{v_{cp}} + t_1 + t_2 \right)^2. \quad (69)$$

Из автомобилей-самосвалов асфальтобетонная смесь разгружается в приемный бункер асфальтоукладчика. Укладка смеси асфальтоукладчиком должна вестись, как правило, полосами, параллельными осям ВПП, РД и групповых МС, что обеспечивает необходимую ровность в продольном направлении, в котором всегда происходит движение самолетов. Ширина укладываемой полосы определяется шириной захвата асфальтоукладчика (3—4 м). При работе двух асфальтоукладчиков они следуют один за другим на расстоянии 4—5 м (уступом), укладывая, таким образом, полосу шириной 6—8 м. Ширина полосы, укладываемой асфальтоукладчиком, может быть увеличена путем уширения рабочих частей (шнека, отражательного щита, трамбующего бруса и выглаживающей плиты). Уширители имеют длину 30 см и могут устанавливаться с одной или двух сторон.

Ширина полосы укладки может быть также и уменьшена путем установки специальных башмаков с одного или двух концов шнека, выключающих из работы определенное количество спиралей шнека.

Длина полосы укладки зависит от температуры воздуха и быстроты остывания асфальтобетона, так как хорошее покрытие по-

лучается лишь в том случае, когда каждая последующая полоса укладывается рядом с еще неостывшей предыдущей полосой. Поэтому укладчик, пройдя одну полосу, разворачивается или возвращается в исходное положение задним ходом и укладывает смежную полосу. Следовательно, чем меньше будет длина полосы укладки, тем меньше остынет смесь и тем лучше будет стыкование полос. Однако при очень малых по длине полос укладки уменьшится производительность работы асфальтоукладчика из-за больших потерь времени на развороты или возврат в исходное положение.

Длина полосы укладки, исходя из условия получения хорошего сопряжения отдельных полос, может быть определена по формуле

$$l_y = \frac{[(T_{см} - 60^\circ \text{C}) - t_{\text{рав}} a] v_1 v_2}{(v_1 + v_2) a}, \quad (70)$$

где  $T_{см}$  — температура асфальтобетонной смеси в момент укладки ( $130-150^\circ \text{C}$ );

$60^\circ \text{C}$  — низший предел остывания температуры смеси, при котором обеспечивается стыкование смежных полос;

$t_{\text{рав}}$  — продолжительность разворота асфальтоукладчика или перевода его из рабочего в транспортное положение (примерно  $5-7$  мин);

$a$  — интенсивность остывания, равная в зависимости от температуры воздуха рыхлой смеси  $5-7^\circ \text{C/мин}$ , уплотненной —  $1-1,5^\circ \text{C/мин}$ ;

$v_1$  — скорость рабочего хода асфальтоукладчика ( $3,5-4,5$  м/мин);

$v_2$  — скорость перемещения асфальтоукладчика на холостом ходу ( $10-12$  м/мин).

Длина полосы укладки в теплую погоду при температуре воздуха выше  $+20^\circ \text{C}$  в среднем составляет до  $100-150$  м, а в прохладную, особенно с ветром, сокращается до  $30$  м.

Если длина полос укладки асфальтобетонной смеси принимается большей, чем дает формула (70), смесь предыдущей полосы укладки остынет и без специальной обработки кромки края полосы не получится хорошего стыкования полос. Поэтому при остывшей предыдущей полосе кромку края ее обрубают, обрезают специальным диском, смонтированным на катке, смазывают горячим битумом. Кроме этого, иногда приходится остывший асфальтобетон на краю полосы искусственно отогревать, например валиком горячей смеси, и затем после укладки смежной полосы немедленно уплотнять. Такую же обработку кромок приходится делать при стыковании поперечных концов полос, после укладки всех рядов на всю ширину покрытия.

Для предупреждения расползания асфальтобетонной смеси в процессе укатки, вдоль краев укладываемой полосы устанавливают упоры — деревянные брусья, закрепляемые костылями. Для

этих целей лучше применять узкоколейные рельсы, которые укладывают на бок так, что основание рельса служит упором. При укладке второй и последующих полос упоры достаточно иметь с одной стороны, так как с другой упором служит край уложенной полосы.

Механизированная укладка асфальтобетонной смеси имеет преимущество перед ручной не только в том, что высвобождает большое количество рабочих и облегчает труд по укладке смеси, но и обеспечивает значительно лучшее качество покрытия. При механизированной укладке лучше сохраняется температура смеси, обеспечивается ровность покрытия независимо от наличия мелких неровностей основания, облегчается процесс укатки, так как смесь получает первичное уплотнение в момент укладки и распределения трамбуемым брусом. Это уплотнение равнозначно 4—5 проходам катка весом 5 т, что позволяет сократить время укатки на 20%.

Асфальтоукладчики перемещаются на гусеничном ходу, полозьях и колесах по рельс-формам. Они могут быть прицепными и самоходными. Наибольшее применение получили самоходные асфальтоукладчики на гусеничном ходу с трамбующим брусом (Д-150, Д-150А), так как они обеспечивают более равномерное распределение и уплотнение смеси и обладают хорошей манев-

Таблица 44

Смеси	Температура смеси не ниже, °С		
	после доставки на место		при уплотнении
	теплая погода (температура не ниже +10° С)	холодная погода (температура от +10 до 0° С)	
Горячая асфальтобетонная с применением битумов БНД-90/130; БНД-60/90 и БНД-40/60	130—160	150—170	120
То же, с использованием поверхностноактивных добавок (ПАД)	115—130	130—140	100
То же, с применением битума БНД-200/300; БНД-130/200 и ПАД	—	110—130	80
То же, с применением сланцевых битумов	90—120	110—120	60—90
Горячая дегтебетонная	90—130	115—130	70—90
Теплая асфальтобетонная с применением жидкого битума класса СГ или МГ и ПАД	Не более 40	Не более 25	60
Холодная асфальтобетонная с применением жидкого битума класса СГ	До 40 (но не ниже 5)	25	Любая
То же, с применением жидкого битума класса МГ	До 40 (не ниже 5)	25	



ренностью. Основными частями таких укладчиков являются: приемный бункер с питателями, шнек для распределения смеси по ширине полосы, трамбуемый брус и выглаживающая плита.

Требуемые температуры асфальтобетонных и дегтебетонных смесей при укладке и уплотнении приведены в табл. 44.

Технологический процесс работы асфальтоукладчика Д-150А состоит из следующих операций (рис. 97). Непрерывно двигаясь вперед асфальтоукладчик загружается на ходу асфальтобетонной смесью из автомобиля-самосвала 10 в бункер 9 укладчика. При загрузке задние колеса автомобиля-самосвала упираются в

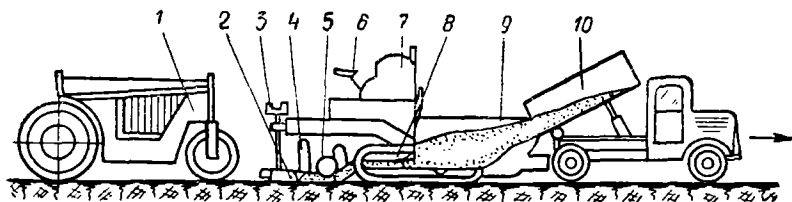


Рис. 97. Схема технологического процесса работы самоходного укладчика асфальтобетона Д-150А:

1 — моторный каток; 2 — выглаживающая плита; 3 — регулировочный винт; 4 — трамбуемый брус; 5 — шнек; 6 — сиденье оператора; 7 — двигатель; 8 — скребковые питатели; 9 — бункер укладчика; 10 — автомобиль-самосвал

два ролика, которыми укладчик толкает перед собой автомобиль при выключенной в нем передаче на ведущие колеса. Упорные ролики при этом вращаются за счет вращения колес автомобиля-самосвала. Асфальтобетонная смесь из бункера 9 двумя скребковыми питателями 8, расположенными в днище бункера, далее подается к шнеку 5, который равномерно распределяет ее на всю ширину укладываемой полосы более толстым слоем, чем это требуется для окончательной отделки. Находящийся за шнеком трамбуемый брус 4, при движении укладчика вперед сдвигает излишек материала и уплотняет смесь. Отделяет покрытие выглаживающая плита 2, после которой выполняют окончательное уплотнение катком 1, идущим вслед за асфальтоукладчиком.

Производительность асфальтоукладчика Д-150А составляет до 100 т/ч, емкость бункера укладчика — 4,5 т, рабочие скорости (их четыре) изменяются от 1,6 до 7,5 м/мин, транспортные скорости (две) — 12,2 и 34,0 м/мин.

Процесс уплотнения асфальтобетонной смеси состоит в том, что под действием усилий, возникающих в результате давления катка, вначале происходит сближение минеральных частиц, сопровождающееся уменьшением пористости. Одновременно заземленный воздух частично вытесняется, а битум — перераспределяется. Продолжение процесса приводит к взаимному перемещению минеральных частиц и некоторой их перегруппировке, что вызывает заполнение мелкими частицами пор между более крупными частицами. В результате уплотнения значительно повы-

шается объемный вес асфальтобетонной смеси и она превращается в монолитное покрытие необходимой плотности, прочности и водостойчивости.

Эффективность уплотнения зависит от особенностей смеси и уплотняющих машин. Уплотнение производится самоходными катками (двухвальцовыми, трехвальцовыми) и виброкатками. В местах, недоступных для работы катков, применяется трамбование. Виброкатки обеспечивают лучшее уплотнение, но из-за недостаточного еще освоения их промышленностью и, следовательно, ограниченного выпуска, наибольшее распространение имеют обычные жесткие катки с гладкими вальцами. Эффект укатки обычными катками зависит от: веса катка (удельного давления) и количества проходов, толщины и температуры слоя асфальтобетонной смеси. Кроме этого, важно, чтобы вальцы катка были гладкими и хорошо отшлифованными, без шероховатостей и других изъянов. Поэтому катки, используемые для уплотнения гравийных и щебеночных покрытий и оснований, не следует применять для уплотнения асфальтобетонной смеси. Во избежание прилипания к вальцам асфальтобетонной смеси они должны смачиваться водой, смазываться смесью воды и керосина или нефтью.

Уплотнение требуется начинать немедленно после распределения смеси при ее температуре не ниже  $120^{\circ}\text{C}$ . Следует иметь в виду, что при температуре асфальтобетонной смеси на нефтяных битумах ниже  $100^{\circ}\text{C}$  достигнуть необходимого уплотнения весьма затруднительно, а при температурах ниже  $60^{\circ}\text{C}$  практически невозможно. Для смесей на сланцевых битумах указанные температуры составляют  $70$  и  $40^{\circ}\text{C}$ .

Уплотнение начинается от краев полосы к середине таким образом, что при каждом последующем проходе катка перекрывается след его предыдущего прохода на  $25\text{—}30$  см. Скорость движения катков —  $2,0\text{—}2,5$  км/ч. Меньшая скорость принимается в начальный период укатки. Изменение направления движения катка должно быть (во избежание образования неровностей) плавным, без рывков, с остановкой всякий раз на новом месте (распределительно).

Уплотнение выполняется в два этапа: сначала легкими катками (весом  $5\text{—}6$  т) производится первичное уплотнение, в процессе которого минеральные частицы смеси несколько сближаются и занимают наиболее плотное положение, а затем тяжелыми (весом  $10\text{—}12$  т) достигается окончательное уплотнение, в результате которого создается монолитность покрытия за счет заклинки и прочной связи минеральных частиц. Количество проходов легких катков должно быть  $6\text{—}10$ , тяжелых —  $18\text{—}20$  по одному следу.

Для создания более ровной поверхности рекомендуется применять трехвальцовые катки (танделы), обеспечивающие безволновую укатку асфальтобетона.

В прохладную погоду (при температуре воздуха ниже  $+10^{\circ}\text{C}$ ) и в случае использования щебня высокой прочности уплотнять можно сразу тяжелыми катками. Возможные неровности в этом случае окончательно заглаживают легкими катками, направление движения которых принимают по диагонали или поперек покрытия.

В жаркую погоду допускается укатка средними (весом 7—8 т) и самоходными катками на пневматических шинах, которые производят основное уплотнение, а затем для получения ровности — окончательную укатку.

В процессе уплотнения необходимо постоянно следить за ровностью и качеством покрытия. Обнаруженные места с дефектами должны быть переделаны. Исправление дефектов, когда смесь еще находится в горячем состоянии, не оставляет никаких следов ремонта на готовом покрытии.

При строительстве двухслойных асфальтобетонных покрытий разрыв во времени между укладкой и уплотнением смеси в нижнем и верхнем слоях должен быть минимальным (не больше одной смены). Длительные перерывы между укладкой и уплотнением нижнего и верхнего слоев приводят к загрязнению поверхности нижнего слоя, а если при этом было допущено движение автотранспорта, то к заглаживанию (шлифовке) поверхности, что ухудшает сцепление между слоями. В таком случае требуется очистка поверхности нижнего слоя от пыли и грязи и смазка горячим битумом или глинобитумной пастой.

На асфальтобетонном заводе необходимо иметь два смесителя, на одном из которых готовится крупнозернистая смесь для укладки в нижний слой и на втором — смесь для укладки в верхний слой.

Устройство верхнего слоя возможно при остывшем нижнем слое, что позволяет назначать более длинную полосу укладки. Упорные брусья при укладке полос верхнего слоя должны быть примерно на 1 м смещены по отношению к их расположению при укладке нижнего слоя для того, чтобы места стыкования (швы) полос укладки и уплотнения асфальтобетонной смеси не совпадали. В результате уплотнения нижний слой должен иметь ровную, но шероховатую и пористую поверхность без трещин. Исправление неровности и заделка трещин выполняются обычными способами, применяемыми при ремонтных работах. Неровности и трещины не допускаются потому, что впоследствии в верхнем слое они, как правило, повторяются и тем самым снижают качество покрытия.

При устройстве асфальтобетонного покрытия по слою старой поверхностной обработки (слою износа), особенно если при этом имеется избыток битума, необходимо принять меры к предотвращению возможного проникания битума в толщу нового покрытия. Одна из таких мер — дополнительная россыпь по поверхности известняковой мелочи, способной впитать излишек битума.

Можно также применять более сухие асфальтобетонные смеси, которые с течением времени становятся более пластичными за счет поглощения снизу избыточного битума.

Основная особенность холодных асфальтобетонных смесей по сравнению с горячими — способность их находиться длительное время в несвязном (рыхлом) состоянии и уплотняться при положительных (в пределах до 40—50° С) температурах воздуха, хотя значительно медленнее, чем горячие смеси.

В большинстве случаев холодный асфальтобетон — мелкозернистый, состоящий из остроугольных минеральных частиц, что объясняется необходимостью получать достаточную устойчивость смеси в стадии первоначального уплотнения, когда еще небольшое сцепление.

Холодную асфальтобетонную смесь слоем более 2,5 см укладывают асфальтоукладчиком. Длина хода укладчика в этом случае может не ограничиваться и будет зависеть от организации работ на отдельных захватках. Практически длина укладываемых полос холодного асфальтобетона принимается 500—600 м. При толщине слоя менее 2,5 см целесообразно распределять его специальными распределителями или в отдельных случаях вручную. Перед укладкой смеси основание обрабатывают жидким битумом в количестве 0,3—0,5 л/м<sup>2</sup>.

Холодный асфальтобетон уплотняют катками с гладкими вальцами и на пневматических шинах весом 5—6 т как вдоль, так и поперек покрытия. При этом для прикатки достаточно лишь 3—5 проходов катка по одному следу, а дальнейшее формирование и уплотнение достигается за счет проезда автотранспорта.

Во избежание скользкости покрытия рекомендуется после первых проходов катка произвести россыпь однородной каменной мелочи крупностью 5—8 мм или 10—15 мм из твердых каменных пород. Каменную мелочь необходимо предварительно обработать жидким битумом. Расход ее составляет 10—12 кг/м<sup>2</sup>.

Слои из холодных асфальтобетонных смесей следует устраивать в сухую и теплую погоду, хотя в отдельных случаях может быть допущена работа даже в холодную дождливую погоду. Однако лучше укладку холодного асфальтобетона прекратить примерно за месяц до наступления прохладной дождливой погоды, так как при более поздней укладке покрытие не успеет должным образом уплотниться к осенне-зимнему периоду.

### § 93. Особенности строительства нижнего слоя покрытий при отрицательных температурах

В некоторых случаях может возникнуть необходимость устройства асфальтобетонных покрытий зимой, а также осенью или ранней весной. Работы по строительству асфальтобетонных покрытий при отрицательных температурах связаны с рядом трудностей, так как тонкий слой асфальтобетонной смеси быстро ох-

лаждается. Поэтому процесс укладки и уплотнения смеси должен быть очень быстрым, а смесь должна готовиться на утепленном асфальтобетонном заводе. Опыт показывает, что при соблюдении некоторых специальных правил укладка горячей асфальтобетонной смеси возможна при температуре воздуха до  $-15^{\circ}\text{C}$ , при условии отсутствия снегопада и сильного ветра. Зимой можно укладывать только нижние слои из крупнозернистых смесей, содержащих минеральный порошок. Такие смеси более плотные по сравнению с обычно применяемыми для нижних слоев и обеспечивают большую устойчивость до укладки верхнего слоя. Устройство верхнего слоя в зимнее время нецелесообразно, так как при отрицательных температурах трудно добиться хорошей отделки поверхности и хорошего стыкования (сопряжения) смежных полос.

В зимних условиях необходимо придерживаться верхнего допустимого предела нагрева асфальтобетонной смеси ( $170\text{—}180^{\circ}\text{C}$ ), а для уменьшения остывания при транспортировании целесообразно использовать автомобили-самосвалы с обогреваемыми кузовами за счет тепла отработанных газов двигателя автомобиля.

Зимой асфальтобетонную смесь укладывают на основание, тщательно очищенное от льда и снега. Для просушивания и частичного оттаивания основания можно применять горячий песок ( $250\text{—}300^{\circ}\text{C}$ ), убираемый перед укладкой смеси. Однако такой способ просушивания основания — дорогостоящий. Для этих целей лучше использовать разогреватели, применяющиеся для разогрева асфальтобетонных покрытий при ремонтных работах.

До начала работы укладчика выглаживающая плита подогревается, а при непрерывном поступлении смеси рабочие части асфальтоукладчика нагреваются за счет тепла смеси. Поэтому непрерывное и интенсивное поступление асфальтобетонной смеси — важнейшее условие зимнего ведения работ, так как это позволяет поддерживать положительную температуру рабочих органов укладчика и вальцов катков, которые должны уплотнять смесь немедленно после ее укладки. При этом для уплотнения асфальтобетонной смеси в осенне-зимний период применяются только тяжелые катки ( $10\text{—}12\text{ т}$ ). Первые проходы таких катков сразу же сильно уплотняют смесь, резко замедляя процесс охлаждения. Укатка должна производиться при минимальной длине хода катков, что позволяет в короткое время сделать наибольшее количество проходов по одному следу. В связи с этим потребность в катках зимой увеличивается в  $1,5\text{—}2$  раза по сравнению с летними условиями.

Для улучшения условий укладки и уплотнения асфальтобетонной смеси могут применяться передвижные брезентовые палатки или дощатые короба, которые предназначаются главным образом для защиты места укладки и уплотнения смеси от ветра и снегопадов. Высота палаток или коробов принимается такой,

чтобы был обеспечен проход укладчика и катков, ширина должна перекрыть ширину укладываемой полосы, а длина — 15—20 м. По мере продвижения укладки и уплотнения смеси палатки или короба, смонтированные на каркасе с опиранием на колеса, перемещаются.

После наступления положительных температур уложенный зимой нижний слой двухслойного покрытия должен быть соответствующим образом подготовлен (выравнен и обработан горячим битумом) для укладки верхнего слоя.

## § 94. Организация работ при строительстве асфальтобетонных покрытий и контроль качества

Рациональная организация работ при строительстве асфальтобетонных покрытий зависит от правильно выбранного ведущего технологического процесса, принятой длины захватки, на которой выполняется этот процесс, и последовательности выполнения всех других процессов в общем потоке строительства покрытий.

Ведущий технологический процесс при строительстве асфальтобетонных покрытий — укладка и распределение с предварительным уплотнением смеси асфальтоукладчиком. Длина полосы укладки определяется по формуле (70) и может быть от 30 до 150 м. Ширина полосы укладки асфальтоукладчика Д-150А составляет 3,03—3,63 м.

Производительность асфальтоукладчика определяется по формуле

$$P_a = hbv_p \gamma k_{ва}, \quad (71)$$

где  $h$  — толщина укладываемого слоя асфальтобетона, м;

$b$  — ширина укладываемого слоя, м;

$v_p$  — рабочая скорость укладчика (4 м/мин);

$\gamma$  — объемный вес асфальтобетонной смеси, т/м<sup>3</sup>;

$k_{ва}$  — коэффициент использования укладчика по времени, зависящий от длины полос укладки.

Значение  $k_{ва}$  может определяться по формуле

$$k_{ва} = \frac{l_y v_T n}{l_y [v_T n + v_p (n - 1)] + (n - 1) t_p v_T v_p}, \quad (72)$$

где  $l_y$  — рациональная длина полос укладки асфальтобетона, определяемая по формуле (70), м;

$v_T$  — транспортная скорость асфальтоукладчика (12 м/мин);

$n$  — количество полос, укладываемых по всей ширине покрытия;

$t_p$  — продолжительность перевода асфальтоукладчика из рабочего в транспортное положение (0,083 ч).

Для дорожного покрытия шириной 7 м,  $n=2$  формула получит вид

$$k_{\text{ва}} = \frac{2l_y v_{\text{т}}}{l_y (2v_{\text{т}} + v_{\text{р}}) + t_{\text{р}} v_{\text{т}} v_{\text{р}}} \quad (73)$$

Приняв реальные значения параметров, входящих в формулы (72) и (73), равными  $v_{\text{т}}=12$  м/мин,  $v_{\text{р}}=4$  м/мин и  $t_{\text{р}}=5$  мин, получим функцию  $k_{\text{ва}}=f(l_y)$  следующего вида

$$k_{\text{ва}} = \frac{3l_y n}{l_y (4n - 1) + (n - 1) 60} \quad (74)$$

При различных значениях  $n$ , характеризующих ширину покрытия, формула (74) получает выражения, приведенные в табл. 45.

Т а б л и ц а 45

Количество полос укладки смеси по ширине покрытия	Примерная ширина покрытия, м	Вид формулы
1	3,0—3,5	$k_{\text{ва}} = 1$
2	6—7 (дорога)	$k_{\text{ва}} = \frac{l_y}{1,167l_y + 10}$
4	12—14 (дорога, РД)	$k_{\text{ва}} = \frac{l_y}{1,25l_y + 15}$
5	15—18 (РД)	$k_{\text{ва}} = \frac{l_y}{1,265l_y + 16}$
6	18—21 (РД)	$k_{\text{ва}} = \frac{l_y}{1,275l_y + 16,67}$
10	30—35 (ВПП)	$k_{\text{ва}} = \frac{l_y}{1,3l_y + 18}$
15	45—52 (ВПП)	$k_{\text{ва}} = \frac{l_y}{1,31l_y + 18,67}$
20	60 (ВПП)	$k_{\text{ва}} = \frac{l_y}{1,315l_y + 19}$

На рис. 98, а представлен график изменения коэффициента использования асфальтоукладчика по времени в зависимости от принимаемой длины полос укладки при  $n=15$ , а на рис. 98, б — изменения этого коэффициента в зависимости от количества укладываемых полос по ширине покрытия при некоторых значениях длины полос укладки. Из этих графиков видно, что коэффи-

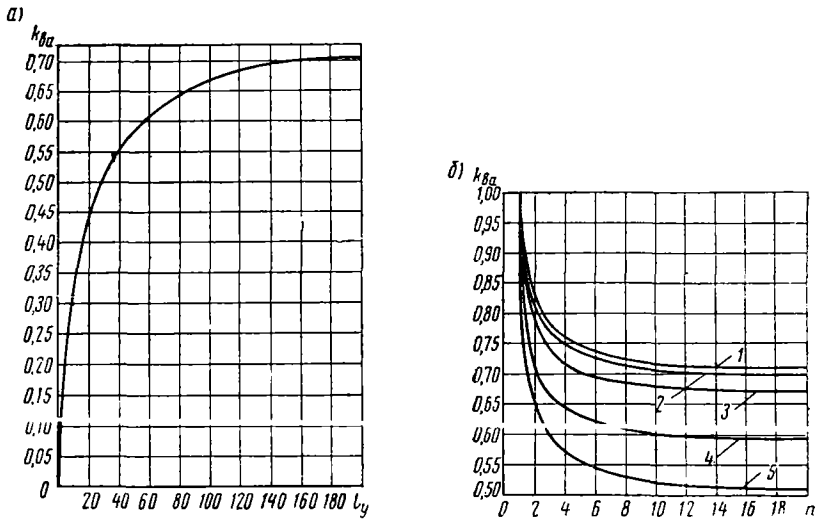


Рис. 98. График изменения коэффициента использования асфальтоукладчика в зависимости:

а — длины полосы укладки при количестве полос укладки  $n=15$ ; б — от количества укладываемых полос по ширине ВПП или РД для различных длин полос укладки;

1 —  $l_y=200$  м; 2 —  $l_y=160$  м; 3 —  $l_y=100$  м; 4 —  $l_y=50$  м; 5 —  $l_y=30$  м

циент  $k_{ва}$  изменяется от 0,52 при  $l_y=30$  м до 0,68 при  $l_y=150$  м, когда количество укладываемых полос по ширине покрытия равно  $n=15$  и эти показатели могут быть приняты как средние значения для диапазона  $n=10—20$ . Показатели меняют свои значения в сторону увеличения при меньших числах  $n$ , а при  $n=1$  для любых длин полос укладки  $k_{ва}=1$ .

Рассмотрим в качестве примера строительство двухслойного асфальтобетонного покрытия, имеющего толщину нижнего слоя 4,5 и верхнего 3,5 см. Производительность асфальтоукладчика в этом случае при устройстве нижнего слоя составит  $\Pi_a^H=0,045 \times 3 \times 4 \times 60 \times 2,3=75$  т/ч, а верхнего  $\Pi_a^B=0,035 \times 3 \times 4 \times 60 \times 2,3=48$  т/ч или при непрерывной работе общая длина укладываемой полосы за смену (7 ч) будет равна  $4 \cdot 60 \cdot 7=1680$  м. Ширину укладываемого покрытия на ВПП примем 45 м, тогда при ширине укладываемой полосы 3 м потребуются 15 проходов асфальтоукладчика. Следовательно, в зависимости от возможной



длины полосы укладки  $l_y$  (хода укладчика), устанавливаемой из условия недопущения чрезмерного остывания (ниже  $+60^\circ\text{C}$ ) с целью обеспечения качественного стыкования полос, допустимо принять различную суточную односменную длину захватки  $l_3$ , которая в ряде случаев может быть равной длине полосы укладки асфальтобетона, т. е.  $l_y = l_3$ . Так, например, при длине полосы укладки  $l_y = 70$ , что позволит получить  $k_{ва} = 0,62$ , асфальтоукладчик обеспечит в смену  $\frac{1680 \times 0,62}{70} = 15$  рядов укладки, т. е.

столько, сколько требуется для устройства покрытия на всю ширину ВПП. В этом случае суточная длина захватки может быть принята равной длине полосы укладки. Во всех других случаях, когда  $l_y$  больше или меньше величины  $70\text{ м}$  (для данного примера), асфальтоукладчик потребует времени на укладку 15 рядов (на всей ширине ВПП) больше или меньше одной смены, а именно: при длине укладки  $40\text{ м}$   $\frac{40 \times 15}{1680 \times 0,55} = 0,65$  смены,  $150\text{ м}$  — 1,92 смены.

Таким образом, технологические схемы строительства асфальтобетонных покрытий на ВПП, РД и групповых МС могут быть различные, зависящие от решения основного вопроса — размера захватки по выполнению ведущего процесса (укладки смеси). Все другие технологические процессы могут выполняться на таких же захватках, какие приняты для ведущего процесса, но для увязки работы по времени необходимо рассчитывать (подбирать) соответствующее количество и производительность средств механизации, применяемых для выполнения этих процессов.

Для выполнения работ ведущего процесса (укладки асфальтобетонной смеси) и всех других технологических операций лучше всего принимать захватку, исходя из производительности за определенный отрезок времени (1, 2, 3 суток). Если же величину захватки всякий раз приравнять длине полосы укладки  $l_y$ , то в течение срока строительства длина захватки будет часто изменяться, так как в этот период  $l_y$  будет иметь значение 30—150 м.

На рис. 99 показаны схемы разбивки на захватки, исходя из суточной производительности асфальтоукладчика при  $l_y = l_3$  (рис. 99, а) и  $l_y < l_3$  (рис. 99, б).

Работу укладчика целесообразно организовать в две смены. Нижний слой, поверхность которого может отделяться с меньшей тщательностью, следует укладывать во вторую (вечернюю) смену, а верхний — в утреннюю. При односменной работе нижний и верхний слои укладывают через день. Лучше иметь два смесителя и два асфальтоукладчика, приготавливающие и укладывающие асфальтобетонную смесь: один в нижний слой, другой — в верхний слой.

Примерный состав бригады и необходимые средства механизации для строительства асфальтобетонного покрытия приведены в табл. 46. Необходимые затраты труда и машино-смен для стро-

ительства 1000 м<sup>2</sup> однослойных и двухслойных асфальтобетонных покрытий приведены в табл. 47.

Контроль качества работ при строительстве асфальтобетонных покрытий выполняется строительной лабораторией и техническим надзором. Контролируют путем осмотра, инструменталь-

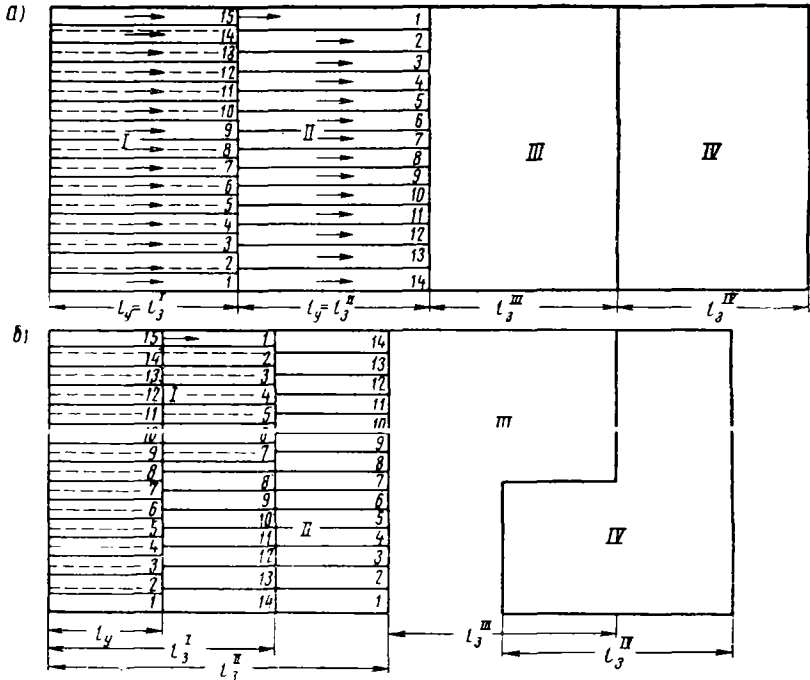


Рис. 99. Схема разбивки на захватки двухслойного асфальтобетонного покрытия:

*I* — укладка и уплотнение верхнего слоя; *II* — укладка и уплотнение нижнего слоя; *III* — обработка битумными материалами (битумом или глинобитумной суспензией); *IV* — подготовка поверхности основания (очистка от пыли и грязи, промывка)

но и лабораторными испытаниями: правильность подготовки основания к укладке асфальтобетонной смеси; качество и температуру смеси при доставке ее к месту укладки и процесс устройства покрытия; качество готового покрытия (ровность), соответствие отметок и уклонов проектным, толщину и физико-механические свойства асфальтобетона.

При подготовке основания проверяют правильность ведения работ по исправлению неровностей и выбоин, а также обработке битумными материалами. Требуется, чтобы к моменту укладки асфальтобетонной смеси обработанное основание находилось в сухом состоянии. Поверхность основания должна быть с одно-

Таблица 46

Состав бригады			Необходимые средства механизации		
Профессия	Число рабочих		Машины	Количество машин	
	для дневной смены	для ночной смены		для дневной смены	для ночной смены
Машинист асфальтоукладчика, катков	6	6	Асфальтоукладчик Д-150А	1	1
Моторист-электрик	—	1	Легкие моторные катки	1	1
Аэродромные рабочие	6	7	Тяжелые моторные трехвальцовые катки	4	4
Водители автомобилей-самосвалов	По расчету в зависимости от дальности возки		Механическая щетка	1	1
Учетчик температуры	1	1	Передвижная электростанция с оборудованием для освещения	—	1

Таблица 47

Ресурсы	Затраты труда и машино-смен при устройстве покрытий		
	однослойных	однослойных с поверхностной обработкой	двухслойных
Машинисты, чел.-смен	2,16	2,85	4,05
Дорожные рабочие, чел.-смен	4,34	5,34	9,35
Учетчик температуры, чел.-смен	0,50	0,60	0,80
Механические щетки, маш.-смен	0,06	0,06	0,13
Битумные котлы, маш.-смен	0,10	0,10	0,12
Асфальтоукладчики, маш.-смен	0,30	0,30	0,62
Легкие моторные катки, маш.-смен	0,60	0,95	1,30
Тяжелые моторные катки, маш.-смен	0,95	1,10	2,20
Автогудронаторы, маш.-смен	—	0,13	—
Автомобили-самосвалы, маш.-смен	По расчету в зависимости от дальности возки		

образной структурой без продольных и поперечных волн. При проверке ровности 3-метровой рейки зазор допускается не более 1,5 см.

Основные контролируемые дефекты привезенной на место укладки асфальтобетонной смеси и процесса укладки смеси в покрытие асфальтоукладчиком Д-150А, а также способы устранения обнаруживаемых при техническом надзоре недостатков приведены в табл. 48. Температуру смеси при ее укладке и уплотнении проверяют в течение всей смены термометрами и сопостав-

Дефекты	Причины	Способ устранения
<i>Асфальтобетонная смесь, привезенная на место укладки</i>		
Синий дымок над смесью	Смесь перегрета (выше 180° С)	Регулировать температурный режим на асфальтобетонном заводе
Серый дымок над смесью	Излишняя смазка кузова автомобилей-самосвалов мазутом или отработанным маслом	Наносить смазку более тонким слоем
Глянцевая пленка на поверхности смеси в кузове автомобиля-самосвала	Недостаточное перемешивание и расслоение смеси при перевозке	Увеличить продолжительность перемешивания, уменьшить скорость перемещения, отремонтировать подъездные дороги
Трудно разбираемые комья (несмотря на высокую температуру)	Недостаточное и недоброкачественное перемешивание	Перемешивать смесь отдельно: сначала делать сухой замес без битума, затем с битумом
Комья в смеси в холодное время Смесь трудно разравнивать и укладывать	Охлаждение смеси при транспортировании низкая температура смеси, увеличенное содержание минерального порошка, недостаточное перемешивание	Укрывать смесь шитами или брезентом Повысить температуру смеси, уточнить дозировку и производить раздельное перемешивание
<i>Укладка асфальтобетонной смеси в покрытие</i>		
Задирание смеси (сплошное или частичное) на поверхности укладываемого слоя	Попадание в смесь очень крупного щебня, посторонних предметов или комков застывшей смеси, перемещаемых трамбующим брусом или виброплитой	Остановить асфальтоукладчик и удалить посторонние предметы, крупный щебень и комья смеси
Неровная (рваная) поверхность, местами углубления вдоль укладываемого слоя	Смесь прилипла к поверхности выглаживающей плиты	Очистить поверхность выглаживающей плиты и смазать ее (мазутом, маслом или керосином), затем подогреть плиту
Неровная поверхность в продольном направлении	Неправильная регулировка толщины слоя покрытия	Постепенно изменить толщину слоя покрытия
Разрывы в середине или по краям полосы укладки смеси	Неправильная установка выглаживающей плиты, увеличенная подача смеси	Установить выглаживающую плиту в горизонтальное положение, отрегулировать открытие шибберных заслонок

ляют соответственно (в зависимости от условий ведения работ) с требуемой температурой, указанной в табл. 44.

Качество готового покрытия подвергается инструментальной проверке, в результате которой устанавливается соответствие отметок, уклонов и толщины проектным данным. Отклонение отметок допускается не больше  $\pm 0,5$  см, уклонов —  $\pm 0,3\%$ , толщины (в меньшую сторону) —  $10\%$ . Ровность проверяется 3-метровой рейкой. Зазор между серединой рейки и поверхностью покрытия допускается не более 0,5 см.

Физико-механические свойства асфальтобетона устанавливают по образцам размерами  $25 \times 25$  см, взятым (вырубленным) из каждые 2000 м<sup>2</sup> покрытия на всю его толщину. Одновременно с этим проверяют сцепление между верхним и нижним слоями покрытия и нижнего слоя с основанием. Часть образцов с ненарушенной структурой испытывают на водонасыщение с одновременным определением объемного веса, а затем после просушивания образцы переформовывают для стандартных испытаний с целью установления показателей и сопоставления их с требуемыми, приведенными в табл. 40 и 41. Качество уплотнения признается хорошим, если водонасыщение отличается не более 5%, а объемный вес составляет не менее 0,95 переформованного образца, уплотненного нагрузкой 300 кг/см<sup>2</sup> при горячих и 400 кг/см<sup>2</sup> при холодных и теплых смесях.

## Глава XV

### СТРОИТЕЛЬСТВО ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

#### § 95. Общие положения

Цементобетонные армированные и неармированные монолитные покрытия при правильном их расчете и конструировании, строгом соблюдении требований к материалам, составляющим цементобетонную смесь и технических условий на производство и приемку строительных работ, полностью обеспечивают нормальную работу современных реактивных и турбовинтовых тяжелых самолетов. Монолитными их называют потому, что арматуру и цементобетонную смесь укладывают на место покрытия; это обеспечивает плотное (монолитное) примыкание цементобетонных плит к основанию.

Такого типа покрытия могут быть ненапряженными и предварительно напряженными и укладываться в один или два слоя. Двухслойные покрытия получаются при наращивании (усилении) старого покрытия новым слоем цементобетона и при строительстве нового покрытия, когда оба слоя укладываются при незначительном разрыве во времени (в пределах срока схватывания цементобетона) или этот разрыв может быть таким, когда по существу создаются условия наращивания.

Несмотря на то, что имеется несколько разновидностей цементобетонных монолитных покрытий, правила производства и

технологии основных строительных работ для всех них являются общими.

Цементобетонные покрытия разделяют продольными и поперечными швами, устраиваемыми в процессе строительства на отдельные плиты прямоугольной формы. Размеры плит в плане и толщину устанавливают расчетом при проектировании.

В швах цементобетонных покрытий в зависимости от климатических и гидрогеологических условий и назначения покрытия (ВПП, РД, МС) устраивают соединения по всему периметру плиты или только по продольным сторонам, оставляя поперечные швы сквозными (без стыкового соединения). Возможна также укладка плит со сквозными швами по всему периметру. Конструкция стыковых соединений преимущественно бывает штыревой или шпунтовой.

Строительство цементобетонных покрытий обычным способом, т. е. летнее бетонирование, производится при среднесуточных температурах выше  $+5^{\circ}\text{C}$ . При меньших температурах необходимы специальные меры для обеспечения условий твердения цементобетона, позволяющие выполнять зимнее бетонирование.

Конструкция цементобетонных покрытий позволяет применять специально созданный комплект бетоноукладочных машин, обеспечивающий полную механизацию всех процессов строительства покрытий.

Технология строительства ненапряженных армированных цементобетонных покрытий состоит из следующих процессов: окончательной подготовки земляного корыта и основания; установки рельс-форм для перемещения бетоноукладчика; раскладки рулонного или другого материала по поверхности основания; изготовления и установки приставной опалубки и элементов стыковых соединений; заготовки и укладки арматуры; транспортирования, укладки и уплотнения цементобетонной смеси в покрытие; нарезки и заполнения швов; ухода за свежее уложенным цементобетоном; снятия рельс-форм и опалубки.

Если покрытие строят из неармированного цементобетона, то отпадает необходимость в заготовке и укладке арматуры, а все остальные технологические процессы остаются те же. При строительстве предварительно напряженных покрытий, наоборот, в технологию дополнительно вводят работы по созданию напряжения в арматуре, а при зимнем бетонировании — по обеспечению возможности укладки цементобетонной смеси при отрицательных температурах.

## **§ 96. Требования к цементобетону и материалам, составляющим цементобетонную смесь**

Требования к цементобетону, применяемому для строительства цементобетонных аэродромных покрытий, определяются ГОСТ 8424—63. Эти требования установлены исходя из условий работы

аэродромно-дорожных покрытий, которые лучше всего удовлетворяются плотными и тяжелыми цементобетонами, имеющими хорошие показатели морозостойкости (долговечности), деформативной способности и механической прочности. По пределу прочности на растяжение при изгибе и пределу прочности при сжатии образцов, испытанных в возрасте 28 суток, цементобетон разделяется на марки и применяется в зависимости от конструкции покрытия согласно данным, приведенным в табл. 49.

Т а б л и ц а 49

Слой дорожной одежды	Марки бетона по пределу прочности при	
	растяжении при изгибе	сжатии
Однослойные и верхний слой двухслойных покрытий	40	300
	45	350
	50	400
	55	500
Нижний слой двухслойных покрытий	35	250
	40	300
	45	350
Основания капитальных покрытий	20	100
	25	150
	30	200
	35	250

Для получения цементобетона большей морозостойкости водоцементное отношение принимается не более: 0,5 в однослойных и верхнем слое двухслойных покрытий, 0,6 в нижнем слое двухслойных покрытий и 0,75 в основаниях усовершенствованных покрытий.

Расход цемента на 1 м<sup>3</sup> бетона для однослойных и верхнего слоя двухслойных покрытий должен быть не менее 300 кг при марке цемента не ниже «500». Для нижнего слоя двухслойных покрытий расход цемента может быть не менее 270 кг, а оснований — 200 кг при марке цемента не ниже «300».

Нижние пределы расхода цемента установлены исходя из обеспечения необходимой морозостойкости цементобетона. Но существует также рациональный верхний предел расхода цемента, который равен 350—400 кг на 1 м<sup>3</sup> бетона и объясняется необходимостью избежания повышенной усадки цементобетона, не говоря уже о том, что большой расход цемента приводит к неэкономичному подбору состава.

Удобоукладываемость цементобетонной смеси, определяемая показателями подвижности или жесткости, должна соответствовать такой, чтобы при использовании бетоноукладочных машин величина осадки конуса (подвижность) составляла не более 1—2 см, а при уплотнении поверхности площадочными вибраторами

и виброрейками (средствами малой механизации) — не более 2—3 см. При уплотнении оснований под капитальные покрытия жесткость бетонной смеси должна быть 40—50 сек.

Подбор или проектирование цементобетонной смеси, соответствующей указанным выше требованиям, выполняется строительными лабораториями и проверяется по стандартным методам.

Цементобетон представляет собой материал, получаемый в результате подбора (расчета) определенного количества заполнителя (щебня или гравия и песка), вяжущего (цемента) и воды. Кроме этого, могут вводиться добавки для пластифицирования и вовлечения воздуха.

Материалы, составляющие цементобетонную смесь, согласно ГОСТ 8424—63 должны отвечать определенным требованиям.

**Цемент.** В практике строительства аэродромных и дорожных покрытий почти исключительно применяется портландцемент (силикатный) как наиболее морозостойкий, а также специальные его виды: пластифицированный, например, добавками сульфитно-спиртовой барды (ссб) и гидрофобный, получаемый введением воздухововлекающих (гидрофобизирующих) добавок (абигетата-винилового мыла, омыленного древесного пека, нефтената-мылонафта, хлопкового мыла). Предпочтение следует отдавать пластифицированным и гидрофобным цементам, так как они обеспечивают повышенную морозостойкость цементобетона и лучшую подвижность и жесткость цементобетонной смеси. Хорошая удобоукладываемость цементобетонной смеси на пластифицированном портландцементе позволяет снизить водоцементное отношение, а следовательно, повысить прочность цементобетона или при сохранении запроектированной прочности снизить расход цемента до 10%.

Для нижнего слоя двухслойных покрытий и оснований можно применять шлакопортландцемент (шлако-силикатный) марки не ниже «400». Кроме этого, допускается применение глиноземного цемента как быстро твердеющего для срочного ремонта цементобетонного покрытия и расширяющегося для заделки трещин и стыков коллекторов водостоков.

Цемент не должен содержать в своем составе никаких инертных или активных минеральных добавок. Допускается только применение добавки доменного гранулированного шлака в количестве не более 19%. Содержание в клинкере трехкальцевого алюмината должно быть не более 10%.

**Песок.** В качестве мелкого заполнителя цементобетона используются самые различные природные кварцевые и полевошпатовые пески, а также искусственно получаемые пески из твердых и плотных каменных пород.

Лучшие пески для цементобетона — крупнозернистые и среднезернистые, не требующие большого количества воды на смачивание поверхности и создающие устойчивую структуру цемента-



бетонной смеси. Для цементобетонных покрытий можно применять мелкозернистые пески, но при условии обязательного введения в цементобетонную смесь поверхностноактивных органических добавок (сульфитно-спиртовой барды, абиегатов, мылонафта и пр.). Кроме этого, в мелкозернистые пески необходимо вводить крупнозернистые пески или чистые высевки изверженных пород размером 2-5 мм.

Для однородности цементобетона, что обеспечивает его морозостойкость, в песке не должно быть частиц крупнее 10 мм, а зерен размерами от 5 до 10 мм допускается не более 5% и в виде исключения не более 10% по весу. Содержание в песке зерен, проходящих сквозь сито 0,14 мм, не должно превышать для цементобетона, применяемого в покрытиях, 5%, а в основаниях — 10% по весу. Содержание различных примесей допускается не более величин, указанных в табл. 50.

Таблица 50

Примеси	Содержание примеси, % по весу	
	для цементобетона однослойного и верхнего слоя двухслойных покрытий	для нижнего слоя двухслойных покрытий
Глинистые, илестые и пылеватые частицы, определяемые отмучиванием	3	5
В том числе глины	1	2
Слюда	1	2
Органические примеси, определяемые методом окраски	Окраска не темнее цвета эталона по действующему стандарту	

При строительстве цементобетонных покрытий необходимо в первую очередь использовать местные пески, если они удовлетворяют вышеуказанным требованиям.

**Щебень и гравий.** Количество крупного заполнителя (щебня, гравия) в цементобетоне составляет 45—60%. Поэтому прочностные характеристики цементобетона в значительной степени зависят от качества и вида крупного заполнителя. Обычно преимущество отдается щебню перед гравием, так как окатанная гладкая поверхность частиц гравия не обеспечивает хорошего сцепления с цементным камнем, что в первую очередь сказывается на показателе прочности цементобетона при изгибе. Поэтому гравий целесообразно применять только для нижнего слоя двухслойных покрытий. Для однослойных и верхнего слоя двухслойных покрытий можно применять щебень из гравия и гравий только после промывки.

Наибольший размер зерен щебня или гравия не должен превышать: 20 мм для верхнего слоя двухслойных покрытий; 40 мм для однослойных и нижнего слоя двухслойных покрытий и 70 мм, для оснований.

При одновременном уплотнении верхнего и нижнего слоев двухслойных покрытий (при разрыве в пределах срока схватывания цементобетона) разрешается применять в верхнем слое щебень или гравий с наибольшим размером зерен 40 мм. Для обеспечения постоянства гранулометрического состава и однородности цементобетонной смеси щебень или гравий должен применяться отдельными фракциями: 5—10 и 10—20 мм при наибольшем размере зерен 20 мм; 5—20 и 20—40 мм при наибольшем размере зерен 40 мм; 5—40 и 40—70 мм при наибольшем размере 70 мм. Для цементобетонных оснований щебень и гравий может применяться без фракционирования. Щебень и гравий не должны содержать зерен пластинчатой и игольчатой формы более 25% по весу. Содержание глинистых, илистых и пылевидных частиц, определяемых методом отмучивания, не должно превышать по весу в щебне и в гравии: 1% для однослойных и верхнего слоя двухслойных покрытий и 2% для нижнего слоя двухслойных покрытий и оснований.

Предел прочности исходной горной породы в водонасыщенном состоянии, используемой для приготовления щебня, должен составлять: для однослойных и верхнего слоя двухслойных покрытий — 1200 из изверженных и 800 кг/см<sup>2</sup> из осадочных пород; для нижнего слоя двухслойных покрытий — соответственно 800 и 600 кг/см<sup>2</sup>; для оснований — 600 и 800 кг/см<sup>2</sup>.

Морозостойкость щебня и гравия определяется непосредственно замораживанием или испытанием в растворе сернокислого натрия. В случае получения неудовлетворительных результатов при испытании в растворе сернокислого натрия производится повторное испытание непосредственным замораживанием и результаты этих испытаний являются решающими. Показатели морозостойкости щебня и гравия должны соответствовать указанным в табл. 51.

Таблица 51

Вид испытания	Показатели морозостойкости щебня и гравия						
Непосредственное замораживание:							
количество циклов замораживания-оттаивания	15	25	50	100	150	200	300
потери в весе после испытания, %, не более	10	10	5	5	5	5	5
В растворе сернокислого натрия:							
количество циклов замораживания-оттаивания	3	5	10	10	15	15	15
потери в весе после испытания, %, не более	10	10	10	5	5	3	2

Примечание. При водопоглощении изверженных исходных горных пород для щебня, а также гравия меньше 0,5% и осадочных пород меньше 1% испытания на морозостойкость не производится.

По степени морозостойкости щебень и гравий следует применять в однослойных и верхних слоях двухслойных покрытий в суровых климатических условиях — Мрз. 150, умеренных — Мрз. 100 и мягких — Мрз. 50; в нижних слоях двухслойных покрытий и основаниях соответственно Мрз. 50; Мрз. 50 и Мрз. 25.

Суровые климатические условия характеризуются среднемесячной температурой наиболее холодного месяца в году ниже  $-15^{\circ}\text{C}$ ; умеренные — от  $-5^{\circ}$  до  $-15^{\circ}\text{C}$ ; мягкие — до  $-5^{\circ}\text{C}$ .

Испытания каменных материалов должны выполняться по соответствующим методикам при открытии каменных карьеров.

*Вода.* Для приготовления и поливки цементобетона применяется без предварительного опробования любая вода, пригодная для питья. Промышленные, сточные и болотные воды могут быть применены только после их проверки при условии удовлетворения следующих требований: общее содержание растворимых солей — не более 5000 мг/л, содержание ионов растворимых солей — не более 2700 мг/л и водородный показатель (рН) — не менее 4. Морская вода обычно является пригодной, но также должна быть проверена.

*Арматура.* Для получения арматурных сеток в слабоармированных (армобетонных) и железобетонных покрытиях, а также конструктивного армирования и создания напряжения в предварительно напряженных покрытиях применяются стали, отвечающие следующим требованиям. Для ненапряженных покрытий (армобетонных, железобетонных и конструктивного армирования): горячекатаная периодического профиля диаметром не менее 12 мм марок 25Г2С (ГОСТ 5058—51) и Ст. 5 (ГОСТ 380—57); холодносплюснутая периодического профиля марок Ст. 3 и Ст. 0 (ГОСТ 6234—52); холодноотянутая проволока диаметром 5 мм (ГОСТ 6727—53).

Для предварительно напряженных покрытий используется: проволока холодноотянутая высокопрочная периодического профиля диаметром от 3 до 5 мм (ГОСТ 8430—57) и пряди заводского изготовления при натяжении арматуры до бетонирования; проволока холодноотянутая высокопрочная круглая диаметром от 5 до 8 мм (ГОСТ 7348—55) при натяжении арматуры на бетон после его затвердения; проволока горячекатаная низколегированная периодического профиля диаметром не менее 12 мм (ГОСТ 5058—57) марок 30ХГ2С и 25Г2С при натяжении до затвердения цементобетона в сборных плитах.

*Материалы для заполнения швов:* дерево (фанера, тонкие доски), толь, руберойд, борулин, бемит, бумажные мешки (пропитанные битумом), битум и различного рода битумные мастики. Наиболее широкое применение получили мастики, изготовленные на основе битумов марок БНД-90/130; БНД-60/90 и БНД-40/60, отвечающие ГОСТ 11954—66, резины, минерального порошка и асбестовой крошки. Мастики, изготовленные только из битума и минерального порошка или мелкого песка, недо-

статочно теплоустойчивы. В качестве минерального порошка применяются измельченные известняки и доломиты прочностью не менее  $200 \text{ кг/см}^2$ . Минеральный порошок должен быть сухим. Резиновая крошка должна иметь крупность не более 2 мм. В последнее время начали применять мастики «Изол» и резино-битумное вяжущее.

Для заливки швов, нарезанных в затвердевшем цементобетоне, имеющих ширину 6—8 мм, применяются составы, приведенные в табл. 52.

Таблица 52

Материалы, входящие в состав мастики	Количество материалов, входящих в составы, %		
	№ 1	№ 2	№ 3
Битум марки БНД-130/200	80	70	50
Резиновая крошка	10	5	5
Минеральный порошок	10	25	35
Асбестовая крошка	—	—	10

Показатели, характеризующие качество мастик и определяющие пригодность их применения, — теплоустойчивость и растекаемость (текучесть) — устанавливаются по специальным методикам. Теплоустойчивость мастик должна быть для заполнения швов шириной 10 мм и более  $60\text{--}65^\circ \text{C}$  во II климатической зоне и  $65\text{--}85^\circ \text{C}$  в III и IV зонах; 6—8 мм (в затвердевшем цементобетоне) — не ниже  $55^\circ \text{C}$  во II климатической зоне и не ниже  $65^\circ \text{C}$  — в III и IV зонах.

## § 97. Подготовка основания, установка рельс-форм, устройство разделительных прослоек и установка опалубки

При земляных работах на участках устройства покрытий ограничиваются грубой планировкой и укаткой поверхности. Окончательная отделка дна корыта выполняется непосредственно перед подготовкой основания. Наибольшее распространение при строительстве армированных и неармированных цементобетонных покрытий получили песчаные и песчано-гравийные основания, устраиваемые обычно перед бетонированием, и поэтому работы, выполняемые по подготовке песчаного основания, входят в технологию строительства покрытий. При устройстве других типов оснований (см. главы XI—XIII) отделка корыта выполняется ранее, но остается перед бетонированием окончательная проверка и выравнивание поверхности готового основания.

Для устройства песчаного основания применяют любые разномерные пески, а также высевки (остатки от дробления и сорти-

ровки щебня и гравия), отвечающие требованиям, приведенным в табл. 53.

Т а б л и ц а 53

Песок	Размер отверстий сит, мм					Содержание пылева- глинистых частиц (мельче 0,05 мм), % по весу	
	2	1	0,5	0,25	0,15	для зоны умеренного увлажнения	для зоны избыточ- ного увла- жнения
	Количество частиц, задерживающихся на сите, %						
Крупный .	До 35	≥50	—	≥90	—	7	6
Средний	20	—	≥50	≥75	≥90	5	4
Мелкий . . . . .	" 10	—	—	≥50	≥90	4	3
Очень мелкий	—	—	—	≥60	≥90	4	3

Песчаное основание отсыпают на ширину, превышающую по-  
лосу бетонирования на 0,8—1,0 м, что необходимо для обеспече-  
ния укатки краевых полос песка и устойчивости рельс-форм,  
устанавливаемых на этих участках. Длина участков отсыпки  
песка не должна превышать двухсменной захватки бетонирования  
с тем, чтобы сохранить влажность и обеспечить необходимое  
уплотнение песчаного слоя. Ввиду трудностей уплотнения осно-  
вания толщиной более 30 см его устраивают в два слоя; при  
этом верхний слой должен быть не более 20 см.

Устройство песчаного и песчано-гравийного основания состо-  
ит из двух этапов: 1) основного, состоящего из окончательной  
отделки корыта, разбивки, подвоза и отсыпки песка, разравнива-  
ния и уплотнения и 2) окончательного по планировке, уплотне-  
нию, раскладке рулонных материалов. Первый этап работ  
выполняется до установки рельс-форм, второй — после установки  
с помощью машины Д-345, входящей в комплект бетоноуклад-  
чика. Разбивка основания состоит в отметке толщины слоя заво-  
зимого песка, что выполняется с помощью забиваемых колышков  
высотой на 10—15% больше толщины песчаного основания в уп-  
лотненном (проектном) состоянии и на 25—30% — песчано-гра-  
вийного основания. Колышки выставляют по нивелиру через 20 м  
с обеих сторон полосы бетонирования маячных рядов или с одной  
стороны при бетонировании смежных рядов. Маячные ряды плит  
укладываются в первую очередь и служат для фиксации направ-  
ления и отметок покрытия. Кроме контрольных колышков, уста-  
навливают еще дополнительные колышки через каждые 5 м по  
визиркам, что позволяет более точно контролировать толщину  
отсыпаемого слоя песка.

Песок и песчано-гравийный материал завозят автомобилями-  
самосвалами или большегрузными прицепами. Езда по корыту  
разрешается только в том случае, если на поверхности не остается  
следа от колес автомобилей.

Завезенный материал разравнивают бульдозерами или автогрейдером, а затем уплотняют при оптимальной влажности сначала бульдозером, а затем прицепными катками на пневматических шинах, виброкатками и самоходными катками с гладкими вальцами. Вес катков постепенно увеличивают путем засыпки в них балласта.

Для передвижения бетоноукладочных машин в процессе укладки цементобетонной смеси устанавливают специальные пути,

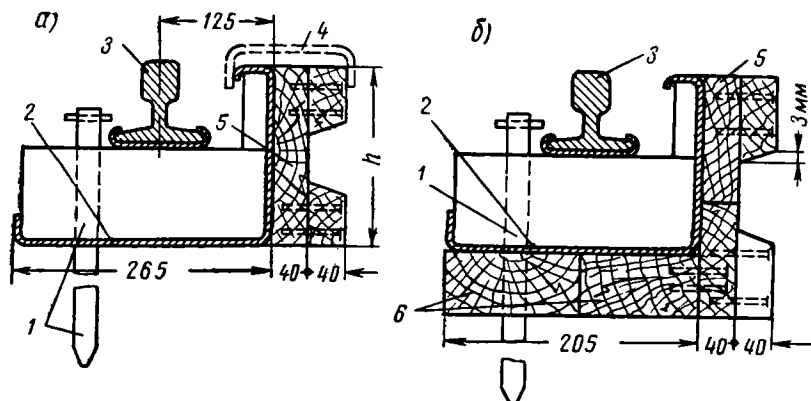


Рис. 100. Конструкция рельс-форм и приставная шпунтовая опалубка: *а* — при устройстве новых покрытий толщиной 20 см; *б* — при устройстве покрытий толщиной более 20 см (установка рельс-форм на деревянных брусках);

1 — штыри; 2 — рельс-формы; 3 — рельс; 4 — скоба для крепления приставной деревянной опалубки; 5 — приставная шпунтовая опалубка; 6 — бруска под рельс-формы

называемые рельс-формами, которые служат одновременно опалубкой для формирования боковых стенок плиты (рис. 100). Рельс-формы имеют стандартные размеры: высоту 20 см и длину 4 м.

Поэтому при толщине покрытия больше или меньше 20 см приходится наращивать рельс-формы внизу деревянными брусками или втапливать в песчаное основание.

Рельс-формы устанавливают кранами или укладчиком Д-247 на песчаное основание, тщательно уплотненное поверхностными вибраторами. При установке рельс-форм необходимо, чтобы верхняя отметка головки была на уровне верха покрытия и чтобы стенки были вертикальными. Для правильной установки рельс-форм через каждые 4 м (против стыков) забивают колышки высотой, соответствующей отметке поверхности покрытия. Высоту колышков контролируют теодолитом или нивелиром, а правильность установки рельс-форм — при помощи уровня, устанавливаемого на колышек и рельс. Требуемую ширину между рельс-формами проверяют шаблоном. Концы (торцы) соседних форм скрепляют скользящими стальными замками-затяжками, а кон-

цы рельсов — клинья. К грунту основания рельс-форм крепят металлическими штырями длиной до 90 см, но если не обеспечивается устойчивость рельс-форм, то с внешней стороны забивают дополнительно деревянные колья и подсыпают песок.

Для выявления возможных просадок и надежности крепления установок рельс-форм проверяют двумя контрольными проходками профилировщика Д-345 с включенными вибраторами или бункерного распределителя Д-181В, второй проход которого производится с ковшом, заполненным песком. Отклонения высотного положения рельс-форм от проектных отметок после прохода машин проверяют нивелированием и допускаются не более  $\pm 3$  мм.

После установки рельс-форм песчаное основание окончательно планируют и уплотняют профилировщиком Д-345, который имеет грейдерный отвал для планировки и вибробрус для уплотнения песка. Профилирующий отвал расположен впереди и представляет собой конструкцию из сварной балки, на которой болтами закреплены ножи. Отвал можно устанавливать для создания односкатного или двухскатного профиля полосы бетонирования. Ширина его также может изменяться в зависимости от требуемой ширины бетонирования. Профилировщик Д-345 за 2—3 прохода обеспечивает планировку и уплотнение песчаного слоя до 30 см с коэффициентом уплотнения не менее 0,98. Производительность его составляет до 40 м/ч.

Бетоноукладчики старого типа (Д-181А и Д-182А) не имеют в своем составе профилировщика и уплотнителя песчаного основания, но их применение пока еще вполне возможно. Поэтому в этом случае песчаное основание выравнивают и уплотняют средствами малой механизации. Для этого изготовляют специальный шаблон из досок, обитый кровельным железом, который устанавливают на ребро, касаясь нижней своей частью поверхности песчаного основания на необходимой высоте (с учетом припуска на осадку после уплотнения), а концами, где имеются вырезы и колесики — верхней грани рельс-форм. Протаскивая шаблон трактором или проталкивая рельсоукладчиком Д-247, основание получает необходимый профиль. В практике строительства известны также и другие решения по использованию для этих целей рельсоукладчика Д-247, когда на его раму монтируют отвал, который при перемещении рельсоукладчика выравнивает основание на необходимую отметку.

По песчаному основанию проектом может предусматриваться устройство разделительных прослоек из битумных ковриков, пергамина, руберойда или полиэтиленовых пленок. Эти прослойки предназначаются для уменьшения сил трения — сцепления между плитой и основанием, что приводит к уменьшению температурных напряжений и предохранения впитывания песком цементного молока из нижнего слоя цементобетона. Рулонные материалы часто раскладывают вручную путем раскатывания их вдоль бетонированной полосы с перекрытием рядов не менее чем

на 10 см. Рулоны лучше раскладывать с помощью специальной тележки, обеспечивающей некоторое натяжение материала на всю ширину бетонирования. Тележку передвигают толканием бетонораспределителя Д-375 или на прицепе к профилировщику Д-345. Места перекрытия (внахлестку) рулонов во избежание поднятия и смещения их ветром прижимают деревянными рейками или склеивают, например, горячим битумом и др.

Заключительный этап перед бетонированием — установка приставной опалубки, прокладок и элементов стыковых соединений. Конструкция опалубки определяется формой плит в плане и типом стыков. При механизированной укладке цементобетонной смеси роль опалубки выполняют рельс-формы, но если продольные швы не сквозные, а устраиваются в виде шпунтового соединителя, то приходится применять приставную деревянную опалубку. Опалубка не должна превышать проектную толщину покрытия на величину более 5 мм; размеры элементов опалубки, образующих стыковые соединения, могут отличаться от проектных не более  $\pm 2,5$  мм. Грани опалубки должны быть прямолинейными, а поверхность, соприкасающаяся с бетоном, — гладкой и чистой. Для предотвращения сцепления опалубки с цементобетоном и облегчения снятия ее после бетонирования поверхность опалубки со стороны бетона смазывают отработанным маслом, нефтью или известково-глинистым раствором.

Приставную опалубку закрепляют в нижней части металлическими штырями или деревянными колышками, забиваемыми в грунт, а в верхней — металлическими скобами, что обеспечивает устойчивость опалубки и плотно прижимает ее к рельс-форме (см. рис. 100, а). Перед отделкой поверхности забетонированной плиты скобы снимают.

При устройстве швов сжатия со шпунтовым соединением все грани шпунта смазывают разогретым или разжиженным битумом слоем 1,0—1,5 мм. При устройстве швов расширения к вертикальным граням шпунта прикрепляют дощатые прокладки из мягких пород древесины толщиной 15 мм, а горизонтальные грани смазывают битумом как в швах сжатия. Сквозные швы расширения устраивают путем установки к рельс-формам дощатых прокладок расчетной толщины.

Швы расширения со штыревым соединением выполняют таким образом: один конец штыря на  $2/3$  длины обрабатывают битумом или другим изоляционным материалом; на обработанные концы штырей надевают картонные или металлические гильзы (колпачки), заполненные на глубину 2 см опилками или войлоком. Для удобства установки и сохранения штырей в горизонтальном и перпендикулярном к шву положениях штыри и дощатая прокладка объединяются в одну конструкцию, образуя штыревой каркас (рис. 101).

Рельс-формы, если они являются опалубкой при сквозных швах, и приставная опалубка могут быть сняты только при до-



стижении цементобетоном прочности при сжатии не менее  $30 \text{ кГ/см}^2$ . Эти сроки устанавливаются лабораторией. Ориентировочно время снятия опалубки можно принимать для цементобетона марки 250 и выше, исходя из следующих данных:

Среднесуточная температура, °С	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35
Время, через которое разрешается снимать опалубку, ч	60	48	36	25	18	12	10

При наличии приставной опалубки рельс-формы можно снимать через 8 ч после начала бетонирования, что увеличивает оборачиваемость рельс-форм по сравнению с опалубкой.

Рельс-форму и опалубку снимают с помощью лома-лапы, которым извлекают штыри и отделяют опалубку. После снятия опалубки оголенные грани плит немедленно присыпают влажным песком или покрывают пленкообразующими материалами.

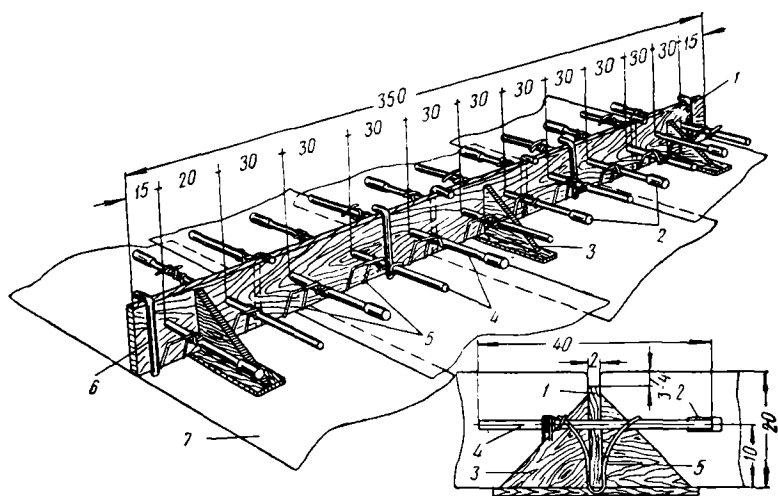


Рис. 101. Крепление прокладок и штырей в швах при устройстве цементобетонных покрытий:

1 — деревянная доска (прокладка); 2 — колпачки на штырях; 3 — подкосы прокладки; 4 — штыри; 5 — проволочное крепление штырей и прокладок; 6 — костыли для закрепления доски (прокладки); 7 — рулонный материал

Таким образом для выполнения комплекса работ по установке рельс-форм, окончательной планировке и уплотнению песчаного основания, устройству защитных слоев и установке опалубки требуется иметь комплект машин: рельсоукладчик Д-247 или автомобильные краны К-52 (2 шт.), поливо-моечную машину ПМ-8, профилировщик Д-345 и трактор с прицепами для перевозки рельс-форм. При наличии этих машин производительность бригады, выполняющей указанный выше комплекс работ, составляет 40—50 м/ч.

## § 98. Арматурные работы

В состав арматурных работ при строительстве ненапряженных аэродромных покрытий входят: заготовка стержней, изготовление сеток и каркасов, их перевозка и установка в конструкцию плит покрытия. Объем работ, а также марки стали, диаметры стержней и тип сеток или каркасов определяются проектом. Могут также применяться отдельные стержни, укладываемые по контуру плиты в верхней зоне, или продольные каркасы, состоящие из нескольких стержней для армирования краевых участков плиты. Кроме этого, значительное количество арматурных стержней диаметром 20—40 мм длиной 40—70 см расходуется на устройство стыков.

Во всех случаях арматурные работы начинают с заготовки стержней, которая состоит из раскрутки бухт катанки, выпрямления и очистки арматуры от ржавчины, окалины, масел, краски, резки арматуры на стержни, гнутья стержней. В целях экономии расхода арматуры приходится стыковать короткие (остающиеся от резки) стержни в более длинные электросваркой с помощью накладок или внахлестку. Заготовленные стержни укладывают в штабеля по размерам.

Сетки или каркасы требуется изготовлять преимущественно с помощью электросварки контактным способом. Стержни сеток и каркасы при этом должны быть сварены в определенных точках пересечения, предусмотренных проектом.

Все работы по заготовке стержней и изготовлению сеток и каркасов выполняют на оборудованном специальными арматурными станками дворе, который в зависимости от объема работ может быть отнесен к арматурным мастерским или даже арматурному заводу, представляя собой подсобное производственное предприятие строительства. Возможно также выполнение арматурных работ по изготовлению сеток и каркасов в порядке заказа действующему арматурному заводу другого строительства. Тогда требуется только транспортирование и укладка сеток и каркасов в плиты покрытия.

Хранение сеток и каркасов на арматурном дворе (мастерских, заводе) или на объекте строительства, если они транспортируются с другого завода, а также их строповка при погрузочно-разгрузочных работах и транспортирование должны производиться таким образом, чтобы остаточные деформации в сетках и каркасах не превышали 20 мм.

Поднимают и опускают сетки и каркасы кранами с помощью специальных траверс, позволяющих захватить сетки или каркас при их размерах 6,96×6,96 м в 8—10 точках. Перевозят их на полуприцепах седельного типа, оборудованных специальной рамой из прокатных профилей. Для избежания чрезмерной деформации нижних каркасов, укладываемых на полуприцеп, их должно быть не более трех. Между сетками или рядами каркасов

при их погрузке укладывают доски на расстоянии 1,0—1,5 м друг от друга.

Сетки и каркас укладывают на подготовленное основание и в опалубку на подкладки размером 25×25 см из цементобетона или раствора с прочностью не ниже прочности цементобетонного покрытия, количество и толщина которых назначаются в проекте в зависимости от жесткости каркаса и толщины защитного слоя.

## § 99. Транспортирование, укладка и уплотнение цементобетонной смеси

Цементобетонную смесь транспортируют от центрального бетонного завода к месту укладки в покрытие преимущественно автомобилями-самосвалами. Однако в практике известны примеры, когда для этих целей использовалась узкоколейная железная дорога, которая при расстоянии транспортирования более 4—5 км в условиях равнинной местности — наиболее экономичный вид транспорта.

При транспортировании цементобетонной смеси необходимо, чтобы:

1) количество транспортных средств соответствовало производительности цементобетонного завода по приготовлению смеси и укладке ее в покрытие (темпу бетонирования), что необходимо для равномерной и своевременной доставки цементобетонной смеси на полосу бетонирования;

2) продолжительность транспортирования цементобетонной смеси (от момента выдачи ее из бетономешалки до выгрузки на месте укладки), была меньше периода до начала схватывания цементобетонной смеси за минусом времени, необходимого на укладку, уплотнение и отделку смеси;

3) потери цементобетонной смеси и влаги были минимальными, загрязнение и расслоение не допускалось, для чего должны применяться специальные меры по укрытию кузова в жаркую и сухую погоду и доставка смеси транспортом должна производиться по исправной дороге;

4) кузова автомобилей-самосвалов были чистыми и обеспечивали быструю разгрузку, что достигается тщательной очисткой и промывкой их через каждые 4 ч работы, а также в начале и конце смены и применением специальных приспособлений, ускоряющих разгрузку. Так, например, можно на первую половину дна кузова укладывать металлический лист или дощатый щит, обшитый кровельным железом. При наклоне кузова лист или щит скользит по дну кузова вместе с находящейся на нем цементобетонной смесью, затем, находясь на второй половине кузова, задерживается натяжением цепи или троса, прикрепленных к кабине автомобиля-самосвала, а смесь разгружается полностью. На автомобилях-самосвалах целесообразно также устанавливать

пневматические вибраторы, способствующие лучшей разгрузке цементобетонной смеси из кузова.

Для избежания высыхания смеси при перевозке продолжительностью более 20 мин, а также при температурах выше +20° С необходимо кузова укрывать брезентом или щитами. Для предотвращения расслоения смеси высота ее падения при загрузке и выгрузке не должна превышать 2 м.

Маршрут движения автомобилей должен назначаться из расчета максимального использования ранее уложенных полос покрытия, по которым движение автомобилей в зависимости от марки цементобетона и температуры воздуха разрешается через 2—7 суток. В этом случае обязательно делают съезды с уложенных плит путем укладки переносных аппарелей, а также каменной отмостки и пр.

Движение автомобилей по подготовленному основанию, что вызывается необходимостью при бетонировании маячных рядов или недостаточной прочностью уложенной полосы покрытия, разрешается только в том случае, когда на поверхности основания не остается колеи от проезда. В противном случае для предотвращения повреждения основания требуется укладывать переносные щиты или металлические и даже легкие сборно-разборные железобетонные плиты. Если это осуществить невозможно, тогда обязательно должны выполняться повторные планировка и уплотнение основания.

Укладка цементобетонной смеси состоит из распределения ее по ширине бетонируемой полосы, уплотнения и отделки поверхности. Распределяют смесь равномерно, без излишков и недостатков и без нарушения ее однородности. Превышение проектных отметок в связи с осадкой смеси при уплотнении назначается лабораторией и составляет примерно для армированных плит 12% и неармированных 10%. При распределении цементобетонной смеси необходимо следить, чтобы было сохранено положение арматурных каркасов, элементов стыковых соединений, опалубки и прокладок. В случае нарушения их положения смесь должна быть удалена и сделаны все необходимые исправления.

Цементобетонную смесь распределяют шнековым распределителем Д-227 и бункерными распределителями Д-181А, Д-181Б и Д-375. Шнековый распределитель не обеспечивает получения покрытия одинаковой толщины и поэтому он широкого распространения в СССР не получил.

Распределители бункерного типа Д-181А (с боковым загрузочным ковшом) и Д-181Б (с центральным загрузочным ковшом) показали лучшие результаты в работе, чем шнековый распределитель Д-227, но из-за наличия ковша, находящегося в разных положениях с загрузкой и без загрузки, возникают различные по величине нагрузки на катки ходовой части.

Лучшим из всех распределителей является Д-375, приспособленный для загрузки цементобетонной смеси непосредственно в

бункер без дополнительной операции по загрузке и разгрузке ковша. Цементобетонная смесь в бункер емкостью 2,4 м<sup>3</sup> может подаваться с обеих сторон, для чего смесь должна подвозиться автомобилями-самосвалами с боковой разгрузкой (МАЗ-506, КАЗ-600). Машина Д-375 распределяет смесь на ширину 3,5; 5 или 7 м и толщиной от 8 до 50 см. Целесообразно сочетать работу распределителя Д-375 и автомобиля-самосвала МАЗ-506 грузоподъемностью 5,5 т, допускающего производить загрузку тремя замесами бетономешалки емкостью 1200 л, что обеспечивает полную загрузку бункера распределителя. Кроме этого, следует иметь в виду, что разгрузка автомобиля-самосвала МАЗ-506 производится при стоянке его на основании или готовой смежной полосе, т. е. без применения специальных подъездных мостков (трапов), как это требуется для разгрузки КАЗ-600. Это объясняется тем, что автомобиль-самосвал МАЗ-506 имеет высоту разгрузки 130 см, а КАЗ-600—75 см, в то время как высота бункера распределителя рассчитана на работу автомобилей-самосвалов, имеющих высоту разгрузки 120—130 см. В этом состоит недостаток распределителя Д-375.

При устройстве двухслойного цементобетонного покрытия наибольшая производительность обеспечивается в том случае, когда в комплекте бетоноукладочных машин имеется два распределителя нижнего и верхнего слоев. Для удобства подъезда автомобилей-самосвалов к каждому распределителю расстояние между ними должно быть не менее 10 м, но и не более 15—20 м. Если между слоями двухслойного покрытия укладывается арматурная сетка, то расстояние между распределителями должно быть на 5—6 м больше длины звена сетки, что необходимо для обеспечения фронта подноски и укладки сеток.

Разрыв во времени распределения цементобетонной смеси нижнего и верхнего слоев зависит от температуры воздуха и свойств укладываемой смеси; он устанавливается лабораторией и может примерно составлять до 3 ч при температуре воздуха до +15° С, 2 ч при  $t = 15—20^{\circ}$  С и 1 ч при  $t = 25—30^{\circ}$  С.

Второй важнейший процесс укладки цементобетонной смеси в покрытие — уплотнение и отделка поверхности, которые выполняются бетоноотделочной машиной типа Д-182В или Д-376. Уплотнение смеси, уложенной слоем до 20 см при осадке конуса 2—3 см, машиной Д-182В достигается за 2—3 прохода по одному следу. Рабочими органами этой машины являются: вибрационный брус с пятью электровибраторами И-117, выглаживающий брус с тремя вибраторами К-7 и заглаживающая прорезиненная лента. Машина Д-182В уплотняет и отделяет поверхность участками длиной до 20 м. Обслуживают машину пять человек, из которых двое — механики, а трое — подсобные рабочие, занятые главным образом дополнительным уплотнением с помощью глубинных вибраторов цементобетонной смеси у краев плит вдоль опалубки и около поперечных швов расширения.

Кроме этого, при необходимости эти рабочие удаляют излишки смеси или добавляют в места, где ее нехватает, при уплотнении.

Лучшее уплотнение цементобетонной смеси обеспечивает бетоноотделочная машина Д-376, имеющая: лопастной вал для предварительного выравнивания цементобетонной смеси перед уплотнением; уплотняющий вибробрус с шестью механическими вибраторами, соединенными одним валом с общим приводом; выравнивающий (отделочный) брус, соединенный с вибродоской, на которой установлено пять механических вибраторов. Уплотняющий вибробрус не опирается на рельс-формы и может опускаться между ними на 30 см ниже головок и таким образом уплотнять цементобетонную смесь нижнего слоя двухслойного покрытия. Выравнивающий брус с вибродоской, совершающий поперечные качения, не только отделяет поверхность плит, но и заделывает отдельные мелкие раковины.

Важный момент в работе машины — ее регулировка. Признаком правильной настройки рабочих органов машины Д-376 служит образование перед уплотняющим брусом равномерного валика из цементобетонной смеси высотой 3—8 см, а перед вибродоской — из раствора высотой 2 см. Уплотнение цементобетонной смеси слоем 26—28 см при осадке конуса 0,5—1,5 см достигается за один проход. Однако однопроходная схема работы машины не гарантирует полную отделку поверхности и поэтому для этой цели производится второй проход. Рабочая скорость машины 0,7 м/мин.

Бетоноотделочная машина Д-376 имеет короткую базу ходовых колес (1,5 м), что приводит к воспроизводству (даже с увеличением) на поверхности покрытия всех неровностей установки рельс-форм. Поэтому в последнее время для повышения ровности покрытия стали применять дополнительно к машине Д-376 длинноразовую бетоноотделочную машину, общая длина которой составляет 8,5 м. Производительность ее при ширине полосы бетонирования 7 м составляет до 250 м/смену.

Одна из трудоемких операций, слабо механизированная и требующая точности в работе — установка и снятие рельс-форм, по которым передвигаются машины Д-182Б и Д-376. Поэтому сделана попытка создать бетоноукладочную машину Д-502 для устройства покрытия в скользящей опалубке. Передвижение машины по уплотненному основанию в этом случае осуществляется на двух гусеницах со скоростью 1 м/мин. Скользящие формы (опалубки), заменяющие рельс-формы, имеют длину 30 м. Машина имеет распределитель, разравнивающий, уплотняющий и выравнивающий брусья и ленту. Ширина полосы бетонирования 3,5 м, толщина — до 28 см.

В 1963—1964 гг. Ленфилиалом ВНИИстройдормаш разработана автоматизация работы бетоноукладочной машины, на которой предусмотрена установка системы автоматического регулирования, что дает возможность изменять скорость движения ма-

шины в соответствии с информацией, получаемой от датчика контроля уплотнения. Это позволяет повысить производительность работ и качество укладки цементобетонной смеси. Такого рода системы автоматического регулирования уже имеются на многих бетоноукладочных машинах.

Цементобетонную смесь уплотняют и отделяют немедленно вслед за ее распределением и заканчивают до начала схватывания цемента. Для удобства работ перед бетоноотделочной работой должен быть участок полосы около 6—8 м, т. е. практически не менее одной плиты. При неожиданных обстоятельствах, например поломке машины или недостатке цементобетонной смеси, может возникнуть необходимость прекращения работы. В этом случае устраивают рабочий шов: поперек полосы бетонирования устанавливают на ребро упорную смазанную доску толщиной 5—6 см и закрепляют металлическими штырями или кольями. Цементобетонную смесь, примыкающую к упорной доске, тщательно уплотняют вибробулавой и площадочным вибратором, а затем поверхность отделяют вручную. При продолжении бетонирования, независимо от продолжительности перерыва доску удаляют, а торец плиты смазывают битумом или прокладывают толь, руберойд, пропитанную бумагу.

После уплотнения цементобетонной смеси и отделки поверхности машинами требуется дополнительная и окончательная отделка для устранения отдельных неровностей на покрытии и удаления с поверхности обводненного раствора или цементного молока. Кроме этого может возникнуть необходимость в создании рифленой поверхности, что повышает шероховатость покрытия. Все это выполняется шаблонами и различного рода щетками, гладилками и валиками. Хорошо обрабатывается поверхность капроновыми щетками из волокон длиной 60—70 мм. Направление бороздок, возникающих при работе щеток, так же как и валиков, создающих рифленую поверхность, должно быть перпендикулярным оси полос бетонирования.

### § 100. Нарезка и заполнение швов

Конструкции стыковых соединений плит, устанавливаемые проектом, предусматривают нарезку прорезей на глубину 4—5 см в швах расширения при любой конструкции стыкового соединения. Кроме этого, применяются ложные швы, которые устраиваются после бетонирования путем нарезки на глубину  $\frac{1}{3}$  толщины плит. При устройстве стыков необходимо установить опалубку и штыревые каркасы или доски при сквозных швах и затем после укладки цементобетонной смеси нарезать их с поверхности и заполнить битумной мастикой.

Ложные швы, а также прорези в швах со шпунтовым или штыревым соединением и в сквозных швах можно нарезать в свежемолотом и в затвердевшем цементобетоне.

В свежееуложенном цементобетоне швы нарезают машинами Д-195В или Д-377 (рис. 102), имеющими для этих целей виброножи (продольные и поперечные), составляющие основу рабочего мостика. Нарезчик швов Д-195В передвигается по рельс-формам вручную обслуживаемыми его рабочими, а Д-377 — самоходная машина, которая в отличие от Д-195В имеет в своем комплекте ручной заливщик швов Д-344.

Нарезка швов в свежееуложенном цементобетоне начинается через 5—10 мин после уплотнения смеси. Раньше нарезать швы не рекомендуется, потому что смесь еще находится в состоянии подвижности и при нарезке шва виброножом в шов затекает раствор

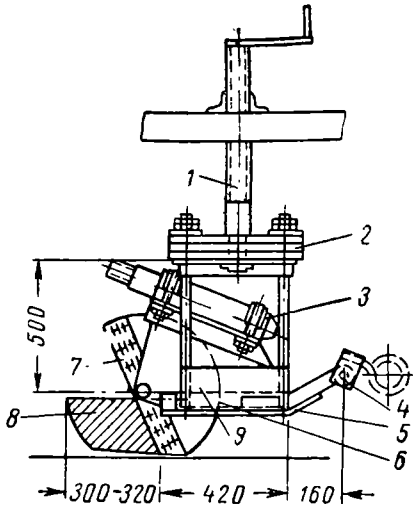


Рис. 102. Рабочий орган нарезчика швов:

1 — регулировочный винт; 2 — пригрузка; 3 — высокочастотный вибратор; 4 — шарнир; 5 — виброплощадка; 6 — фиксатор положения вибродиска; 7 — составной вибродиск; 8 — резиновый сектор; 9 — металлический сектор

и кромки швов оплывают. Позже указанного срока нарезать швы также нецелесообразно, так как начнется твердение бетона. Перед нарезкой поперечных швов их тщательно размечают на рельс-формах путем нанесения пометок (мелом) или установки колышков с флажками. Необходимо следить за тем, чтобы швы нарезались точно. Малейшее несовпадение нарезки сверху с установленной в толще плиты доской впоследствии приводит к расстройству швов.

Поперечный вибронож, установленный строго по меткам, вначале погружается от собственного веса при выключенных вибраторах, а затем для погружения виброножа на необходимую глубину включают вибраторы на 15—20 сек. Поднимают нож медленно с выключенными вибраторами. Аналогично нарезается, если предусмотрено проектом, продольный шов с помощью вибродиска при движении машины на первой передаче по рельс-формам.

Шов после подъема (выглубления) виброножа или вибродиска может иметь рваные кромки, взбугривания или впадины на покрытии в зоне шва, а также оплывать. Поэтому сразу после удаления виброножа (вибродиска) в образовавшуюся щель



вставляют деревянный или металлический шаблон, соответствующей толщины, имеющий для удобства последующего извлечения конусность сечения и «гривки» для создания фасок на кромках швов (радиусом закругления 5—10 мм). Шаблоны находятся в нарезанном шве 20—30 мин (время устанавливают на месте в зависимости от температуры воздуха), в течение которого исправляют дефекты шва и уплотняют цементобетонную смесь по краям швов виброшаблоном (виброплощадкой) до появления на поверхности цементного молока.

После извлечения шаблона из шва, если кромки при этом имеют хорошую ровность и не оплывают, немедленно производят грунтовку и заполнение швов битумной мастикой с помощью машины Д-377 или передвижных мостиков.

Нарезка швов в свежееуложенном цементобетоне требует применения ручного труда и не обеспечивает требуемого качества швов. Поэтому в последнее время в СССР и за рубежом все больше получает распространение способ нарезки швов в затвердевшем цементобетоне с помощью абразивных режущих дисков. В этом случае швы получают ровными, долговечными и сокращается ручной труд. Кроме того, поскольку нарезка швов отодвигается к моменту затвердения цементобетона, уход за свежееуложенным цементобетоном может быть начат раньше, что имеет важное значение при жаркой солнечной погоде.

В затвердевшем цементобетоне швы нарезают машиной типа Д-432, которая представляет собой тележку на трехколесном ходу с ручным приводом для передвижения. Рабочий орган — абразивный диск диаметром 320 мм и толщиной 6—8 мм, вращаемый на шпинделе с приводом от электродвигателя через клиноременную передачу. При вращении диска на него подается вода для охлаждения. Заглубление и выглубление абразивного диска производится рычагом, жестко связанным со шпинделем. Наилучшую устойчивость при нарезке швов показали диски, изготовленные на основе следующих материалов:

	Весовые части, %
Карбид кремния черный № 24 . . . . .	75
Электрокорунд нормальный № 60 . . . . .	25
Жидкий бакелит вязкости 10—15 сек (для увлажнения)	7
Алебастр . . . . .	6
Порошкообразный бакелит . . . . .	17

Момент начала нарезки швов зависит от скорости твердения цементобетона. Необходимо, чтобы цементобетон имел достаточную прочность (не менее 90—100 кг/см<sup>2</sup>) при сжатии, в противном случае кромки швов будут выкрашиваться и обламываться, отдельные щебенки вместо прорезания будут вырываться из свежего цементобетона. С другой стороны, для предотвращения образования усадочных и температурных трещин в

покрытии нарезку швов следует производить возможно раньше. Опыт показал, что в летних условиях при средних температурах 15°С швы можно нарезать через 8—10 ч. В холодную погоду интервал от отделки поверхности покрытия до начала нарезки швов увеличивается до 2—3 суток. Оптимальное время нарезки совпадает с допустимым временем снятия рельс-форм.

Последовательность нарезки швов устанавливают исходя из принципа постепенного сокращения длины полосы бетонирования, т. е. готовую полосу сначала разрезают пополам на две равные части, затем каждую часть в свою очередь снова пополам и так до требуемых размеров плит. Перед нарезкой швы должны быть намечены строго в требуемых местах по шнуру мелом или углем на расчищенном покрытии. Поперечные швы нарезают от середины полосы к краям и, если к этому времени еще не сняты рельс-формы, у краев остаются участки, которые должны быть прорезаны после снятия рельс-форм.

Наряду с однодисковым нарезчиком Д-432 в СССР налаживается изготовление многодисковых нарезчиков, которые значительно увеличат производительность нарезки швов.

Однодисковые нарезчики Д-432 при нарезке шва глубиной 3—4 см, шириной 6—8 мм в цементобетоне суточного возраста на гранитном щебне позволяют нарезать 12—15 м/ч, а в цементобетоне на известковом щебне — до 30 м/ч.

После нарезки швов в затвердевшем цементобетоне они должны быть тщательно просушены, очищены от посторонних предметов и немедленно заполнены мастиками.

## § 101. Уход за свежеложенным цементобетоном

Завершающая и весьма ответственная технологическая операция при строительстве покрытий — уход за свежеложенным цементобетоном. В задачу ухода входит обеспечение условий для нормального твердения цементобетона, т. е. набора необходимой прочности, равномерности усадки и предохранения от механических повреждений. Особенностью условий твердения цементобетонных аэродромных покрытий является быстрая потеря воды под влиянием высокой температуры и ветра, что приводит к появлению усадочных трещин и к образованию непрочной (недолговечной) структуры цементобетона.

Уход за свежеложенным цементобетоном осуществляется двумя основными способами: а) путем периодического на протяжении определенного времени увлажнения поверхности, например, уложенного на покрытии слоя песка и б) путем нанесения жидких пленкообразующих материалов, задерживающих испарение влаги.

Наиболее часто уход производится путем увлажнения песка. В этом случае продолжительность ухода разделяется на три этапа. Первый этап продолжается от окончания отделки поверхно-

сти покрытия до начала схватывания, что определяется визуально по признакам исчезновения влаги с поверхности, когда при соприкосновении ладони с поверхностью не происходит прилипания частиц раствора к ладони. Длительность этого этапа ухода зависит от температуры окружающего воздуха и свойств цемента и колеблется от 20 мин до 2—3 ч. Второй этап — от начала схватывания до набора 60—70% прочности, когда становится возможным наносить на поверхность песок и увлажнять его до момента, позволяющего прекратить увлажнение. Длительность этого этапа составляет 8—15 суток, хотя может быть и несколько больше для местности с сухим климатом при использовании медленно твердеющих цементов. Третий этап продолжается примерно 12—15 суток от конца влажного ухода до полного набора прочности, в течение которого на покрытии остается не увлажненный песок.

На первом этапе ухода за свежееуложенным цементобетоном основная задача состоит в том, чтобы прекратить или значительно замедлить быстрое испарение воды с целью предотвращения образования усадочных трещин, поэтому поверхность покрытия укрывают тентами (рис. 103) или щитами, тонкими водонепроницаемыми материалами или увлажняют поверхность путем распыления воды. Наиболее широко применяют тенты, каркас которых изготовляют из дерева и легких профилей металла. На каркас натягивают водонепроницаемый материал. Тент должен плотно прилегать к укрываемой поверхности по всему периметру с тем, чтобы не допускать циркуляции воздуха (сквозняков). Тенты перемещаются по рельс-формам. Количество их может быть определено по формуле

$$K = \frac{Tt_y}{S}, \quad (75)$$

где  $K$  — количество необходимых тентов, шт.;

$T$  — темп бетонирования,  $m^2/ч$ ;

$S$  — площадь одного тента,  $m^2$ ;

$t_y$  — продолжительность укрытия покрытия под тентом (2—3 ч).

В случае отсутствия тентов защиту цементобетона на первом этапе ухода можно осуществлять способом распыления воды. Для этого можно использовать агрегаты, состоящие из легкого металлического мостика с резервуаром для воды емкостью 150—200 л, перемещающегося на колесах по рельс-формам. Вода распыляется с помощью краскопульта типа 0—17 в количестве 80—150 г/ $m^2$  при одном распылении, повторность которого зависит от температуры и влажности воздуха, скорости ветра и может быть до 3—4 раз в час.

На втором этапе ухода за свежееуложенным цементобетоном укрытие (тенты, рулонные материалы и пр.) снимают или пре-

крашают распыление воды и засыпают поверхность песком с последующим увлажнением. Для ухода применяют песок из местных карьеров с отделенными частицами крупнее 10 мм. Тол-

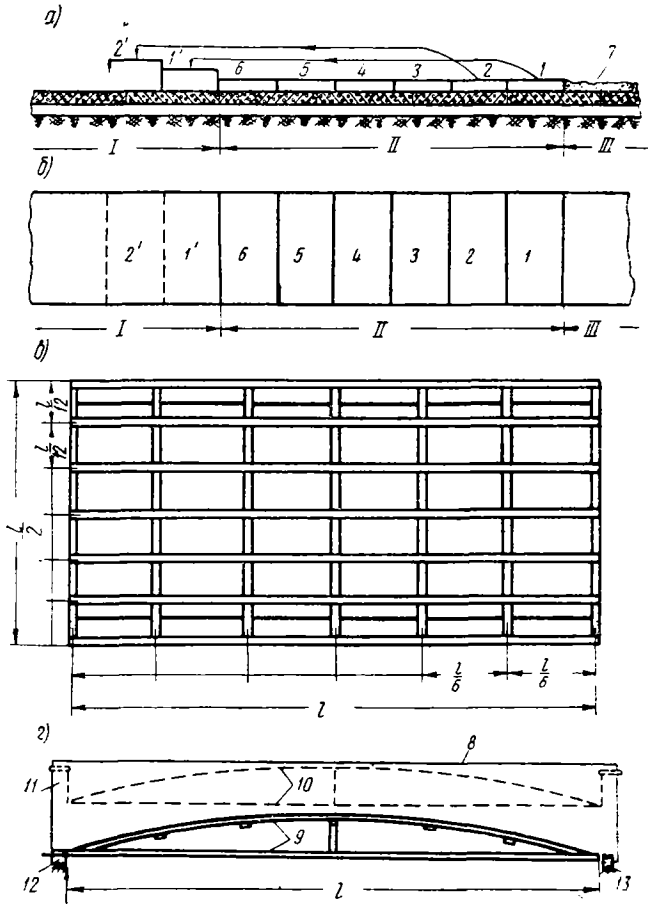


Рис. 103. Применение тентов при уходе за свежеложенным бетоном в аэродромных покрытиях:  
 а — последовательность перестановки; б — план установки тентов; в — конструкция каркаса тента; г — схема работы тележки;

*1* — участок отделки поверхности свежеложенного цементобетона; *II* — участок выдерживания покрытия под тентами; *III* — участок засыпки песком и увлажнения; *1, 2, 3, 4, 5* и *6* — тенты; *1', 2'* — переставленные тенты *1* и *2* на новое место; *7* — увлажненный песок; *8* — каркас тележки; *9* — тент в рабочем состоянии; *10* — тент в поднятом состоянии; *11* — ручная лебедка; *12* — колесо-каток; *13* — двухребордное колесо; *l* — длина тента

щина засыпки песка принимается не менее 6 см; для сокращения частоты поливки в районах с жарким климатом может быть доведена до 10—12 см. Важно, чтобы песок в течение 8—15 су-

ток был влажным (содержание влаги не менее 5—6%). Для этого песок поливают с помощью переносных резиновых шлангов, подключенных к временному водопроводу. Можно также для этих целей использовать поливо-моечные машины. Расход воды составляет 1,0—2,0 л/м<sup>2</sup> в зависимости от температуры воздуха.

На третьем этапе ухода песок остается без увлажнения и служит для предохранения от механического повреждения транспортом.

Основной недостаток ухода за свежееуложенным цементобетоном с помощью песка — высокая трудоемкость работ и необходимость наличия воды, которую иногда трудно получить в необходимом количестве. В связи с этим в последнее время как в СССР, так и за рубежом находят широкое применение различные пленкообразующие материалы, которые создают на поверхности водонепроницаемые пленки. Пленкообразующие материалы наносят на поверхность специальными самоходными по рельс-формам машинами-распределителями после исчезновения с поверхности цементобетона влаги, т. е. с момента начала схватывания (в начале второго этапа ухода). Поверх пленкообразующих материалов засыпают слой песка толщиной 2—5 см, сохраняемый в течение 20—25 дней.

Розлив пленкообразующих материалов производится за два раза с определенными разрывами, зависящими от температуры воздуха. Нормы розлива наиболее эффективных, проверенных на практике пленкообразующих материалов приведены в табл. 54.

Т а б л и ц а 54

Материалы	Нормы розлива, г/м <sup>2</sup> , на		Температура воздуха, °С	
	первый слой	второй слой	15—20	20—30
			Интервал времени между нанесением второго слоя после первого, мин	
Лак этиноль	300	200	25	20
Битумная эмульсия быстрораспадающаяся	400	300	30	40
Битумная эмульсия медленнораспадающаяся	400	300	40	50
Дегтевая эмульсия	400	—	—	—
Латекс синтетического каучука	200	100	20	15
Разжиженный битум	400	200	120— —60	70—15

Примечание. При температурах наружного воздуха до 15°С время нанесения увеличивается на 10 мин, а выше 30°С — уменьшается на 10 мин.

Для обеспечения контроля за качеством ухода за свежело-  
 женным цементобетоном устанавливают специальные знаки

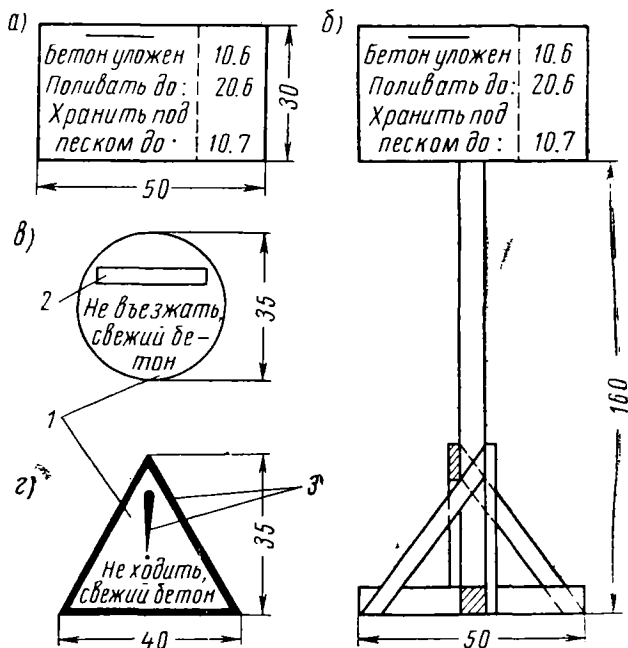


Рис. 104. Предупреждающие знаки, устанавливаемые при уходе за свежеложенным цементобетоном:  
 а — в середине покрытия; б — на краях участка; в — в местах возможного проезда автомобилей; г — в местах возможного прохода пешеходов;  
 1 — красный цвет; 2 — желтый цвет; 3 — черный цвет

(рис. 104), а также ведут журнал, в котором записывают основные данные о состоянии погоды и результаты периодического осмотра поверхности покрытия.

### § 102. Укладка цементобетонной смеси при отрицательных температурах (зимнее бетонирование)

Удлинение периода возможной укладки цементобетонной смеси за счет организации бетонирования при отрицательных температурах имеет большое практическое значение, так как даже в средней полосе СССР продолжительность летнего периода с температурой выше  $+5^{\circ}\text{C}$  составляет всего лишь 6—7 месяцев. В северных районах период летнего бетонирования значительно меньше.

Недопустимость бетонирования при отрицательных температурах без применения особых мероприятий объясняется тем, что при температуре цементобетонной смеси минус  $1\text{--}2^{\circ}\text{C}$  прекра-

щается гидратация цемента, смесь замерзает и находящаяся в ее порах вода, увеличиваясь на 9% в объеме при переходе в ледяные кристаллы, нарушает сцепление внутри цементного камня между ним и заполнителем, что приводит к снижению прочности. Если к моменту замерзания цементобетон наберет прочность не менее 50—60% от заданной, то в дальнейшем, после оттаивания, он полностью добывает требуемую прочность. Поэтому сущность мероприятий, позволяющих производить зимнее бетонирование, заключается в том, чтобы создать нормальные условия твердения до достижения прочности не менее 50%.

При выборе метода зимнего бетонирования при строительстве цементобетонных покрытий исходят из следующих положений:

а) если покрытие подлежит приемке в эксплуатацию до наступления среднесуточных температур  $+5^{\circ}\text{C}$  и минимальных суточных выше  $0^{\circ}\text{C}$ , то цементобетон должен выдерживаться до набора требуемой прочности способами, основанными на тепловой обработке (электро- или паропрогрев и пр.);

б) если покрытие вводится в эксплуатацию при устойчивых температурах выше указанных в п. «а», то цементобетон должен выдерживаться (до набора требуемой прочности) с использованием теплового потока из грунта основания. При этом, исходя из необходимости обеспечения незамерзания укладываемой цементобетонной смеси и снижения температуры замерзания воды, целесообразно подогревать воду или составляющие материалы, вводить в смесь ускорители твердения и обязательно утеплять свежеложенный цементобетон защитными теплоизолирующими слоями.

Исходя из особенностей твердения цементобетона при различных отрицательных температурах, в практике рассматриваются три возможных случая зимнего бетонирования:

первый относится к периоду пониженных температур, когда температура воздуха находится в пределах от  $-1^{\circ}\text{C}$  до  $+5^{\circ}\text{C}$ , что бывает поздней осенью или ранней весной. В этом случае достаточно ввести в цементобетонную смесь ускорители твердения и укрыть цементобетон теплозащитным слоем, например песком толщиной 5—6 см или шлаком — 3—4 см;

второй относится к сравнительно небольшим отрицательным температурам в диапазоне от  $-1^{\circ}\text{C}$  до  $-10^{\circ}\text{C}$ . В этом случае, кроме введения ускорителей твердения, требуется подогрев воды до температуры, обеспечивающей укладку цементобетонной смеси при температуре не ниже  $+5^{\circ}\text{C}$ . Теплозащитный слой устанавливается расчетом и должен быть более мощным, чем в первом случае;

третий случай охватывает более низкие отрицательные температуры, ниже  $-10^{\circ}\text{C}$ , когда требуется применять дополнительно к мерам, указанным для двух первых случаев, подогрев песка и щебня.

Кроме этих трех случаев зимнего бетонирования, возможен подогрев составляющих цементобетонную смесь без введения добавок ускорителей твердения. Такой способ зимнего бетонирования допускается только при температурах воздуха в пределах от  $+5^{\circ}\text{C}$  до  $-5^{\circ}\text{C}$ . Применение «холодного бетона» для покрытий не допускается.

В качестве добавок, понижающих температуру замерзания бетона и ускоряющих твердение, применяют хлористый натрий ( $\text{NaCl}$ ), хлористый кальций ( $\text{CaCl}_2$ ), соляную кислоту ( $\text{HCl}$ ), тонкомолотую негашеную известь, поташ.

Таким образом, при строительстве цементобетонных покрытий при пониженных и отрицательных температурах применяются методы термоса или холодного термоса. Сущность метода термоса, который уже давно известен в практике зимнего бетонирования, состоит в том, что необходимые условия твердения цементобетона создаются за счет сохранения полученной смесью положительной температуры до набора прочности в определенных пределах. Исследования канд. техн. наук А. В. Михайлова показали, что для аэродромных покрытий метод термоса может быть применен несколько в измененном виде, но с получением тех же результатов, т. е. с использованием тепла грунта, экзотермической реакции гидратации цемента при одновременном добавлении к цементобетонной смеси солей, понижающих температуру замерзания смеси и отепления со стороны охлаждения. Следовательно, поскольку в этом случае смесь не обогревается, метод получил название холодного термоса.

Для повышения подвижности цементобетонной смеси в момент укладки ее в покрытие и обеспечения возможности уменьшения водоцементного отношения рекомендуется в цемент вводить воздухововлекающие и пластифицирующие добавки: 0,2—0,3% от веса цемента сульфитно-спиртовой барды, 0,05—0,1% — мылонафта или 0,01—0,02% — абиетиновой смолы.

Для приготовления цементобетонной смеси в условиях зимнего бетонирования к материалам предъявляются те же требования, что и при летнем бетонировании. Однако в качестве вяжущего лучше применять быстротвердеющий портландцемент марки не ниже 500. Рекомендуется также применять низкоалюминатный портландцемент с повышенным содержанием алита, обеспечивающий большую морозостойкость цементобетона. Применение указанных выше добавок позволяет снизить водоцементное отношение на 6—8% по отношению к летнему цементобетону, т. е. принимать его не более 0,5 с удобоукладываемостью в пределах до 30 сек и подвижностью по осадке конуса до 3 см.

Важный вопрос — установление количества вводимых в цементобетонную смесь добавок-ускорителей твердения. Исходным при решении этого вопроса является отрицательная температура, при которой должна быть обеспечена незамерзаемость це-



ментобетонной смеси. Количество добавок для ускорения твердения, как правило, устанавливается экспериментальным путем при одновременном определении активности цементобетона или принимается в соответствии с указаниями специальных инструкций.

Основное требование к технологии строительных работ в зимнее время — обеспечение максимального сохранения тепла в грунте основания, а также в цементобетонной смеси в процессе ее перегрузок, доставки и укладки в покрытие и в период твер-

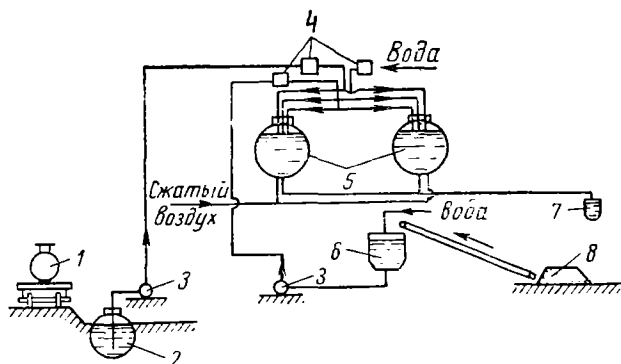


Рис. 105. Схема приготовления растворов хлористых солей: 1 — железнодорожная цистерна; 2 — емкость с раствором хлористого кальция; 3 — насос; 4 — дозаторы; 5 — емкости для приготовления раствора; 6 — растворный узел хлористого натрия; 7 — дозатор цементного завода; 8 — склад хлористого натрия

дения. Поэтому основание должно быть полностью или частично подготовлено в летний период и укрыто, например, соломой. В случае применения песчаного основания целесообразно устраивать его летом не на полную толщину с тем, чтобы зимой досыпать незамерзший песок непосредственно перед укладкой цементобетонной смеси. Если при устройстве корыта предстоят большие земляные работы в выемках, то их можно делать зимой, но с таким расчетом, чтобы сразу же устраивалось песчаное основание и укладывалась цементобетонная смесь. Лучшее всего зимнее бетонирование покрытий вести на песках, супесях и однородных суглинках без пылеватых и песчаных прослоек, когда низко расположены грунтовые воды. Не рекомендуется производство зимних работ по бетонированию на тяжелых суглинках и глинах, особенно при высоком уровне грунтовых вод.

Технология приготовления цементобетонной смеси зависит от того, подогреваются материалы или не подогреваются. Однако в обоих случаях требуется предварительно приготовить растворы солей, которые затем вводят в цементобетонную смесь, что гарантирует их равномерное распределение. Растворы солей (рассолы) готовят на специальном растворном узле (рис. 105). В процессе приготовления, хранения и расходования рас-

соли необходимо интенсивно перемешивать. Лучшие результаты дает перемешивание сжатым воздухом.

Цементобетонную смесь готовят в бетономешалках обычного типа, а порядок загрузки принимается следующий: сначала подаются заполнители (песок, щебень), вода (нагретая до температуры 50—60° С) или солевой раствор с добавкой воды. После их перемешивания в течение 1,5—2 мин загружается цемент. Длительность перемешивания с момента загрузки всех материалов должна быть увеличена не менее чем на 25% по сравнению с временем перемешивания, принимаемым для летнего периода.

Температура цементобетонной смеси при выходе ее из бетономешалки определяется по формуле

$$t_{см} = \frac{0,2(Q_{ц}t_{ц} + Q_{п}t_{п} + Q_{щ}t_{щ}) + Q_{в}t_{в} - i_{п}t_{п}Q_{п} - i_{щ}t_{щ}Q_{щ}}{0,2(Q_{ц} + Q_{п} + Q_{щ}) + Q_{в}}, \quad (76)$$

где  $t_{ц}$ ,  $t_{п}$ ,  $t_{щ}$  — температуры цемента, песка и щебня, °С;  
 $Q_{ц}$ ,  $Q_{п}$ ,  $Q_{щ}$  — вес цемента, песка и щебня, кг;  
 $i_{п}$ ,  $i_{щ}$  — влажность песка и щебня в долях единицы.

Наибольшая допустимая температура подогрева составляющих и смеси, устанавливаемая с учетом потерь тепла во время загрузки и перемешивания материалов, транспортирования и укладки цементобетонной смеси в покрытие, должна быть не выше 60° С при подогреве воды, 50° С — заполнителей и 35° С — при выходе смеси из смесителей и должна обеспечить температуру, требуемую по расчету.

Цементобетонную смесь следует транспортировать таким образом, чтобы исключить попадание в нее снега и обеспечить минимум теплопотерь. При температурах наружного воздуха до —10° С цементобетонную смесь, приготовленную из подогретых материалов без добавок солей, следует транспортировать в автомобилях-самосвалах с утепленными кузовами, которые обкладывают шлаковатой и обивают строительным картоном. Сверху смесь укрывают теплыми щитами или покрывалами. При температурах ниже —10° С кузова автомобилей-самосвалов дополнительно обогревают выхлопными газами двигателя. Такой подогрев допускается для цементобетонных смесей, приготовленных без добавок хлористого кальция, так как в этом случае возможно преждевременное схватывание цементобетонной смеси в нижней части кузова.

При отрицательных температурах цементобетонную смесь укладывают теми же средствами, что летом, но длина полосы обработки должна быть не больше 3—10 м (вместо до 20 м летом). Это необходимо для выполнения работы в предельно короткие сроки и недопущения замораживания до утепления. Не разрешается укладывать цементобетонную смесь с добавками солей при снегопадах, так как при таянии снега, попавшего в смесь, происходит насыщение водой поверхностного слоя покры-

тия, что впоследствии после замораживания и оттаивания цементобетона неизбежно вызовет шелушение покрытия. Поливка поверхности покрытия водой или раствором солей в период укладки и отделки покрытия по тем же причинам также запрещается.

После укладки и отделки цементобетонной смеси во избежание быстрого остывания и замораживания необходимо ее немедленно укрыть. Для того чтобы не повредить поверхность свежееуложенного цементобетона и исключить возможность выветривания влаги, в качестве первого слоя укрытия рекомендуется применять пленки и пленкообразующие вещества, водонепроницаемую бумагу, толь и другие рулонные материалы. В качестве второго и последующего слоев утепления могут быть использованы различные материалы: асбестовый картон, войлок, мох, опилки, торфоплиты, соломенные и камышовые маты, соломит, шлак и пр.

Утеплитель должен сохраняться на поверхности свежееуложенного цементобетона до приобретения последним требуемой прочности и временного прекращения гидратации цемента. При наступлении положительных температур и возобновлении гидратации цемента за цементобетоном производится уход с поливочной водой в течение не менее 15 суток, после чего утеплитель удаляют.

Для контроля температуры в покрытии при бетонировании с помощью штырей диаметром 20—25 мм делают скважины на глубине 3; 10 см и на уровне подошвы, в которые вставляют трубки из тонкой жести и заливают их незамерзающим раствором солей или машинным маслом. Трубки закрывают деревянными пробками. При измерении температуры термометр должен быть изолирован от влияния наружной температуры (закрит водой, паклей, ветошью) и находиться в трубке не менее 5 мин. Вынутый из трубки термометр покажет температуру на 1,0—1,5° С ниже действительной температуры цементобетона.

### **§ 103. Строительство предварительно напряженных цементобетонных покрытий**

Предварительно напряженные цементобетонные покрытия еще не получили массового применения, так как их конструкции и особенно технология строительства требуют дальнейшей разработки и усовершенствования. Однако положительные качества таких покрытий вызывают большой практический интерес, и они несомненно начнут быстро внедряться в практику строительства аэродромных покрытий.

Создание предварительного напряжения в монолитных аэродромных покрытиях осуществляется двумя основными способами, отличающимися друг от друга временем приложения силы обжатия (натяжения арматуры) и сцеплением арматуры с цементобетоном.

При первом способе натяжение арматуры производится до бетонирования. Для этого высокопрочная стальная проволока раскладывается, натягивается до 65—90% от предела текучести на всю длину захватки и закрепляется за специальные анкерные упоры. После набора цементобетоном соответствующей прочности проволока разрезается в швах, что приводит вследствие упругих деформаций к обжатию цементобетона.

При втором способе натяжения арматуры производится после бетонирования. Для этого арматура в виде пучков из высокопрочной проволоки помещается в каналах цементобетона или в специальной оболочке, исключающей сцепление арматурных пучков с цементобетоном во время бетонирования и натягивается после набора цементобетоном соответствующей прочности. После натяжения арматурных пучков и закрепления их по концам каналы заполняются цементным раствором, при затвердении которого обеспечивается удержание пучков в натянутом состоянии и создается обжатие цементобетона. Наибольший интерес представляют предварительно напряженные покрытия, создаваемые натяжением арматуры в продольном направлении до бетонирования, так как покрытия с натяжением пучков после бетонирования (на бетон) требуют значительной трудоемкости работ и недостаточно исследованы.

В настоящее время в стадии исследования находятся предварительно напряженные цементобетонные покрытия безарматурным способом, когда плита обжимается при помощи каких-либо силовых устройств, обеспечивающих необходимые предварительные напряжения.

Основной тип монолитного предварительно напряженного аэродромного покрытия, принятый в СССР, — струнотонное покрытие, армированное в продольном направлении напряженной проволоочной арматурой. Поперечное армирование таких покрытий осуществляется укладкой обычной ненапряженной арматуры, количество которой устанавливается расчетом или принимается конструктивно (рис. 106).

Размеры плит принимают: ширина — 7 м (по ширине захвата бетоноукладчика), длина — 50—100 м. Швы устраивают сквозными при поперечном обжатии и шпунтовыми при отсутствии поперечного обжатия.

Строительство покрытия осуществляется участками длиной 500—700 м и полосами шириной, как правило, 7 м. По концам захваток устраивают анкерные плиты, которые служат упорами при натяжении арматуры. Для повышения прочности торцовых и угловых участков плит предусматриваются подшовные цементобетонные плиты.

Поперечные швы в покрытии устраивают сквозными с помощью деревянных гребенок-опалубок, состоящих из двух нижних, двух средних и одной верхней досок. Нижние и средние доски гребенок-опалубок имеют прорези для размещения верх-

ней и нижней продольной арматурной проволоки. После разрезания струн в швах верхние и средние доски гребенок удаляют. Для облегчения извлечения перед установкой их обмазывают жидким битумом. Продольные швы между полосами бетонирования устраивают сквозными при помощи закладки приставных досок к рельс-формам.

Предварительно напряженные струнобетонные покрытия строят тем же комплектом бетоноукладочных машин, что и обыч-

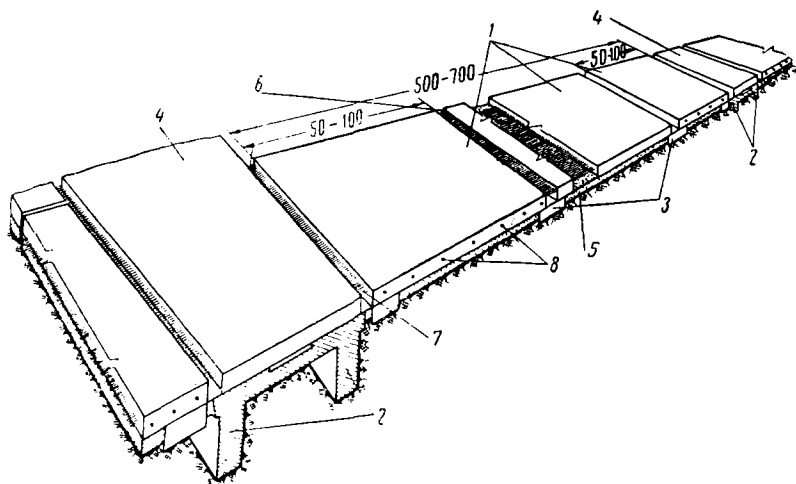


Рис. 106. Предварительно-напряженное (струнобетонное) покрытие:  
 1 — плиты покрытия; 2 — анкерные упоры; 3 — подшовные плиты; 4 — железобетонные плиты над анкерными упорами; 5 — песчаное или песчано-гравийное основание; 6 — швы покрытия; 7 — продольная напряженная проволоочная арматура; 8 — поперечная напряженная или ненапряженная арматура

ные цементобетонные покрытия, однако в технологию дополняют новые специфические процессы: устройство анкерных упоров и подшовных плит; подготовку и раскладку продольной проволоочной арматуры; натяжение продольной проволоочной арматуры; изготовление и закладку арматурных пучков или стержней для поперечного армирования; бетонирование покрытия и уход за свежееуложенным бетоном; натяжение поперечной пучковой арматуры или стержней; разрезание продольной проволоочной арматуры.

*Устройство анкерных упоров и подшовных плит.* Лучшей конструкцией анкерных устройств для закрепления проволоки при натяжении являются железобетонные плиты с двумя заглубленными шпорами (рис. 107), имеющие для начального упора (рис. 107, а) скосы торцов 1:10 для устойчивого положения и зацепления накладной рамы натяжной оснастки и для промежуточного упора (рис. 107, б) — пазы на поверхности в виде «ласточкина хвоста». На практике также проверены анкерные

устройства подобного типа, но с анкерными тягами, пропущенными в каналах плиты, а также закладываемых в грунт железобетонных блоков или плит с металлическими тягами, выходящими на поверхность к анкерной балке. Однако эти анкерные устройства оказались менее эффективными и более трудоемкими.

Ширина анкерных плит — 7 м, длина равна ширине ВПП или РД, а толщина и размеры шпор устанавливают расчетом, исходя из условия обеспечения устойчивости упора. Устройство анкерных упоров включает: рытье траншей многоковшовым экскаватором (или другой землеройной машиной), установку

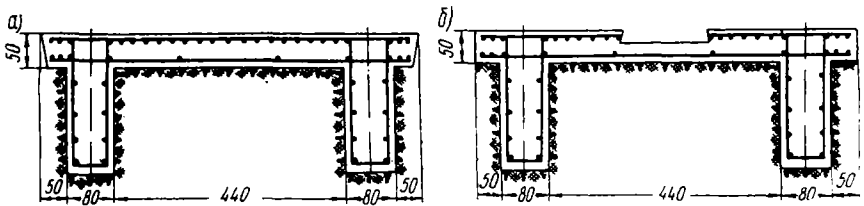


Рис. 107. Анкерные упоры со шпорами

опалубки, монтаж арматуры и бетонирование. Бетонная смесь должна подаваться в шпоры непосредственно из автомобилей-самосвалов по деревянному лотку и послойно уплотняться глубинными вибраторами. Бетонирование верха анкерного упора (плиты) выполняют машины Д-375 и Д-376. Для формирования выступов в промежуточных упорах, предназначенных для зацепления накладных рам, перед бетонированием плиты устанавливают наклонную опалубку.

Подшовные плиты возводят заранее в местах поперечных швов на всю ширину покрытия заподлицо с основанием. Подготовку корыта для плиты и бетонирование выполняют средствами малой механизации, так как пока не создана специальная машина для устройства таких плит. Поэтому возникает задача возведения их из сборных элементов, что вполне возможно.

В процессе бетонирования подшовных плит вдоль их продольной оси должны устраиваться два ряда сквозных отверстий через 1 м путем закладки деревянных пробок для крепления гребенок металлическими штырями. Кроме этого, в подшовных плитах необходимо предусматривать поперечные углубления для установки рельс-форм в случае, если толщина покрытия и высота рельс-форм не равны.

*Подготовка и раскладка продольной проволочной арматуры.* Перед тем как разложить и натянуть проволочную арматуру, требуется перемотать ее с заводских бухт на катушки струно-раскладочной машины при помощи специального оборудования, на которые надеваются бухты. Потребную длину проволоки

отмеряют при помощи счетчика. Одновременно с перемоткой проволоку очищают от ржавчины путем пропуска ее через виброочистку с сухим крупнозернистым песком. Для перемотки и очистки проволоки непосредственно на объекте строительства оборудуют механизированный полигон, на котором строят сарай-навес для хранения проволоки и устанавливают оборудование (рис. 108).

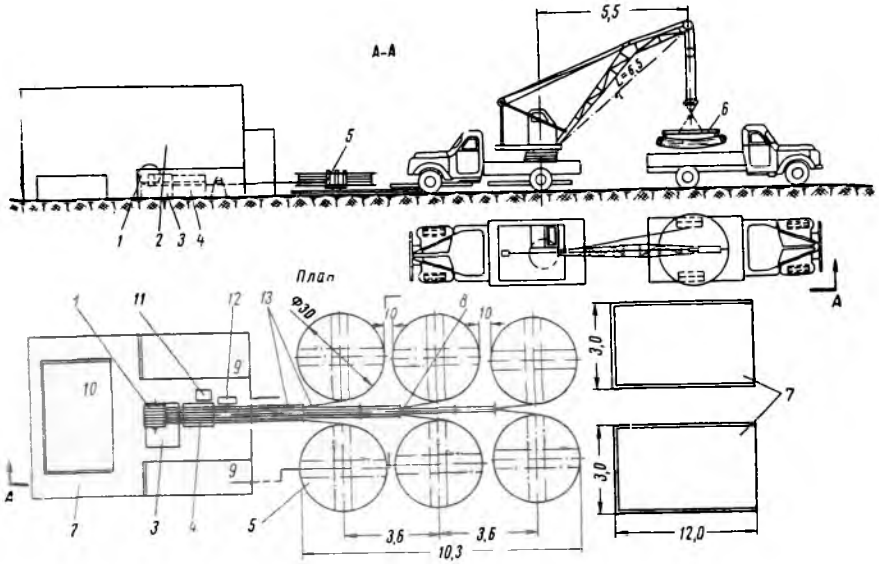


Рис. 108. Полигон для перемотки и очистки проволоки:

1 — катушка с наматываемой проволокой; 2 — навес; 3 — станок для перемотки проволоки; 4 — приспособление для виброочистки; 5 — бухтодержатели; 6 — грузозахватная траверса; 7 — бухты с проволокой; 8 — гребенки для направления проволоки; 9 — склад пустых катушек; 10 — склад готовых катушек; 11 — аппаратный шкаф; 12 — счетчик; 13 — проволока

В состав работ по перемотке проволоки входят: установка бухт проволоки на бухтодержатели, установка и закрепление обойм катушек на валу станка перемотки, протаскивание концов проволоки через виброочистку и трехроликовое тормозное приспособление от бухт к катушкам, закрепление концов проволок на обойме катушек, перемотка проволоки и обрубка с закреплением концов. Общая длина проволоки, наматываемой на каждую катушку, определяется длиной захватки с учетом дополнительной длины, необходимой для закрепления на катушках струнораскладочной машины (3 витка), и длины от катушки машины до крайнего направляющего барабана (153 см), от крайних гребенок-опалубок до анкерных балок и между крайними гребенками-опалубками на захватке, определяемые проектом.

Перед раскладкой продольной арматуры основание укрывают слоем пергамина и, если предусматривается поперечная ненапряженная арматура, ее укладывают заранее для того, чтобы поддерживать на необходимой высоте нижний слой продольной проволочной арматуры.

Продольную проволочную арматуру раскладывают с помощью самоходной струнораскладочной машины, которая передвигается по рельс-формам или краям готовых рядов бетонного покрытия, для чего имеются сменные ходовые колеса. Скорость передвижения машины — до 2,5 км/ч. Необходимое предварительное натяжение проволок достигается за счет постоянного торможения вращения катушек, оборудованных для этих целей фрикционными тормозами. Натяжение проволоки при раскладке необходимо для того, чтобы избежать ее закручивания в спирали, и зависит от диаметров проволоки, катушки и относительного удлинения от выпрямления.

Погрузка катушек с проволокой на автомобили и подвешивание их на кронштейны струнораскладочной машины производится автомобильным краном, снабженным специальной траверсой для одновременного подъема 3—6 катушек. Запасовка проволоки в направляющие барабаны выполняется так, чтобы проволока со всех катушек разматывалась снизу.

Раскладку арматурной проволоки начинают с начала захватки, где концы проволоки с помощью втулок с конусами закрепляют к анкерной балке, удерживаемой накладной рамой. При первом проходе машины раскладываются проволоки нижнего ряда, при втором (обратном) — верхнего ряда. За один проход может быть разложено до 60 проволок. Во время движения струнораскладочной машины в местах расположения поперечных швов на подшовных плитах устанавливают гребенки-опалубки.

*Натяжение продольной проволочной арматуры.* Продольная проволочная арматура натягивается натяжной гидравлической станцией, состоящей из насосной НСП-400 и гидродомкрата с тяговым усилием 80 Т. Натяжная станция способна одновременно натягивать до 36 струн. Натяжение удерживается с помощью инвентарной оснастки, которая состоит из накладных рам для зацепления за анкерные упоры, анкерных балок, анкерных стержней, цанговых зажимов, втулок и конусов.

Перед натяжением продольной проволочной арматуры необходимо проверить правильность раскладки арматуры в гребенках-опалубках и выполнение техники безопасности. Натяжение проволоки производится в пределах одной накладной рамы на полосу шириной 50 см путем выдвигания штока гидродомкрата, который в свою очередь вытягивает анкерный стержень, соединенный с анкерной балкой цанговым зажимом. Вытяжка проволоки зависит от длины захватки и производится ступенями с шагом 130 мм на длину, устанавливаемую расчетом. После



окончания натяжения анкерный стержень автоматически закрепляется цапговым зажимом, а гидродомкрат переставляется на анкерный стержень следующей накладной рамы.

Степень натяжения продольной проволочной арматуры контролируется по длине вытяжки и по показанию манометра насосной станции. Кроме этого, степень натяжения контролируют выборочно в отдельных струнах с помощью переносных проволочных динамометров типа ЦНИЛ-Д-1 (Союздорнии), ДП-2, ДП-3 (ЦНИИС Минтрансстроя), ДП-500 (НИИжелезобетон)

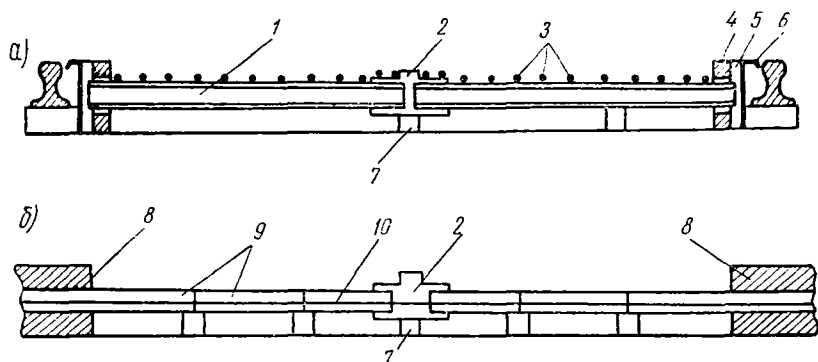


Рис. 109. Схема установки каналообразователей:

а — в первичных рядах; б — во вторичных рядах;

1 — каналообразователь; 2 — тройник; 3 — продольная проволочная арматура; 4 — доски приставной опалубки; 5 — деревянная бобышка; 6 — рельс-форма; 7 — цементобетонные подкладки; 8 — плита первичного ряда; 9 — жестяные трубки; 10 — трос

и др. Принцип работы проволочных динамометров основан на измерении величины прогиба от приложенной поперечной силы. Допустимая величина отклонения натяжного усилия от проектного не должна превышать  $\pm 5-10\%$ .

**Закладка арматурных пучков или стержней для поперечного напряжения.** Арматурные пучки изготовляют из гладкой высокопрочной проволоки, количество которой в пучке и ее диаметр определяют расчетом в проекте. Длина пучков принимается на 1,5—2,0 м больше ширины покрытия.

Арматурные пучки закладывают в предварительно устроенные каналы, которые применяются двух типов в зависимости от порядка бетонирования рядов (рис. 109). Если бетонирование ведется через ряд, то в первичных рядах можно устраивать каналообразователи, извлекаемые из бетона, а во вторичных рядах приходится оставлять их в бетоне. Когда применяется последовательное бетонирование по рядам от середины к краям или от края и до края, то достаточно применять один тип каналообразователей — извлекаемые из бетона.

В качестве каналообразователей, извлекаемых из бетона,

применяют стальные (газовые) трубы, смазываемые перед бетонированием жидким мылом (рис. 109, а), или резиновые шланги, внутри которых вставлены стальные трубы, предварительно смазанные солидолом. Эти каналобразователи устанавливают на подкладки и в отверстия приставкой опалубки. Для возможности последующего нагнетания цементного раствора в каналах одновременно с каналобразователями в середине устанавливают тройники.

В качестве каналобразователей, остающихся в бетоне во вторичных рядах бетонирования, применяют трубы длиной 120—125 см, изготавливаемые из кровельного железа (рис. 109, б). Стенки труб обмазывают пластилином или обматывают пергамином, изоляционной лентой для предотвращения проникновения цементного раствора при его нагнетании в каналы.

При закладке каналобразователей из жестяных труб одновременно пропускается трос, используемый в дальнейшем для ввода в канал арматурного пучка. При извлекаемых каналобразователях пучки вводят после извлечения их из бетона.

В случае применения стержневой (вместо пучковой) арматуры для создания натяжения после бетонирования закладку ее и бетонирование ведут так же, как с пучковой арматурой.

*Бетонирование покрытия* с ненапряженной поперечной арматурой или с последующим напряжением поперечных арматурных пучков начинается после натяжения продольной оброчной арматуры. Бетонирование выполняют с помощью обычного комплекта бетоноукладочных машин. При использовании бетоноукладчиков типа Д-181А верхний слой арматурной проволоки удерживается на проектной высоте подвижной гребенкой (с роликовыми подвесками), шарнирно прикрепленной к раме впереди по ходу движения бетоноукладочной машины.

Поперечные ненапряженные стержни 6 (рис. 110) укладывают в процессе бетонирования бетоноукладчиком Д-181А на проволоку в промежутке между роликовыми подвесками 1 и машиной 4. Их фиксируют в проектном положении при помощи переносных гребенок 3, которые снимают после прохождения машины для дальнейшего применения.

Расстояние между отдельными проволоками продольной арматуры нижнего слоя обеспечивается переносными деревянными рейками, имеющими стальные шпильки диаметром 5 мм, вбитыми по две штуки через такие промежутки, которые соответствуют проектному плановому положению проволок. Рейки устанавливают впереди бетоноукладочной машины на расстоянии 10—15 м и переставляют по ходу бетонирования.

При использовании бетоноукладочной машины типа Д-345 оба слоя арматурной проволоки удерживают стержнями, уложенными на бетонные подкладки (рис. 111). Основные поперечные стержни 1 в этом случае укладывают на продольную проволоку перед ходом бетоноукладочной машины и фиксируют

переносными гребенками 4, такими же, как при работе машины Д-181.

Уход за свежесуложенным бетоном предварительно напряженных покрытий имеет свои особенности, которые заключаются

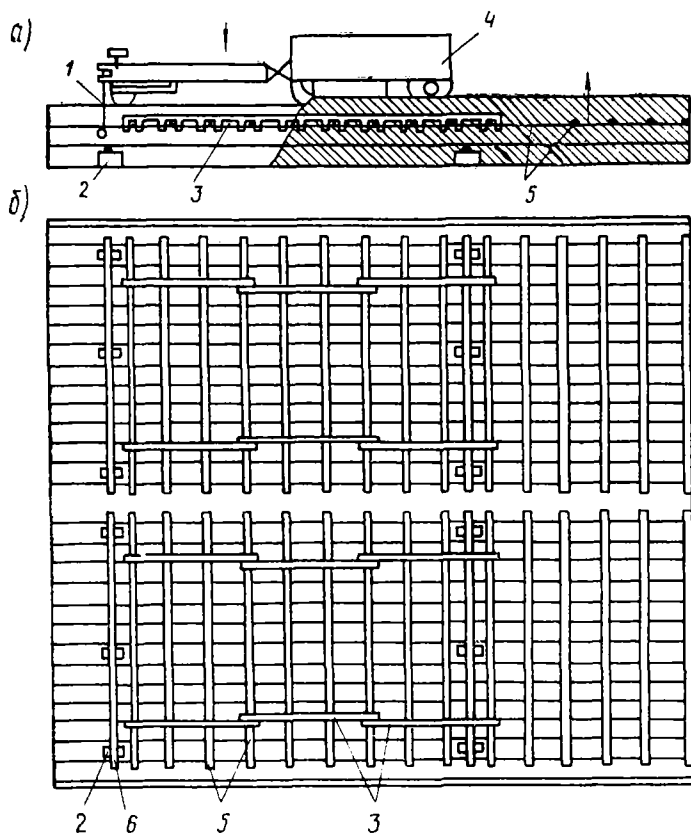


Рис. 110. Схема раскладки арматурных стержней и установки переносных гребенок при устройстве покрытия бетоноукладчиком типа Д-181А:

а — разрез по гребенке в продольном направлении бетонирования;  
 б — план раскладки поперечной ненапряженной арматуры и гребенок;

1 — роликовые подвески; 2 — цементобетонная прокладка; 3 — гребенки;  
 4 — бетоноукладочная машина; 5 — арматурные стержни на верхнем слое арматурных проволоч; 6 — ненапряженные арматурные стержни, уложенные на прокладки ряд стальных проволоч

в том, что требуется обеспечить наименьшие колебания температуры в покрытии. Поэтому в качестве защитного слоя применяют только слой влажного песка толщиной в два раза большей, чем для ненапряженного бетонного покрытия в аналогичных климатических условиях, Песчаный слой обязательно увлаж-

няют вплоть до момента разрезки продольной проволоки. Различные защитные пленки как не обеспечивающие предохранение бетона от значительных температурных колебаний применять не рекомендуется.

*Натяжение поперечной пучковой арматуры.* После того как цементобетон набрал прочность не менее 70% от проектной, производится натяжение поперечной пучковой арматуры и немедленное нагнетание цементного раствора в каналы через специальные патрубки. Натяжение арматурных пучков осуществляют

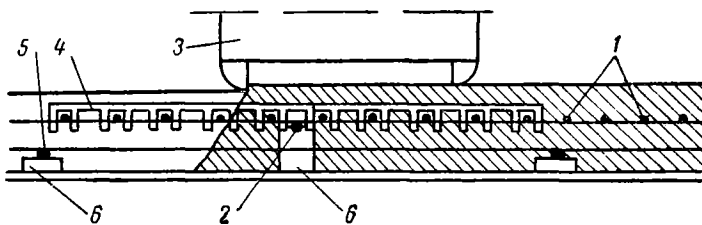


Рис. 111. Схема раскладки арматурных стержней и установка переносных гребенок при использовании бетоноукладочной машины типа Д-375:

1 — ненапряженные арматурные стержни на верхнем слое проволоки; 2 — арматурный стержень, поддерживающий верхний слой проволоки; 3 — бетоноукладочная машина; 4 — гребенка; 5 — арматурный стержень, поддерживающий нижний слой проволоки; 6 — цементобетонные подкладки

ся с помощью гидравлических домкратов двойного действия.

Для закрепления пучковой арматуры цементный раствор нагнетают в каналы механическим или ручным растворомасосом с рабочим давлением 5—6 атм. Для этих целей применяют раствор состава 1:0,4 (портландцемент марки не ниже 400 и вода), который должен быть использован не позже 30—40 мин после приготовления. Как только инъецированный раствор затвердеет, места расположения патрубков затирают тем же цементным раствором.

*Разрезка продольной проволочной арматуры.* После набора прочности цементобетона не менее 90% от проектной продольную проволочную арматуру в поперечных швах разрезают с помощью автогена или специальной электродисковой пилы. Гребенки-опалубки при этом удаляют и швы заполняют мастикой, состав которой предусмотрен проектом.

#### § 104. Усиление прочности эксплуатирующихся цементобетонных покрытий

В связи с ростом нагрузок и увеличением интенсивности взлетно-посадочных операций часто возникает необходимость в реконструкции аэропортов и в том числе усиление прочности цементобетонных покрытий.

Усиление существующих цементобетонных покрытий может быть выполнено путем укладки нового слоя материала установленной расчетом толщины одним из следующих способов:

укладкой нового (верхнего) слоя цементобетона на существующее (усиливаемое) покрытие по разделительной или без разделительной прослойки;

укладкой нового (верхнего) двух-, трехслойного асфальтобетона, черного щебня и пр. с обеспечением прочной связи с усиливаемым покрытием.

Выбор способа усиления зависит от состояния усиливаемого покрытия.

В зависимости от состояния и степени разрушения покрытия разделяют на три категории:

к *первой* относят покрытия, не имеющие видимых разрушений (отколов кромок плит, уступов и сдвигов в стыках) и не потерявшие целостности плит. На таких покрытиях может быть незначительное поверхностное шелушение и небольшое число (1—3) сквозных трещин на плитах, количество которых составляет не более 20%;

ко *второй* — покрытия, количество плит которых с незначительным числом сквозных трещин составляет более 20%, из них 10% имеют большое число трещин, расчленяющих плиты на отдельные части;

к *третьей* — покрытия, имеющие значительные разрушения с числом трещин, превышающим указанное количество для второй категории.

Для усиления покрытий, которые по своему состоянию относятся к первой и второй категориям, обычно применяют способы наращивания цементобетоном по разделительной прослойке или сращивания (без разделительной прослойки), а покрытия, относящиеся к третьей категории, усиливают асфальтобетоном.

Наиболее экономичный способ усиления покрытия (по расходу материалов и рабочей силы) — наращивание без разделительной прослойки с обеспечением прочного сцепления (сращивания) верхнего и нижнего слоев покрытия, но в этом случае необходимо совмещать швы, что практически трудно осуществить. Поэтому основным способом при усилении материалами, сопротивляющимися изгибу, является укладка слоя усиления по выравнивающей и разделительной прослойке. Этот способ несколько увеличивает расход материалов, но обеспечивает более быстрый темп работ и позволяет применить средства механизации.

Технология усиления покрытия цементобетоном, железобетоном или предварительно напряженными сборными плитами состоит из:

подготовительных работ;  
устройства выравнивающего слоя и разделительной прослойки;

транспортирования на место укладки слоя усиления: цементобетона, арматурных сеток или каркасов при усилении железобетоном, сборных плит;

укладки цементобетонной смеси, уплотнения, ухода или укладки сборных плит и заливки швов.

Подготовительные работы заключаются в тщательном осмотре и выявлении всех дефектов усиливаемого покрытия и в их устранении. Основными дефектами могут быть: пустоты под плитами и просадки на отдельных участках покрытия; разрушения кромок плит, нарушение целостности заполнения швов и засоренность швов грунтом, а также наличие в них травяной растительности; загрязненность поверхности покрытия остатками нефтепродуктов (керосина, бензина, масла), красками и засоренность пылью и отслоившимися частицами цементобетона; неисправности дренажно-водосточной сети покрытия.

Наличие пустот под плитами — серьезный дефект, от которого зависит безопасность эксплуатации самолетов. Поэтому обнаружение и устранение пустот, особенно вблизи колодцев и узлов дренажно-водосточной сети, имеет первостепенное значение. Пустоты обнаруживают простукиванием плит тяжелыми предметами, испытанием тяжелыми нагрузками и по внешним признакам (перекос плит и пр.).

Плиты, под которыми обнаружены просадки, а также разрушенные полностью или частично поврежденные удаляют (разбирают), основание в этих местах уплотняют и производят подсыпку, а затем укладывают бетонную смесь или сборные плиты. При сохранении достаточной прочности плит, под которыми имеется пустота, и при наличии соответствующих механизмов устранить пустотность под плитами можно нагнетанием песчаного раствора под покрытие.

Исправление дефектов в швах состоит в том, что их очищают от грунта, растительности, мусора, а также отдельных частиц цементобетона и затем восстанавливают заполнитель, в качестве которого используют материал, применяемый для швов в слое усиления. Загрязненные места на покрытии тщательно очищают скребками или скалывают на определенную глубину пневмоинструментом, после чего промывают струей воды под напором. В местах значительных поверхностных разрушений существующего покрытия (сильного шелушения, выбоин, раковин и пр.) устраивают сплошной выравнивающий слой из цементобетона или цементного раствора с обеспечением сплошного и прочного сращивания.

Транспортирование материалов усиления и укладку цементобетонной смеси или строительство железобетонного слоя усиления, а также укладку сборных предварительно напряженных плит выполняют по обычной технологии.

Усиление цементобетонных покрытий асфальтобетоном — эффективное средство увеличения несущей способности и улуч-

шения эксплуатационных показателей существующего покрытия лишь при условии качественного выполнения производства работ.

Технология работ по устройству слоя усиления асфальтобетоном состоит из операций: подготовительных; приготовления асфальтобетонной смеси; транспортирования и укладки асфальтобетонной смеси; уплотнения (укатки).

Подготовительные работы выполняются те же, что и в случае усиления цементбетоном. При значительном количестве выбоин и выкрашивания укладывают выравнивающий коврик из асфальтобетона по всей площади разрушения.

Для обеспечения сцепления между существующим покрытием, а также между слоями асфальтобетона поверхность обрабатывают горячим битумом или битумной эмульсией. Расход битума принимают 0,6—0,8, битумной эмульсии — 0,8 кг/м<sup>2</sup>. При этом не допускается образование на покрытии сплошной тонкой пленки. За рубежом для увеличения сцепления поверхность смазывают клеящими составами (эпоксидными смолами и пр.).

Приготовление, транспортирование, укладку и уплотнение асфальтобетонной смеси при усилении покрытий выполняют по технологии устройства асфальтобетонных покрытий.

## **§ 105. Организация работ при строительстве цементобетонных покрытий**

Организация работ при строительстве цементобетонных и предварительно напряженных аэродромных покрытий в летний и зимний периоды зависит от очередности строительства отдельных участков покрытий и схемы бетонирования. Весь порядок работ и состав комплексной бригады с указанием необходимого количества машин, механизмов, оборудования и приспособлений устанавливается технологической картой.

При механизированной укладке цементобетона могут применяться две основные схемы бетонирования: продольная и продольно-участковая без маячных и с маячными рядами.

Бетонирование без маячных рядов (рис. 112, а) осуществляется путем укладки цементобетона параллельными полосами, вплотную примыкающими одна к другой, начиная от одной обочины к другой или от середины к обочинам. В этом случае длина полос укладки цементобетонной смеси (длина захватки) определяется, исходя из того, чтобы к моменту бетонирования соседней полосы ранее уложенный цементобетон имел прочность, допускающую проезд автотранспорта и бетоноукладочной машины. Время, по истечении которого разрешается их движение, приведено в табл. 55.

При бетонировании с маячными рядами (рис. 112, б), которые являются направляющими и фиксируют отметки покрытий,

цементобетон укладывают полосами через один или несколько рядов. Количество маячных рядов назначается в зависимости от длины бетонируемого участка, темпа работ и сроков выдерживания цементобетона для проезда автотранспорта и бетоноук-

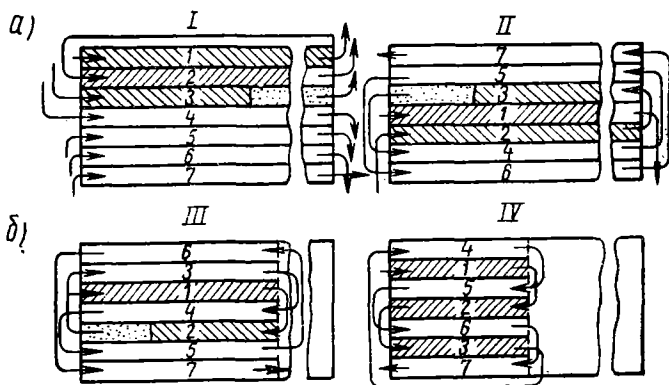


Рис. 112. Схемы устройства полос аэродромных покрытий: I — бетонирование от обочины без маячных рядов; II — бетонирование от середины без маячных рядов; III — бетонирование с двумя маячными рядами; IV — бетонирование с тремя маячными рядами;

1, 2, 3, 4 и т. д. — последовательность бетонирования рядов

Таблица 55

Температура (положительная), °C	Марки цементобетона при изгибе, кг/см <sup>2</sup>				
	35	40	45	50	55
Продолжительность выдерживания цементобетона, сутки					
5	11	7	6	5	4
	10	6	5	5	3
10	10	6	5	5	4
	7	5	5	4	3
15	7	5	4	4	3
	5	4	3	3	2
20	6	4	3	3	3
	4	3	2	2	2
25	5	3	3	3	3
	3	2	2	2	2
30	4	3	3	3	3
	3	2	2	2	2

Примечание. В числителе дана длительность выдерживания в сутках для бетоноукладочных машин, в знаменателе — для автотранспорта.



ладочной машины. При укладке цементобетонной смеси в маячные ряды ее подвозят по основанию.

При выборе той или иной схемы бетонирования необходимо стремиться к минимальному количеству перестановок бетоноукладочных машин и смен колес, а также возможно меньшей езде автотранспорта по грунтовому основанию.

В зависимости от организации работ по бетонированию рядов могут применяться три типа колес в различном их сочетании (рис. 113). При бетонировании маячных рядов или первого ряда при бетонировании без маячных рядов (от середины к краю или от края и до края) машина перемещается по двум рельс-формам и в этом случае оба колеса должны быть одноресорбными

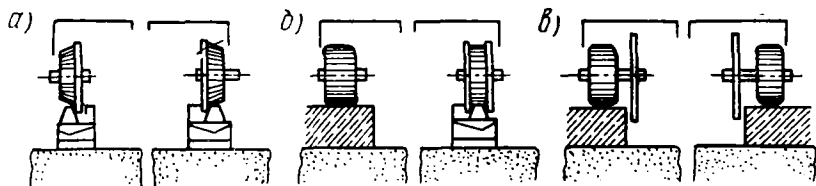


Рис. 113. Возможные сочетания колес бетоноукладочных машин

ми (рис. 113, а). При последовательном бетонировании (без маячных рядов) бетоноукладочная машина должна перемещаться одной стороной по рельс-форме, а другой по ранее уложенному бетону. Тогда требуется иметь по два колеса одноресорбных и по два безресорбных на каждую машину для обеспечения прохода справа или слева от готового ряда бетонирования (рис. 113, б). При бетонировании через ряд (закрывающих рядов) бетоноукладчику приходится перемещаться обеими сторонами по ранее уложенному бетону соседних рядов. В этом случае оба колеса должны быть безресорбными, но иметь ограничительные диски (рис. 113, в).

Наиболее рациональная схема бетонирования — продольная, с одним маячным рядом и укладкой цементобетона рядами от середины ВПП к краям. В этом случае требуется наименьшее количество перестановок комплекта бетоноукладочных машин с одного ряда на другой и смен колес, минимальное количество рельс-форм после укладки маячного ряда, так как бетоноукладочная машина перемещается с одной стороны по уплотненному цементобетону и автотранспорт подвозит цементобетонную смесь по готовому ряду покрытия.

Однако для применения продольной схемы бетонирования требуется подготовка основания на всю длину ВПП. Эту схему не удастся осуществить при сложном рельефе, когда имеются большие объемы сосредоточенных земляных работ по отсыпке насыпей или разработке выемок. В таком случае целесообразна продольно-участковая схема бетонирования, которая также вы-

полняется с маячными или без маячных рядов, но на значительно меньшем по длине участке (рис. 114). Однако длина участка бетонирования (захватка) должна быть такой, при которой обеспечивалась бы требуемая прочность цементобетона для прохода бетоноукладочной машины и проезда авиатранспорта. Это условие определяет минимально допустимую длину захватки, которая может определяться по формуле

$$D = \frac{TC}{2bn}, \quad (77)$$

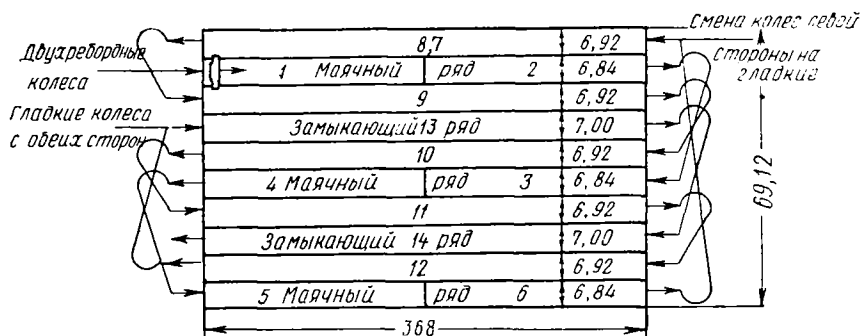


Рис. 114. Продольно-участковая схема бетонирования на захватке покрытия длиной 368 и шириной 80 м

где  $T$  — производительность бетоноукладочной машины,  $m^2/сутки$ ;

$C$  — продолжительность набора прочности цементобетона, по истечении которого разрешается проход бетоноукладочной машины, сутки (см. табл. 55);

$b$  — ширина одного ряда бетонирования (3,5—7 м);

$n$  — количество принятых маячных рядов с двухсторонним бетонированием.

Следует иметь в виду, что маячные ряды должны быть готовы к началу полного разворота бетонирования, что позволит сразу укладывать цементобетон в ряды плит с обеих сторон маячного ряда и этим самым сократить длину захватки до размеров, определяемых формулой (77). В случае, если маячные ряды закладывают в начале бетонирования, то потребуется перерыв в бетонировании на 2—3 дня для того, чтобы цементобетон маячных рядов набрал необходимую прочность и позволил бетонировать соседние ряды.

## § 106. Контроль качества

Постоянный технический контроль, выполняемый построечной лабораторией, инспекторами технического надзора и бригадами

(на основе взаимоконтроля) должен касаться всех работ с ведением специального журнала и составлением актов на скрытые работы.

Перед укладкой цементобетонной смеси в покрытие проверяют: качество подготовки основания (соответствие проектным отметкам, ровность, плотность, влажность); правильность положения рельс-форм, опалубки, арматурных каркасов; качество обмазки граней деревянной или металлической (рельс-формы) опалубки, а также боковых граней, уложенных цементобетонных плит, выполняющих роль опалубки; правильность положения элементов стыковых соединений и прокладок в швах.

При строительстве предварительно напряженных покрытий перед укладкой смеси проверяют натяжение проволочной и пучковой арматуры с дополнительной выборочной проверкой отдельных проволок. Отклонение фактической величины натяжения отдельных проволок и пучков от проектной допускается в пределах  $\pm 5-10\%$ .

Укладываемую цементобетонную смесь, которая должна иметь однородную структуру, равномерное распределение заполнителей и соответствовать заданной удобоукладываемости и подвижности, контролируют не менее двух раз в смену, а также при каждом изменении состава смеси. Для этого контроля пробы отбирают и испытывают на цементобетонном заводе при выгрузке из бетономешалок и на месте укладки.

Качество уплотнения цементобетонной смеси можно контролировать путем определения объемного веса. Для этого отбирают пробы с помощью металлических цилиндрических форм (диаметром 300 и высотой 150 мм), устанавливаемых на уложенный вручную слой смеси толщиной 45 см до прохода бетоноукладочной машины. После распределения смеси в покрытии и окончательного уплотнения формы извлекают, очищают от прилипших частиц и сверху срезают излишек смеси. Далее формы со смесью взвешивают и устанавливают фактически достигнутый объемный вес цементобетонной смеси  $\gamma_{\text{ф}}$ , который сравнивают с расчетным  $\gamma_{\text{р}}$ , определяемым по формуле

$$\gamma_{\text{р}} = \frac{Ц + П + Щ + В}{\frac{Ц}{\gamma_{\text{у.ц}}} + \frac{П}{\gamma_{\text{у.п}}} + \frac{Щ}{\gamma_{\text{у.ш}}} + В}, \quad (78)$$

где  $Ц, П, Щ, В$  — весовые соотношения цемента, песка, щебня и воды в единице объема цементобетонной смеси;

$\gamma_{\text{у.ц}}, \gamma_{\text{у.п}}, \gamma_{\text{у.ш}}$  — удельные веса цемента, песка, щебня.

Отношение  $\gamma_{\text{р}} : \gamma_{\text{ф}}$  выражает коэффициент уплотнения, и если его величина равна или больше 0,98, то уплотнение цементобетонной смеси считается достаточным.

Прочность цементобетона контролируют путем испытания образцов на сжатие и изгиб. Образцы для испытания на сжатие изготавливают в форме кубов размерами не менее:

100×100×100	мм — при наибольшей крупности заполнителя
	до 30 мм
150×150×150	40
200×200×200	60

Для испытания на изгиб образцы изготавливают в виде балочек сечением 150×150 и длиной 550 мм.

Цементобетонную смесь уплотняют в образцах теми же способами, которые применяют при укладке смеси в покрытие. Хранение образцов и их испытание на прочность выполняется в лаборатории по определенной методике.

Прочность цементобетона в 28-дневном возрасте должна соответствовать проектной. Допускается отклонение прочности не более 10% образцов в меньшую сторону при испытаниях: на изгиб — не более 5% и на сжатие — не более 10% от проектной прочности.

Прочность цементобетона можно также определять по образцам — вырезанным из покрытий кубам и балочкам или высверленным цилиндрам (кернам). Одновременно по этим образцам проверяют толщину покрытия. В процессе строительства по замерам толщины у краев плит также устанавливают фактическую толщину покрытия. Отклонение по толщине допускается не более 5% от требуемой.

Возвышение кромок граней относительно друг друга допускается не более чем на 5 мм в продольных и не более 3 мм в поперечных швах. Отклонения отметок покрытия от проектных могут быть в пределах ±5 мм. Величина зазора между поверхностью и прикладываемой 5-метровой рейкой допускается не более 5 мм.

В последнее время для определения прочности и однородности цементобетона, а также толщины покрытия стали применять электронную аппаратуру, обеспечивающую контроль качества цементобетонных покрытий без разрушения. Метод контроля с помощью такой аппаратуры более эффективен и не требует дополнительного расхода цементобетонной смеси на изготовление образцов или затрат на высверливание и вырезание балочек из покрытия. При этом контроле измеряют косвенные показатели, характеризующие упругие, неупругие и инерционные свойства цементобетона. Такие показатели, как скорость распространения продольных и поверхностных упругих волн, коэффициенты потерь, а также интенсивности рассеянного гамма-излучения, позволяют определять фактические величины прочности и модули упругости с точностью не менее 10% без разрушения покрытия или предварительных тарировочных испытаний контрольных образцов. Эти показатели измеряют ультразвуковым (импульсным)

или звуковым (ударным) методом с помощью выпускаемых в СССР электронно-акустических приборов «Импульс», УЗИП-2, МК-1 и пр.

Толщину цементобетонных плит, как доказано А. П. Виноградовым, можно измерять акустическим методом, основанным на определении времени распространения зондирующего сигнала при отражении его от нижней поверхности плиты и разделении прямых и отраженных сигналов. По значениям времени распространения отраженного сигнала, скорости продольных волн и расстоянию между акустическими излучателями и приемниками можно вычислить фактическую толщину плит с точностью  $\pm 5\%$ . Эти измерения выполняются теми же электронно-акустическими приборами, которые применяются для определения прочностных характеристик цементобетона.

## Глава XVI

### СТРОИТЕЛЬСТВО СБОРНЫХ, СБОРНО-РАЗБОРНЫХ ПОКРЫТИЙ И ЛЕДОВЫХ АЭРОДРОМОВ

#### § 107. Строительство сборных покрытий из предварительно напряженных плит

Применение сборных элементов аэродромных покрытий, изготовленных на современных хорошо механизированных предприятиях, позволяет на месте строительства производить только сборку (укладку) отдельных готовых плит (элементов) с малыми затратами труда, а также исключает необходимость организации на строительном объекте ряда подсобных предприятий. Строительство покрытий по существу выполняется индустриальным методом, повышается производительность труда и качество работ, в ряде случаев снижается себестоимость и представляется возможность при готовом основании вести строительство круглый год.

Сборные и сборно-разборные покрытия можно собирать из цементобетонных или предварительно напряженных плит и из металлических листов. Технология строительства каждого типа сборных и сборно-разборных покрытий имеет свои особенности.

Сборные покрытия из цементобетонных или предварительно напряженных плит наиболее целесообразно применять в тех случаях, когда строительство покрытия необходимо осуществить в сжатые сроки, при отрицательных температурах, при восстановлении, усилении и реконструкции покрытия.

В настоящее время еще окончательно не разработана наиболее экономичная конструкция сборной цементобетонной и предварительно напряженной плиты. Основной недостаток всех предложенных и примененных на практике конструкций сборных по-

крытий — большой их вес и значительный расход арматуры (от 5 до 25 кг/м<sup>2</sup>).

Наиболее приемлемыми по экономическим показателям, а также по трещиностойкости и долговечности являются сборные предварительно напряженные плиты, которые позволяют получать покрытия более легкого веса с меньшим расходом арматуры.

Конструкции сборных предварительно напряженных плит для аэродромных покрытий созданы с учетом технологических возможностей заводов сборного железобетона, определяемые, главным образом, методом создания предварительно натяжения арматуры и применяемым для этих целей оборудованием. Размеры плит принимают максимально возможными. Технические показатели сборных аэродромных плит приведены в табл. 56.

Таблица 56

Тип плиты	Арматура	Размер плит в плане, м	Толщина, см	Вес, т	Расход арматуры, кг		
					напряженной	обычной	общий
П-III	Продольная предварительно напряженная из стали 30ХГ2С диаметром 14 мм. Поперечная обычная ненапряженная	2,0×4,0	14	2,8	49,5	45,8	95,3
					6,20	5,65	11,85
П-IV	Продольная предварительно напряженная из высокопрочной проволоки диаметром 3 мм. Поперечная обычная ненапряженная	2,0×4,0	14	2,8	22,9	45,3	68,2
					2,85	5,65	8,50
П-IX	Двухслойная предварительно напряженная в двух направлениях из высокопрочной проволоки	3,2×6,0	14	6,7	95,0	4,0	99,0
П-XIV	Как в плите П — III	2,0×6,0	14	4,2	4,95	0,40	5,35
					65,3	61,9	127,2
П-XV	П — IV	2,0×6,0	14	4,2	5,45	5,15	10,60
					29,3	61,9	91,2
П-XV-I	П — IV	1,95×5,86	14	4,0	2,45	5,15	7,60
					34,8	61,7	96,5
					3,05	5,40	8,45

Лучшие технические показатели имеет плита П-IX (рис. 115), которая предварительно напряжена в двух направлениях в ниж-

Примечание. В числителе указан расход арматуры на плиту, в знаменателе — на 1 м<sup>2</sup> плиты.

ней и верхней зоне (двухслойное напряжение). Расход арматуры при этом наименьший ( $5,35 \text{ кг/м}^2$ ), размеры плиты — наибольшие ( $3,2 \times 6,0 \text{ м}$ ). Сравнительно большие размеры ее обеспечивают достаточную устойчивость при проходе подвижной нагрузки, что позволяет не применять стыковых соединений. Это значительно облегчает процесс укладки плит в покрытие. Прочность угловых и краевых участков плиты усилена за счет повышенного армирования.

Другие типы плиты ввиду меньших их размеров, требуют соединения в стыках, которое осуществляется с помощью стальных скоб, закладываемых при изготовлении плит (рис. 116) и свариваемых между собой в процессе монтажа покрытия. Скобы делают из круглой арматуры диаметром не менее  $20 \text{ мм}$ . С целью обеспечения температурных деформаций в покрытии через  $18—20 \text{ м}$  предусматривают швы расширения, в которых стыковые скобы не сваривают.

Существующие типы аэродромных сборных плит имеют толщину только  $14 \text{ см}$ . Следовательно, в ряде случаев может оказаться, что несущая способность покрытия не будет обеспечена плитой такой толщины и потребуется устройство искусственного основания, которое может быть сделано из любого материала, в том числе из цементобетона. Полученные таким образом двухслойные покрытия с верхним слоем из предварительно напряженных сборных плит оказываются весьма эффективными.

Таким образом, сборные плиты можно укладывать непосредственно на грунт или искусственное основание (песчаное, песчано-гравийное, цементогрунтовое, а также щебеночное, грунтощебеночное или грунтогравийное), обработанное органическими вяжущими. При искусственных основаниях (кроме песчаного) необходимо укладывать выравнивающий слой из сухой пескоцементной смеси толщиной  $4—6 \text{ см}$  для обеспечения контактирования плит с основанием. Если сборные плиты укладывают непосредственно на грунт или песчано-гравийную смесь, то выравнивающий слой может быть сделан из песка слоем не менее  $5 \text{ см}$ . Работы по устройству выравнивающего слоя должны производиться тщательно, обеспечивая ровность и однородную плотность. Колебания плотности основания в пределах опирания одной плиты не должны превышать  $0,02 \text{ г/см}^3$ .

При строительстве сборных покрытий из предварительно напряженных плит зимой необходимо иметь готовое основание, которое должно быть подготовлено летом. Зимой плиты укладывают по песчано-гравийной или песчаной выравнивающей подсыпке. В этом случае до наступления отрицательных температур песок должен быть подготовлен и уложен в конусы для предотвращения его смерзания в комья или получен из заглубленных песчано-гравийных карьеров.

Не рекомендуется зимой сваривать стыковые скобы, так как к концу оттаивания грунтов под воздействием нагрузки плиты

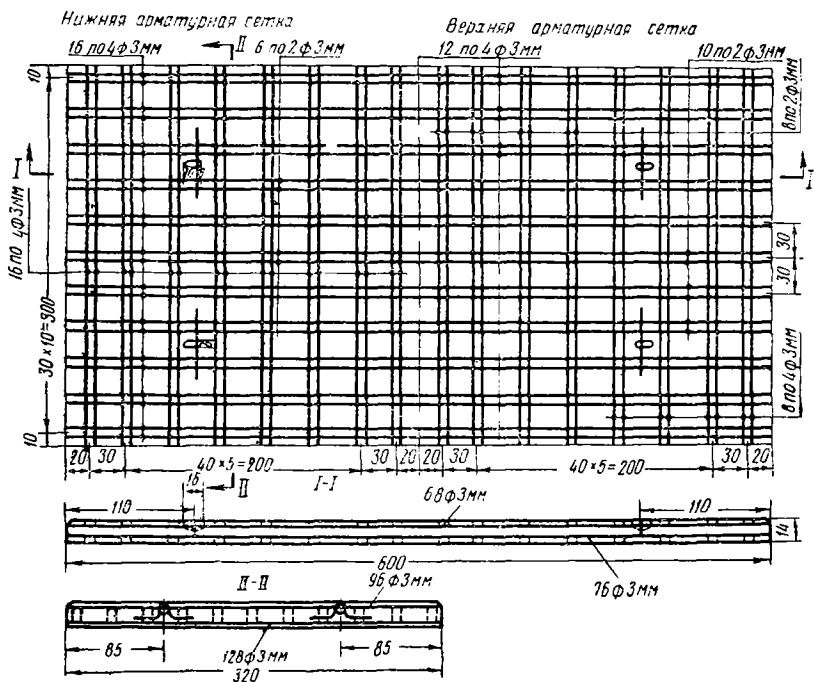


Рис. 115. Конструкция сборной предварительно напряженной плиты П-IX

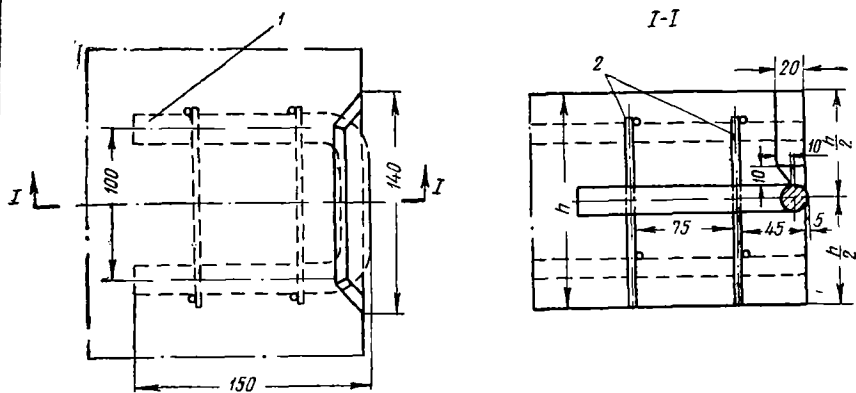


Рис. 116. Конструкция стыкового соединения плит сборных покрытий:  
 1 — стыковая скоба  $\varnothing 20$  мм,  $l=400$  мм; 2 — манжетные стержни  $\varnothing 5$  мм,  $l=120$  мм



могут дать недопустимые осадки; следовательно, их выравнивание, в случае уже выполненной сварки в стыках, будет затруднено. Поэтому лучше выполнять стыкование осенью, когда все обнаруженные просадки могут быть ликвидированы.

Технология строительства сборных покрытий из предварительно напряженных плит состоит из следующих операций: подготовки основания или выравнивающего слоя; транспортирования и складирования сборных плит; укладки плит в покрытие и их вибропосадки; заделки стыков и заливки швов.

Перед началом выполнения этих операций необходимо провести подготовительные работы по разбивке покрытия, выбору путей подвоза и проверке кранового и прочего оборудования.

*Подготовка основания или выравнивающего слоя.* Подготовку основания выполняют в следующем порядке: отсыпают песок автомобилями-самосвалами и предварительно разравнивают песчаный слой бульдозерами или автогрейдерами; устанавливают рельс-формы с помощью автомобильных кранов таким образом, чтобы отметки головок рельсов соответствовали проектным отметкам поверхности покрытия; уплотняют и отделывают поверхность песчаного слоя профилировочной машиной Д-345 с одновременным увлажнением.

При устройстве выравнивающего слоя из песка с цементом эти материалы смешивают на месте с применением навесного на автогрейдере смесителя. Песок, предназначенный для выравнивающего слоя, укладывают непрерывной призмой шириной около 3 м. Для этого производится последовательная (вплотную) разгрузка автомобилей-самосвалов, подвозящих песок, и последующее разравнивание песка бульдозерами и автогрейдерами. Сверху полученного таким образом песчаного слоя вносится цемент в количестве 250 кг на 1 м<sup>3</sup> смеси с помощью специального распределителя — дозировщика цемента. Смешивают песок с цементом за 4—5 проходов навесного смесителя вдоль перемешиваемой песчаной призмы или фрезой типа Д-272 за 2—4 прохода по одному следу, после чего достигается необходимая однородность перемешивания.

Влажность песка при смешении его с цементом должна быть не более 5—6%.

Уплотняют песчано-цементный слой без увлажнения. Работы по устройству выравнивающего песчаноцементного слоя и укладке плит необходимо организовать таким образом, чтобы разрыв во времени между смешением песка с цементом и укладкой плит был не более 4—5 ч, иначе при высокой влажности воздуха возможно повышение влажности песчаноцементной смеси, что может вызвать преждевременное схватывание цемента.

В процессе устройства песчаного выравнивающего слоя необходимо не допускать образования валика песка у граней ранее уложенных плит смежного ряда, наличие которого будет мешать укладке плит.

Средства механизации при устройстве песчаного выравнивающего слоя применяют следующие:

Профилировщик Д-345 (с комплектом рельс-форм в количестве 600 м)	1
Водополивщик КГМ-1 или КГМ-2	1
Автомобильный кран К-32 для укладки рельс-форм	1
Бульдозер Д-271 для разравнивания песка	1
Автогрейдер Д-144 или Д-265 для планировки песка	1
Автомобиль ЗИЛ-150 для подвозки песка	1
Вибратор И-117	2
Трансформатор 220/36 в — 1,5 кв	1
Электростанция ПЭС-15 (или другой источник электроэнергии)	1

*Транспортирование и складирование сборных плит на месте строительства покрытий.* Лучше всего транспортировать плиты от железнодорожных платформ или с завода-изготовителя непосредственно к месту укладки их в покрытие, т. е. монтаж покрытия производить с «колес», что сократит расходы на излишние разгрузочно-погрузочные работы и организацию приобъектного склада. Однако не всегда можно обойтись без приобъектного склада для временного хранения плит. Это зависит от дальности расположения завода-изготовителя, времени изготовления плит на заводе и наличия на нем складских участков.

Для транспортирования сборных плит можно использовать любые подходящие по грузоподъемности и габаритам транспортные средства. Как правило, автомобиль перевозит одну плиту, укладываемую в кузов опорной частью (поверхностью) на две деревянные подкладки толщиной 10—12 см. В случае, если автомобиль по грузоподъемности допускает перевозку двух и более плит, то между ними должны укладываться прокладки толщиной 3—4 см на расстоянии 1 м друг от друга. Можно также применять плитовозы, в которые плиты устанавливают на ребро.

Основными механизмами для погрузочно-разгрузочных работ, а также укладки плит в покрытие являются самоходные подъемные краны. Опыт работы кранов показал, что с точки зрения гарантированной их устойчивости при быстрых поворотах и изменениях положения стрелы с грузом лучше использовать краны грузоподъемностью в 2—3 раза больше веса плиты. Например, для разгрузки плит ПАГ-XIV с железнодорожного состава и перегрузки их на автотранспортные средства можно применять краны типа К-102, К-104, К-123, К-124 грузоподъемностью 10—12 т. Для плит более 7 т (типа ПАГ-IX) рекомендуется применять краны К-252, К-255 грузоподъемностью 25 т. Можно применять и другие типы кранов, обладающих необходимой грузоподъемностью и имеющих требуемый вылет стрелы (К-151, МАК-10, АК-75 и др.). Производительность кранов типа К-102 только на разгрузке составляет примерно 90—100 плит/смену.

На приобъектном складе плиты складывают штабелями, которые располагают в один или несколько рядов на тщательно спланированной площадке. В каждый штабель укладывают 5—6 плит, которые разделяют деревянными прокладками толщиной 4—5 см, укладываемыми на расстоянии 1 м от конца плиты (короткой стороны плиты). Под нижние плиты укладывают подкладки толщиной 10—12 см через 1 м по длинной стороне плиты. Для возможности прохода между штабелями с целью прогрунтовки боковых граней разжиженным битумом расстояние между ними оставляют 0,8—1,0 м. Прогрунтовка боковых граней непосредственно перед укладкой, как это иногда бывает при подвозе плит к месту укладки в покрытие, практически сдерживает темп работ. В этом случае прогрунтовку лучше выполнять на заводе или даже на железнодорожных платформах в процессе их загрузки и перевозки с помощью пистолета-распылителя типа 0-19.

Размещение штабелей в плане должно быть таким, чтобы обеспечивались проезд автомобилей и стоянки кранов при минимальных их перестановках с предельным числом крановых операций. При предварительном определении площади склада можно считать, что на 1000 шт. плит типа ПАГ-ХІV требуется 2000 м<sup>2</sup> площади.

*Укладка плит в покрытие и их вибропосадка.* Наиболее сложная и трудоемкая технологическая операция — укладка плит на одном уровне с обеспечением равномерного и плотного их опирания по всей площади. От непрерывности и сплошности контакта плиты с основанием зависит ее несущая способность и устойчивость. Поэтому для лучшего контакта сборных плит с основанием было разработано и предложено несколько способов укладки плит: способ попыток, вибропосадка, поддув и инъектирование. Первые два способа получили наибольшее распространение, из которых вибропосадка как лучший способ укладки плит является основным.

Укладку сборных плит в покрытие способом попыток выполняют кранами. Сущность этого способа заключается в том, что на подготовленное песчаное основание или выравнивающий слой плиту опускают краном, а затем поднимают для того, чтобы можно было визуально осмотреть основание и произвести необходимые срезки или подсыпки в отдельных местах контакта плиты с основанием. Практически требуется 3—5 таких попыток и после каждой из них ровность основания улучшается до достижения плотного прилегания плиты всей ее нижней поверхностью. Однако сколько бы ни делалось таких попыток, плотно уложить плиту не удается.

Н. Н. Вознесенским и Ю. А. Ратюком был предложен и внедрен способ вибрационной посадки плит, обеспечивающий плотное и равномерное прилегание плит к основанию. Сущность этого способа состоит в том, что непосредственно перед укладкой плит

чаное основание дополнительно увлажняют до 5—7% влажности, затем плиту, поднятую краном с кузова автомобиля, перемещают к месту укладки и опускают таким образом, чтобы было обеспечено плотное ее примыкание к соседним плитам. После укладки плит на участке длиной 50—60 м по всей ширине укладываемой полосы производят посадку и выравнивание плит с помощью виброагрегата.

При укладке плит необходим тщательный контроль за прямолинейностью швов и ровностью поверхности. Ширина шва между смежными плитами допускается не более 15 мм, а взаимное превышение их — не более 5 мм. Прямолинейность проверяют по проволоке, натянутой вдоль укладываемого ряда, а при наличии уложенной плиты — по плотности и параллельности продольных граней плит. Окончательную наводку плиты производят после того, как плита опущена на 3—5 см ниже верхней плоскости рядом уложенных плит. В таком положении плита с помощью молотов может быть выравнена в плане и затем опущена на место. Если допущены грубые дефекты в основании и окажется, что уложенная плита имеет недопустимое превышение, то ее поднимают вновь и укладывают только после устранения дефекта.

Посадку плит производят виброагрегатом, устанавливаемым с помощью крана на каждую плиту или перемещающимся на собственном ходу. Возмущающая сила вибратора обычно в 1,5—2,0 раза больше массы плиты вместе с вибратором, а частота колебаний составляет 1200—1400 в мин.

Работая в течение 40—80 сек, такой виброагрегат обеспечивает контакт плиты с основанием и требуемую ровность поверхности всего покрытия.

Если после вибропосадки плит обнаружатся места с недопустимыми перепадами между смежными плитами, то выравнивание производится тем же виброагрегатом путем установки его на стыки. После выравнивания плит целесообразно организовать контрольную прокатку покрытия 2—3 проходами груженых автомобилей типа МАЗ-200 или ЯАЗ-210. Взаимное превышение смежных плит после прокатки допускается не более 3 мм.

Сборные плиты укладывают рядами в направлении продольной оси покрытия (рис. 117). Ширина ряда обуславливается шириной профилировочной машины, размерами плит и равна около 6 м. Укладку плит ведут, начиная с маячного ряда, располагаемого по оси покрытия или по его краю, в зависимости от поперечного профиля и условий водоотвода. В последующие ряды плиты укладывают вплотную к ранее уложенным рядам. Движение автомобилей, подвозящих плиты, может быть организовано по готовому покрытию.

Темп сборки (монтаж) плит зависит от способа укладки и характеристики применяемого крана. В общем случае производительность крана в условиях непрерывной работы определяется по формуле

$$P_{сб} = \frac{t_{60} f_{пл}}{\frac{4H}{v} + 2t_{пов} + t_{пог} + t_{раз}}, \quad (79)$$

где  $f_{пл}$  — площадь плиты,  $m^2$ ;  
 $H$  — высота подъема и опускания плиты,  $m$ ;  
 $v$  — скорость (средняя) подъема и опускания,  $m/мин$ ;  
 $t_{пов}$  — продолжительность одного поворота стрелы,  $мин$ ;  
 $t_{пог}$  — продолжительность погрузки (захвата плиты),  $мин$ ;  
 $t_{раз}$  — продолжительность разгрузки (укладка плиты),  $мин$ .

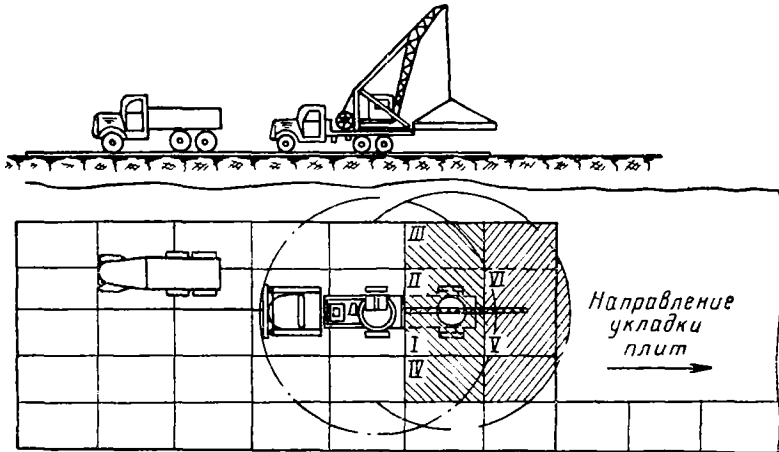


Рис. 117. Технологическая схема укладки сборных плит автомобильным краном:

*I — VI* — последовательность укладки плит

Затраты рабочего времени на различные операции, входящие в состав технологического процесса укладки плит краном К-123 или К-124 согласно хронометражу, характеризуются следующими данными: перемещение стрелы крана для захвата плиты (поворот  $t_{пов}$  и опускание  $\frac{H}{v}$ ) составляет 30 сек, захват плиты ( $t_{пог}$ ) — 30 сек, подъем плиты и поворот крана  $\left(\frac{H}{v} + t_{пов}\right)$  — 20 сек, опускание плиты на основание  $\frac{H}{v}$  — 60 сек, укладка и отцепка плиты  $t_{раз}$  — 30 сек, подъем стрелы для захвата следующей плиты  $\frac{H}{v}$  — 10 сек. Всего требуется на укладку одной плиты 180 сек (3 мин), что позволяет в 1 ч непрерывной работы уложить до 20 плит. При этом размеры плит (вес) влияют в основном только на выбор крана по грузоподъемности. Опыт укладки плит показывает, что производительность 20—25 плит в час вполне выполнима. Это дает до 2000  $m^2/смену$  при размерах плит

2×6 м (П-ХIV) или до 3000 м<sup>2</sup>/смену плит 3,2×6 м (П-IX). Следовательно, взлетно-посадочная полоса размерами 2500×60 м может быть построена из сборных плит П-IX за 50 смен.

При сборке плит способом попыток на укладку одной плиты требуется до 12 мин, т. е. производительность в этом случае в четыре раза меньше, чем при укладке вибропосадкой.

Примерный состав бригады, обслуживающей один кран при укладке бетонных сборных плит в покрытие способом вибропосадки следующий:

Бригадир (он же нивелировщик)	1
Крановщик	1
Такелажники	2

Принципиально новая технология укладки сборных плит в покрытие была предложена и практически проверена проф. В. М. Могилевичем. Эта технология получила название способа поддува и заключается в том, что сборная плита точно укладывается в проектное положение на весу (приподнята), а затем уже под плитой устраивается основание путем поддува песка с помощью сжатого воздуха компрессоров, а также вентиляторов низкого давления. Для осуществления такой технологии укладки плит требуется специальный комплект машин, состоящий из: агрегата для подъема и укладки плит в проектное положение, который перемещается по рельс-формам и с помощью цепей захватов прижимает плиту к фиксаторам-рейкам, что создает ровную верхнюю поверхность; агрегата для задувания песка под плиты, находящиеся в приподнятом положении на высоте 6—8 см над основанием; агрегата для выравнивания и уплотнения основного слоя основания, устраиваемого общим методом.

Опытная проверка укладки плит способом поддува показала, что в этом случае обеспечивается хорошая ровность покрытия и плотное опирание нижней поверхности плиты на основание. Однако количество песка, задуваемого под покрытие, весьма значительное, что приводит к продолжительности этой операции и, следовательно, к низкой производительности. Фактическая производительность была достигнута только 35 м<sup>2</sup>/ч. Кроме этого, плотность песка под плитами не поддается контролю, а между тем она может быть различной, поскольку зависит от режима поддува. Этот способ укладки плит требует дальнейшего усовершенствования.

Возможен способ укладки сборных плит в покрытие с нагнетанием (инъектированием) под плиту растворов, которые, растекаясь по основанию и затем затвердевая, обеспечивают плотное прилегание плиты к основанию. В этом случае плиты раскладывают краном точно в плановое положение обычным способом. Раствор нагнетается под них с помощью растворонасосов и накопника через специальные отверстия в плите под давлением 1—2 атм.

Для инъектирования могут быть применены следующие составы раствора: водоцементные от 1:0,5 до 1:6; водоцементопесчаные (вода, цемент, песок) — от 1:1:0,7 до 1:5:2,14; водоцементосуглинистые (вода, цемент, суглинок) — от 1:1:0,78 до 1:2:1,4; водоцементопесчаносуглинистые (вода, цемент, песок, суглинок) — от 1:1:1,2 до 1:2:4:3.

Для ускорения твердения применяют добавки хлористого кальция, натрия, алюминия или бария в количестве 2—3% от веса цемента или 6% соды. Желательно также дополнительно вводить до 10% расширяющихся цементов. Для указанных растворов применяют портландцементы или шлакопортландцементы марок 300—350. Раствор готовят не ранее, чем за 1 ч до начала работ. После окончания нагнетания отверстия в плитах заделывают пробками или раствором.

*Заделка стыков и заливка швов.* Заделку стыков и заливку швов мастикой следует выполнять немедленно после укладки, вибропосадки и обкатки плит. Бригады по заделке стыков обычно отстают от укладчиков на 20—25 м, что необходимо для размещения кранов и автомобилей, подвозящих сборные плиты.

В состав работ по устройству стыков входит: очистка скоб стыковых соединений; сварка стыковых скоб; расчистка швов от пыли и грязи; заливка швов мастикой.

Скобы очищают от ржавчины (коррозии) и других предметов металлическими крючьями и щетками со стальным ворсом. Стыковые скобы смежных плит после их тщательной очистки соединяются дуговой электросваркой с помощью сварочных аппаратов типа АСБ-300, САК-2Г, САК-25 и др. При зазоре между скобами не более 4 мм сварку производят одним непрерывным швом по всей длине скобы, а если зазор более 4 мм, то между скобами накладывают дополнительный стальной стержень диаметром на 2—3 мм больше ширины зазора и сварку производят двумя параллельными швами по обеим сторонам стержня. Ширину шва сварки обычно принимают равной 0,5 диаметра скобы, но не менее 10 мм, высоту — 0,25 диаметра скобы, но не менее 6 мм и глубину проварки не менее 5 мм. После сварки скоб до заливки швов по участку покрытия производят прокатку 2—3 проходами полностью загруженными автомобилями типа МАЗ-200 или ЯАЗ-210. Если в результате прокатки или специальных ударов металлического прута по сварке обнаружат повреждения сварки или другие дефекты, дополнительно выполняют сварочные работы.

После сварки стыковых скоб швы тщательно очищают от пыли, грязи и песка цилиндрической дисковой щеткой типа Д-378 с последующей продувкой сжатым воздухом из шланга от самоходного компрессора типа ВКС-А5 или передвижного ПКС-6М, а затем заливают мастикой. Нижнюю часть швов, исключая температурные, на  $\frac{2}{3}$  высоты плиты в целях экономии мастики можно заполнять песчаноцементной смесью с после-

дующим увлажнением. Для приготовления смеси используется чистый песок и цемент марки 300—400 с расходом 250 кг/м<sup>3</sup> песка. Смешение производят в растворо- или бетономешалке, а также смесителе типа С-543.

Заполненные смесью швы поливают водой, используя машины КПМ-1 или КПМ-2. После этого верхнюю часть швов и температурные швы полностью заполняют резинобитумной мастикой «Изол» или ЦН-2 заливщиком Д-344. Швы заливают мастиками, разогретыми до 180° С, за два прохода.

При первом проходе швы заполняют заподлицо с поверхностью покрытия, а при втором после усадки мастики при остывании с небольшим переполнением. Оставшуюся на поверхности покрытия мастику после остывания срезают лопатой и используют при дальнейших работах.

Производительность выполнения отдельных видов работ в смену с помощью механизмов при устройстве швов приведена ниже:

Сварка стыковых скоб аппаратом САК-25, м <sup>2</sup>	300—350
Очистка швов щеткой Д-378, м	1500—1700
Продувка швов компрессором ВКС-А5, м	2400—2700
Заливка швов заливщиком Д-344, м	200—250

Выполнение всех технологических операций при строительстве сборных покрытий должно быть поточным; требуется выдерживать постоянный состав бригад и механизмов, занятых в потоке. Обычно должны быть две бригады: по устройству основания и по монтажу (сборке) плит.

Каждая бригада состоит из звеньев, которые последовательно, соблюдая определенные дистанции, передвигаются по своим захваткам.

Плиты можно укладывать сразу несколькими кранами-плитоукладчиками. Если имеется два крана-укладчика, то они работают параллельно и уступом, двигаясь в одном направлении. При одновременной работе четырех кранов плиты укладывают, начиная от середины ВПП (РД) с направлением движения двух кранов в одну сторону, а двух других — в другую сторону.

*Контроль качества.* Все процессы, выполняемые при строительстве сборных покрытий, должны строго контролироваться. Отклонения отметок поверхности основания от проектных допускается не более  $\pm 0,5$  см. Зазоры между поверхностью основания и 3-метровой рейкой не должны быть более 0,5 см. При проверке ровности поверхности готового покрытия контрольная рейка, длина которой в этом случае должна быть 5 м, устанавливается таким образом, что середина ее располагается над стыком плит. Зазор между рейкой и поверхностью покрытия допускается не более 5 мм. Особо тщательно должно быть проверено качество сварки стыковых скоб.



## § 108. Строительство сборно-разборных покрытий из металлических плит

Сборно-разборные металлические покрытия, собираемые из отдельных элементов, являются временными и используются на аэродромах спецприменения и для вертолетных площадок. Из числа различных типов металлических покрытий (сеток, решеток, плит) более подробно изучены и практически проверены как

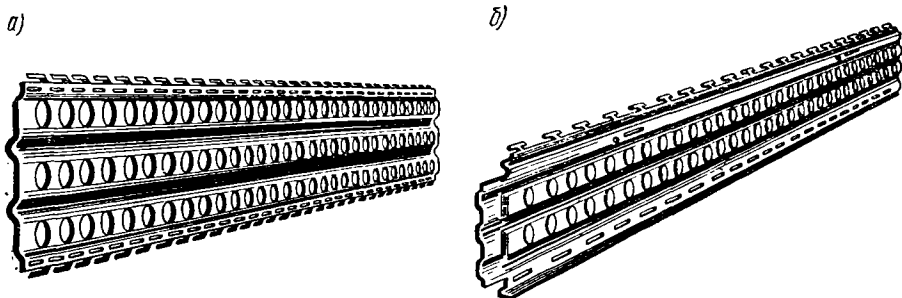


Рис. 118. Конструкция металлических плит сборно-разборных покрытий:  
а — плита МПП-1-53; б — плита К-1-Д

в СССР, так и за рубежом покрытия из стальных перфорированных плит, которые получили значительную модификацию; в настоящее время имеется несколько их типов (рис. 118). Техническая характеристика металлических плит, принятых для практического применения в СССР, приведена в табл. 57.

Таблица 57

Показатели	Типы и обозначения плит				
	МПП	МПП-1-53	МП-1-51	МП-2-51	К-1-Д
Габаритные размеры, мм:					
длина	3041,5	3042,4	3042,4	3034,0	3080,0
ширина	411	411	411	436	482
высота	21	21	21	23	31
Укладочные размеры: мм:					
длина	3048	3048	3048	3040	3000
ширина	381	381	381	390	420
Толщина стального листа, из которого изготавливается плита, мм.	3—3,5	3	3	2,5	3
Вес плиты, кг	27—32	28	30	30	42
Момент сопротивления, см <sup>3</sup>	1,98—2,27	2,0	2,0	7,8	14,1
Количество плит в пачке, шт.	30	30	30	20	20
Возможность извлечения из покрытия	Извлекается	Не извлекается	Извлекаются		
Соединение плит	С помощью чек		Бесчеховые		

Металлические плиты изготовляют на заводах методом холодной штамповки из листовой стали с помощью специальных матриц и пуансонов. Для увеличения жесткости вдоль плиты делают три ребра. Плиты МПП и МПП-1-53 имеют перфорированные (выдавленные) отверстия диаметром 50—66 мм между ребрами, которые отбортованы, что также увеличивает жесткость плиты. Плиты соединяются с помощью стандартных замков, состоящих из крюков и пазов. Плита своим краем с крюками накладывается на край другой плиты с пазами, в которые заходят крюки и затем зацепляются при горизонтальной сдвиге. Замки закрепляются пружинными чеками. Плиты МП-1-51, МП-2-51 и К-1-Д не имеют сквозной перфорации, в них отверстия заменены сферическими выпуклостями по нижним и верхним полкам. Плиты МП-2-51 и К-1-Д соединяются без чек с помощью одностороннего замка.

Металлические плиты обычно укладывают на основания из оптимальных грунтогравийных и грунтощебеночных смесей, щебеночные, гравийные и грунтовые, обработанные органическими вяжущими. В отдельных случаях, при кратковременной работе покрытия, их можно укладывать на естественное грунтовое основание, хорошо спланированное и тщательно уплотненное. Лучшее грунтовое основание — супесчаное и суглинистое с дерновым покровом. При необходимости укладки перфорированных плит на несвязные и оголенные грунты (без дерна) рекомендуется на поверхность таких участков расстилать рулонные материалы (из тканей), солому, сено, что препятствует выдавливанию грунта через отверстия.

В состав работ по строительству металлических покрытий входят следующие технологические операции: подготовительные работы, устройство основания, транспортирование и складирование металлических плит, сборка (монтаж) покрытия и закрепление кромок покрытия.

*Подготовительные работы* включают в себя: подготовку путей для подвоза плит со станции разгрузки, кранового хозяйства и площадки к укладке плит.

Если погрузочно-разгрузочные работы не могут быть выполнены с помощью кранов и для этих целей используется трактор, то требуется устройство эстакад и пандусов, которые устраивают рядом с разгружаемыми платформами. Трактор с помощью траверс стаскивает пачки плит на эстакаду, а затем сразу же на грузовой автомобиль. Пандусы необходимы в том случае, когда разгрузка должна быть выполнена быстро, что производится также тракторами, но не в кузовы автомобиля, а на спланированную площадку рядом с железной дорогой.

Площадку, предназначенную для размещения металлической полосы, очищают от крупных камней, пней и на ней производят предварительную разбивку покрытия: кромки ВПП, РД и МС и поперечную ось ВПП закрепляют колышками через 50 м. Более

детальная инструментальная (теодолитная) разбивка производится перед непосредственной укладкой металлических плит в покрытие.

*Устройство основания*, которое может быть из оптимальных смесей, щебеночным или грунтовым, обработанным органическими вяжущими, начинают от поперечных осей ВПП в обе стороны к торцам с тем, чтобы дать возможность сразу же укладывать плиты. Состав работ и технологические процессы при устройстве

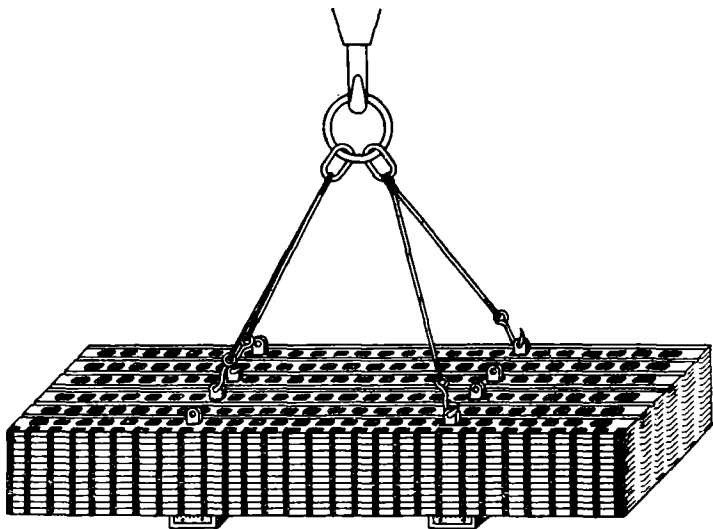


Рис. 119. Такелажные приспособления для погрузки и разгрузки пачек плит

оснований рассмотрены в главах XI—XIII. Важно обеспечить ровность поверхности основания, что требуется для плотного соприкосновения плит с основанием. Поперечные профили ВПП и РД с целью создания лучших условий для водоотвода принимают обычно двухскатными.

*Транспортирование и складирование металлических плит.* Для удобства погрузочно-разгрузочных работ и транспортирования металлические плиты на заводе-изготовителе укладывают в пачки по 20—30 шт. и упаковывают с помощью четырех пластинок с упорами на одном конце и проушинами на другом. Пластинки вставляют в крайние восьмые отверстия от торца и закрепляют шпильками. Чеки упаковывают в отдельные ящики.

Погрузка пачек плит на транспортные средства и их разгрузка производятся автомобильными или тракторными кранами. Для зацепления пачек краны оборудуются такелажными приспособлениями, состоящими из четырех тросов с крюками или специальных тросов (рис. 119). В зависимости от грузоподъемности

и высоты стрелы крана можно одновременно поднимать несколько пачек плит. Краны, поднимающие по одной пачке, дают производительность 25—30 пачек в час.

Погрузочно-разгрузочные работы могут также выполняться автопогрузчиками и тягой тракторов или автомобилей. Для этого погрузочно-разгрузочные площадки должны быть оборудованы пандусами и эстакадами. С автомобилей-самосвалов пачки могут разгружаться опрокидыванием с одновременным перемещением автомобиля-самосвала на малой скорости.

Для транспортирования металлических плит с завода-изготовителя или базового склада обычно используется железнодорожный транспорт (вагоны, полувагоны или платформы), а для подвоза от станции разгрузки плит к месту строительства — автомобильный транспорт (бортовые автомобили, автомобили-самосвалы, автотракторные прицепы, трейлеры). Один состав поезда из 50 платформ грузоподъемностью 60 т, на которые укладывается по 50—52 пачки, транспортируют 2500 пачек или 75 000 плит, что достаточно для летной полосы размерами 40×2000 м. Количество плит, перевозимых автомобилями, зависит от их грузоподъемности. Так, например, грузовые автомобили ЗИЛ-150, ЗИЛ-156, ЗИЛ-585, КАЗ-600 способны перевозить в кузовах по четыре пачки (80—120 плит), ЯАЗ-210Е, ЯАЗ-218 — по 11 пачек, а ЯАЗ-210 — 13 пачек.

Укладка плит в штабеля производится непосредственно с одной или двух сторон ВПП и с одной стороны РД и МС не ближе 1,5—2,0 м от кромки летной полосы. Штабеля плит укладывают на деревянные подкладки, что предотвращает смерзание плит с грунтом в случае наступления заморозков. Расстояние между укладываемыми штабелями определяется по формуле

$$l_{\text{шт}} = b \frac{N_{\text{шт}}}{n} k, \quad (80)$$

где  $l_{\text{шт}}$  — расстояние между осями штабелей, м;

$b$  — укладочная ширина плиты, зависящая от типа металлической плиты, м (см. табл. 57);

$N_{\text{шт}}$  — количество плит в штабеле, равное или кратное грузоподъемности транспортных средств, занятых на перевозке плит (пачек);

$n$  — количество плит в одном поперечном ряду покрытия, зависящее от ширины летной полосы;

$k$  — коэффициент, равный при одностороннем расположении штабелей 1 и при двухсторонней 2.

Полуплиты, необходимые при укладке плит в перевязку (смещением) для краев покрытия, стабилизируют отдельно от целых плит. Поскольку на один поперечный ряд приходится одна полуплита (или две через один ряд), то количество полуплит в штабеле принимается равным числу рядов между осями штабелей целых плит.

Сборка (монтаж) покрытия из металлических плит. Перед непосредственной укладкой плит и сборкой (монтажом) их в покрытие производят окончательную разбивку полос, оси которых намечают теодолитом и закрепляют колышками через 20 м. По концам оси на расстоянии 150—200 м от торца покрытия устанавливают временные репера. Одну из кромок отмечают колышками через 5 м и в зависимости от количества захваток размечают поперечники для укладки маячных рядов.

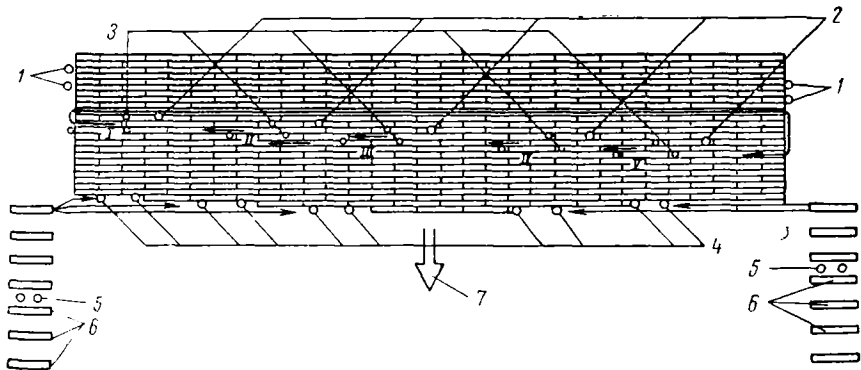


Рис. 120. Примерная схема организации работ по укладке металлических плит на одном фронте при сквозной укладке:

1 — крепильщики кромок; 2 — забойщики чек; 3 — укладчики плит; 4 — подносчики плит; 5 — распаковщики пачек плит; 6 — разложенные вдоль края полосы пачки плит; 7 — направление сборки плит

Сборка покрытия состоит из следующих операций: распаковки пачек; разноски плит с предварительной раскладкой рядов; сборки (соединения) плит и закрепления их чеками. В соответствии с этим в бригаду по сборке перфорированных плит в покрытие входят звенья: распаковщиков (2 чел.), разносчиков (2—4 чел.), укладчиков (4 чел.) и крепильщиков кромок покрытий (до 10 чел. в зависимости от способа крепления кромок). Ведущим звеном на сборке покрытия являются укладчики, которые в смену собирают 800—900 плит или до 1000 м<sup>2</sup> покрытия. Примерная схема организации работ на одном фронте при сквозной укладке плит показана на рис. 120. В состав бригад может входить несколько одноименных звеньев; также может быть несколько бригад, что зависит от количества захваток, рассчитываемых по формуле

$$K_3 = \frac{LB}{n_1 n_2 N_B C}, \quad (81)$$

где  $K_3$  — количество требуемых захваток (фронтов) сборки покрытия;

$L$  — длина покрытия, м;

- $B$  — ширина покрытия, м;  
 $n_1$  — количество звеньев укладчиков в одной бригаде;  
 $n_2$  — количество укладчиков в звене, зависящее от типа укладываемых плит;  
 $N_B$  — норма выработки укладчиков, м<sup>2</sup>/смену;  
 $C$  — срок строительства, смен.

При ведении работ на захватках, которые могут быть расходящимися от среднего поперечника, сходящимися от торцов (2 захватки) или расходящимися, сходящимися и набегающими от нескольких поперечников (3—4 и более захваток), требуются соединения плит при смыкании фронтов укладки (рис. 121). Это вызывает необходимость разгонки или подтягивания плит, т. е. создает дополнительные трудности укладки. Поэтому лучшим способом является работа на двух расходящихся от среднего поперечника захватках.

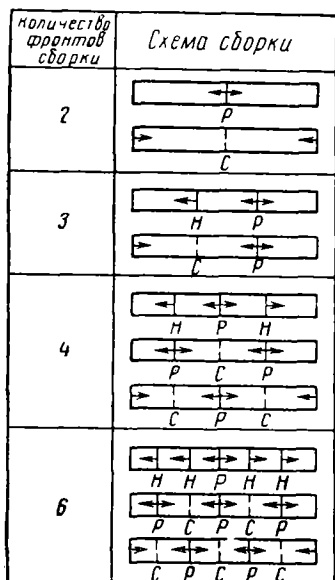


Рис. 121. Схема сборки металлических плит на покрытии ВПП;

$P$  — расходящийся фронт;  $C$  — сходящийся фронт;  $H$  — набегающий фронт

После распаковки плит из пачек их с помощью крючков-захватов (длиной 35—40 см) вручную разносят и раскладывают на ВПП. Если это плиты типа МПП, МПП-1-53 или МП-1-51, то их кладут соединяющимися крючьями на кромках двух смежных рядов во встречных направлениях. Поскольку при предварительной раскладке плит неизбежны свободные зазоры между рядами, то при плотной укладке (сборке) плит примерно через 10 рядов требуется дополнительный запас на одну ширину плиты. Поэтому лучше при раскладках каж-

дый 10-й ряд делать двойным. Кроме ручной разноски плит, можно применять для этой цели ручные тележки (например, типа тележек для подвозки баллонов), а также автопогрузчики, грузовые мотороллеры и специальные плитораскладчики.

Сборку (монтаж) плит производят в перевязку (со смещением плит в рядах на половину). Поэтому в конце рядов укладывают имеющиеся в комплекте полуплиты. Процесс сборки состоит в том, что плиту берут за концы, приподнимают продольным ее краем под углом 30—45° и крюки укладываемой плиты вставляют в пазы уложенных плит, а затем сдвигают плиту до отказа по направлению крюков. Для того чтобы крюки обратно не сдвинулись и не вышли из пазов, выполняют забивку чек в свободные

места между краями паза и крюка. Деревянными или металлическими молотками забивают обычно 3—4 чеки, которые должны располагаться равномерно по длине каждой стороны плиты.

При укладке плит МП-2-51 выполняют следующие операции: крюки укладываемой плиты вставляют в пазы уложенной плиты, затем сдвигают укладываемую плиту на полную длину консоли крюка до упора и немедленно ее опускают, что приводит к автоматическому замыканию (без применения чек). Для укладки первых рядов плит при работе на двух захватках, начиная от середины полосы, служат специальные соединительные плиты, имеющие с двух сторон прямоугольные пазы.

Плиты К-1-Д собирают следующим образом: крюки укладываемых плит вводят в пазы уложенных плит и сдвигают укладываемую плиту на величину фиксируемого хода крюка. При опускании плит фиксаторы свободно входят в соответствующие отверстия, имеющиеся в гофре укладываемой плиты, и Т-образные крюки попеременно замыкаются. Торцы укладываемых плит скрепляют двумя планками, которые вводят в торцовые пазы и отгибают книзу (легкими ударами молотка).

Последние плиты смежных захваток (замыкание захваток) можно соединить двумя способами: с помощью маячных рядов и с помощью «шатра». Способ соединения маячными рядами состоит в том, что примерно на расстоянии 15—20 м между сходящимися захватками фиксируется двумя маячными рядами положенный разрыв, который затем заполняется плитами. Укладка маячных рядов требует времени и тщательности в работе. Наиболее простой способ соединения шатром, который заключается в том, что плиты на смежных захватках укладывают до полной встречи и затем соединяют, что может быть выполнено в случае недостаточности разрыва приподнятием стыкуемых рядов, т. е. создания «шатра». После стыкования плит последних рядов производится разгон «шатра» в одну или другую сторону (в зависимости от его величины).

При стыковании двух смежных рядов может также оказаться, что необходимо подтянуть последние ряды захваток для полного смыкания. Растягивание и сжимание (разгонка шатра), возможные за счет имеющихся зазоров между пазами и крюками, выполняются с помощью ломов или тракторами, а также автомобилями, снабженными тросами и крюками. Так соединяются последние плиты смежных захваток типа МПП, МПП-1-53 и МП-1-51.

Соединение плит МП-2-51 и К-1-Д при замыкании смежных захваток осуществляется с помощью специальных плит или планок, а при отсутствии их — с помощью «скруток» из вязальной проволоки, располагаемых на расстоянии примерно 0,7—1,0 м друг от друга или с помощью газовой сварки. Таким же способом осуществляется примыкание РД к ВПП, при котором ряды плит встречаются под различными углами. Поэтому последние ряды

РД необходимо «подводить» под покрытие ВПП и обеспечить полное перекрытие.

Закрепление продольных и торцовых кромок ВПП — завершающий этап по строительству металлических покрытий выполняются различными способами, предусмотренными проектом.

При удлинении цементобетонного покрытия металлическими плитами соединение осуществляется путем прикрепления плит костылями к деревянному брусу, укладываемому рядом с цементобетонным покрытием или путем прикрепления к анкерам, заделываемым с помощью расширяющегося цемента в цементобетонное покрытие.

*Разборка (демонтаж) металлического покрытия.* В случае необходимости использования металлического покрытия на другом объекте, его разбирают. Технологический процесс и направление разборки покрытия принимают в обратном порядке сборки. Если требуется разобрать покрытие быстро, то количество захваток при разборке может быть больше, чем при сборке.

Бригада по разборке покрытия состоит из звеньев, которые выполняют следующие работы: первое звено (1—2 чел.) удаляет с помощью специальных клещей-чекодеров чеки или у плит К-1-Д ломиками торцовые планки, а у плит, уложенных по краям покрытия, разрезает ножницами проволочные скрутки; второе звено (2 чел.) разбирает плиты, приподнимая край плиты на угол 30—45° и сдвигая ее с тем, чтобы крючья могли бы свободно выйти из пазов; третье звено (2—3 чел.) собирает плиты в пачки и упаковывает их.

После разборки плиты обычно имеют дефекты крючков и перемычек. Практика показала, что до 10% всех плит требует незначительной правки и 2—5% — более серьезного исправления. Все работы по правке должны выполняться до упаковки. Для этого имеются специальные металлические станки с электроприводом, позволяющим выправлять плиты методом прокатки и одновременно исправлять крючья.

Транспортировать плиты россыпью после разборки и правки не рекомендуется, так как в этом случае почти все плиты потребуют новой правки на месте доставки.

*Контроль качества.* При строительстве сборных металлических покрытий большое значение имеет плотность прилегания покрытия к основанию. Поэтому планировку основания проверяют 3-метровой рейкой, зазор при этом допускается не более 10 мм. Плотность прилегания покрытия к основанию считается хорошей, если отсутствуют провисания отдельных участков собранных плит. Тщательно производится геодезический контроль за перпендикулярностью укладки плит по отношению к продольной оси покрытия, особенно при работе одновременно на нескольких захватках. Правильность кладки каждого ряда плит проверяют по шнуру, натянутому по кромке ВПП. Отклонение кромок уложенных плит от шнура не должно превышать 5 см на каждые



100 м длины ВПП. Допущенное отклонение исправляют путем смещения плит на величину, равную шагу крюка в сторону, противоположную смещению оси укладки. Контролируется количество набиваемых чек или накладываемых торцовых пленок; надежность сварных швов или проволочных скруток при соединении РД с ВПП, надежность закрепления продольных и торцовых кромок ВПП.

Для обнаружения дефектов лучше всего провести испытания проходами нагруженных автомобилей МАЗ-200 или ЗИЛ-150 при максимальной скорости их движения с резким торможением. Проходы автомобилей должны быть сделаны вдоль ВПП возможно ближе след к следу, а также несколько проходов поперек ВПП. Если после этого не обнаружатся дефекты соединения плит и крепление кромок, то металлическую полосу можно считать надежной в эксплуатации.

В процессе разборки, правки и упаковки плит при необходимости транспортирования их на новый объект требуется внимательно контролировать качество ремонта крюков, выпрямления и упаковки. Нельзя бросать пачки при погрузочно-разгрузочных работах, особенно стороной с крюками на другие пачки или твердые предметы, так как это приведет к повреждению углов и крюков плит.

## § 109. Строительство сборных деревянных покрытий

Деревянные покрытия широко применялись в период Великой Отечественной войны 1941—1945 гг. Однако этот тип покрытий в мирное время представляет интерес для обеспечения нормальных взлетно-посадочных операций самолетов спецприменения и вертолетных площадок в районах богатых лесом и деревообрабатывающими заводами, на которых можно заготавливать отдельные элементы деревянных покрытий.

По конструктивным особенностям и технологии укладки деревянные покрытия могут быть:

сборными из отдельных элементов (типа дерево-плиты из досок или брусев, настилов из пластин и кругляка с засыпкой грунта). Элементы покрытия укладывают на месте и скрепляют гвоздями, металлическими ершами и деревянными нагелями. Такие покрытия практически не разбираются для укладки на новом месте, так как процесс разборки затруднителен и, главное, образуется много отходов (испорченных элементов);

сборно-разборными, собираемыми из дощатых сплошных или решетчатых щитов, соединение которых безгвоздевое. Щиты заранее изготовляют на деревообрабатывающих заводах, а на месте строительства производится только их укладка (монтаж).

Элементы деревянных покрытий укладывают непосредственно на хорошо спланированный и уплотненный грунт, без устройства

подполосного дренажа и песчаной подушки. Однако если грунты тяжелые и затруднен свободный поверхностный сток, то предусматривается дренажная система и песчаное основание. Опыт показал, что деревянные покрытия можно укладывать на специальные лаги (промежутки) между отдельными элементами покрытия.

Наиболее проверенные в практике строительства следующие конструкции деревянных покрытий:

решетчато-дощатые настилы, устраиваемые из укладываемых на ребро досок. Доски укладывают со сдвижкой (в перевязку) одной по отношению к соседней, а стыкуют впритык и скрепляют

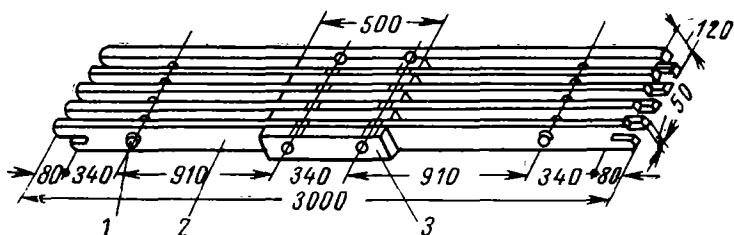


Рис. 122. Сборно-разборное покрытие из стандартных дощато-гвоздевых щитов:

1 — нагель; 2 — доска 5×12 см; 3 — прокладка

гвоздями через стыковые и промежуточные прокладки («бобышки»);

сплошные настилы из пластин (половинок бревен), укладываемых попеременно разными сторонами на поперечины (лаги) и прикрепляемые деревянными нагелями или металлическими ершами;

сплошные настилы из досок (типа дерево-плиты) или брусков, имеющие различные сечения и длину, но по высоте одинаковые. Доски укладывают в перевязку с шагом перекрытия досок на  $\frac{1}{4}$  длины и скрепляют гвоздями длиной в 1,5—2 раза больше толщины досок или брусков, забиваемыми в шахматном порядке;

отдельные стандартные щиты (рис. 122), собираемые на деревообделочных заводах из 5—6 досок длиной 3—4 м, между которыми в середине закладывают прокладки. На концах досок (в торце щита) имеются вырезы, в которые вставляют нагели при стыковании щитов. Такая конструкция покрытия дает возможность заготавливать щиты хорошего качества на заводах, а на месте только укладывать их в покрытие.

Для изготовления элементов деревянных покрытий любой конструкции может быть использован лес хвойных пород (ель, сосна, пихта, кедр, лиственница). Применение лиственных пород неэкономично, так как прочность и сроки службы таких покрытий

небольшие. Нагели изготовляют из дерева твердых пород (дуба, березы).

Все элементы деревянных покрытий должны быть антисептированы, что выполняется на базе заготовки леса и изготовления элементов покрытия.

В состав работ по строительству деревянных покрытий входят почти все технологические операции, которые применяются при строительстве металлических покрытий. Дополнительно выполняются работы по заполнению промежутков между досками грунтом при использовании решетчатых настилов.

*Особенности работ по транспортированию и складированию элементов деревянных покрытий* состоят в том, что перевозка чаще всего осуществляется безрельсовым транспортом (автомобилями, тракторами с прицепами и пр.), так как деревянные покрытия целесообразно применять только вблизи лесных массивов. Необходимое количество транспортных средств рассчитывается исходя из их габаритов и грузоподъемности, размеров и веса элементов деревянных покрытий, а также темпа перевозки.

Элементы деревянных покрытий складывают с обеих сторон ВПП в 2,0—2,5 м от кромок. Расстояния между штабелями и их высоту принимают в каждом конкретном случае в зависимости от конструкции покрытия. Возможно также транспортировать деревянные элементы непосредственно к месту укладки (сборки) на ВПП или РД, но в этом случае необходимо четко организовать работы по укладке с тем, чтобы темп перевозки и укладки элементов деревянных покрытий был одинаковым.

*Сборка (монтаж) плит в покрытие* выполняется перпендикулярно продольной оси ВПП. Перед началом сборки производится окончательная разбивка с тем, чтобы по одной кромке и на поперечниках, с которых начнется укладка элементов покрытия, имелись разбивочные колышки через 5 м. Работы по сборке выполняются в основном средствами малой механизации. Когда щиты имеют большой вес, можно использовать автомобильные краны. Необходимость применения при сборке деревянных покрытий в большем объеме ручного труда — крупнейший недостаток этого типа аэродромных покрытий.

Сборка покрытия из стандартных деревянных щитов ведется в обе стороны от одного или двух поперечников и примерно такими же захватками, как при сборке металлических плит. Однако при сборке деревянных щитов в отличие от сборки металлических плит захватка разбивается на продольные участки, количество которых равно количеству укладываемых по ширине ВПП стандартных щитов, т. е. участок имеет ширину, равную длине щита. На каждом участке работает звено в составе 3—4 чел. укладчиков и 2—4 чел. (в зависимости от дальности) подносчиков. Щиты укладывают смещенными на половину, так что звенья работают уступом (рис. 123). Если щиты укладывают автомобильным краном, то звено выполняет сборку на трех продольных участках,

т. е. на ширине, равной трем длинам стандартных щитов. Количество участков на захватке в этом случае будет зависеть от числа автомобильных кранов, работающих на укладке щитов.

При сборке (монтаже) деревянного покрытия из отдельных досок (типа дерево-плиты) или пластин участки работ на захватке удобнее организовывать в поперечном направлении.

Заполнение промежутков между досками местным грунтом или песком производится для обеспечения большей упругости в

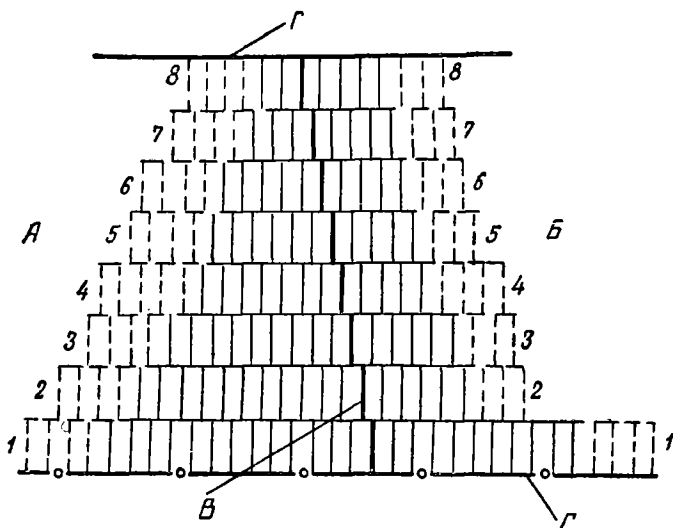


Рис. 123. Схема укладки сборного покрытия из дощатых щитов:  
 А — бригада № 1; Б — бригада № 2; В — граница между двумя бригадами; Г — провешенные и отбитые по шнуру кромки;  
 1, 2, 3 ... — ряды укладки

работе элементов деревянных покрытий, когда они имеют решетчатую конструкцию, и для уменьшения возможности их быстрого загнивания. Грунт (песок) завозится автомобилями-самосвалами, разравнивается деревянными гладилками и уплотняется площадочными вибраторами. Для лучшего эффекта уплотнения к вибраторам следует приварить ребра размерами, соответствующими промежутку между досками.

**Контроль качества.** При строительстве деревянных покрытий необходимо прежде всего осуществлять контроль за тем, чтобы деревянные элементы не имели малейшего загнивания и были антисептированными. Наличие таких дефектов является причиной загнивания соседних элементов и появления грибка, что приведет к значительному сокращению срока службы покрытия. При сборке (монтаже) требуется контролировать скрепления отдельных элементов или стыкового соединения щитов. Нельзя

допускать пропусков закладки нагелей в пазы стыкуемых щитов, так как это приведет к расстройству стыкового места и выходу из строя этого участка покрытия. Количество забиваемых гвоздей и их размеры при гвоздевом соединении отдельных элементов должны полностью соответствовать требованиям проекта, так как иногда бывали случаи, когда заменялся сортамент гвоздей и сокращалось их количество, в результате чего покрытие получалось непрочным.

Большое внимание необходимо уделять засыпке промежутков между досками, обеспечивающей хорошее уплотнение грунта и полноту заполнения. Недосыпка или плохое уплотнение способствуют скапливанию воды между досками, что ускоряет процесс загнивания. Обнаруженные после сборки (монтажа) покрытия элементы с признаками загнивания или не получившими антисептическую обработку должны быть подвергнуты местной обработке антисептическим раствором.

## § 110. Строительство ледовых аэродромов

Строительство ледовых аэродромов заключается в выборе подходящего по прочности льда места на замерзшем водоеме (площадки необходимых размеров с подходами), в расчистке его от снега и возведении необходимых сооружений (служебно-технических, спусков и пр.), а при недостаточной толщине ледового покрова — в усилении его намораживанием или другими способами.

При выборе площадок на льду предпочтение отдают мелководным озерам и отмелям рек, где скорость течения и колебания уровня воды минимальны и вследствие этого лед образуется более равномерно, имеет ровную поверхность и прочность ледового покрова (покрытия) выше, чем на глубоководных реках и бухтах. На водоемах глубиной более 2—4 м появление льда запаздывает и наращивание его происходит медленно. На морских водоемах наиболее удобны для этой цели места, расположенные в бухтах и лагунах, защищенных от течений и ветров.

Лед водоема, используемый для устройства аэродромов, должен быть достаточной несущей способности, иметь ровную поверхность без трещин, полыней, торосов, наледей. Несущая способность ледяного покрова зависит от его толщины, структуры, плотности, степени солености, гидрогеологического режима. Кроме этого, несущая способность обусловлена температурой воздуха и толщиной снегового покрова на ледовой поверхности.

Структуры льда водоемов и водотоков почти ничем не различаются, за исключением того, что лед водотоков имеет большую неровность поверхности и неоднородность внутреннего строения. Лед, сформировавшийся в водоеме в начале или середине зимы при низких температурах, слабее льда, появившегося уже при наличии ледяного покрова в нижней его части. Это объясняется

тем, что в первом случае ледяные кристаллы, возникающие и плавающие в воде, смерзаются в беспорядочную сетку, что приводит к снижению прочности льда. Во втором случае кристаллы группируются в более правильную кристаллическую сетку и этим обеспечивается большая прочность льда.

Степень солёности воды также влияет на прочность и плотность льда. При температурах, близких к нулю, прочность солевого льда в 3—4 раза меньше прочности пресноводного льда; при температурах минус 10—12°С — в 2—3 раза и далее при понижении температуры эти соотношения уменьшаются, приближаясь к одинаковой прочности. Плотность солевого льда равна 0,920—0,938, тогда как пресноводного льда — 0,910.

Влияние температуры на прочность льда проявляется в том, что при ее повышении прочность льда уменьшается и он становится более пластичным, а при понижении температуры прочность льда увеличивается, но появляется значительная хрупкость. Средняя прочность льда при температуре —60°С примерно в четыре раза больше прочности при температуре, близкой к нулю.

При решении вопроса о пригодности выбранного водоема или водотока для строительства ледового аэродрома необходимо установить потребную толщину льда и сопоставить с фактически замеренной.

Требуемая толщина льда в зависимости от веса самолета (вертолета) может быть рассчитана по приближенным, но вполне приемлемым формулам:

1) пресноводных водоемов:

при средних температурах воздуха ниже —10°С (зимние дни)

$$h_n = 16 \sqrt{G}; \quad (82)$$

при средних температурах воздуха выше —10°С (весенние дни)

$$h_n = 22 \sqrt{G}; \quad (82a)$$

2) морских водоемов:

зимой

$$h_n = 20 \sqrt{G} - 0,25G; \quad (83)$$

летом (многолетнего льда)

$$h_n = 1,5(20 \sqrt{G} - 0,25G); \quad (83a)$$

летом (однолетнего) — молодого — (льда)

$$h_n = 2(20 \sqrt{G} - 0,25G), \quad (83б)$$

где  $h_n$  — толщина льда, см;

$G$  — общий вес самолета или вертолета, т.

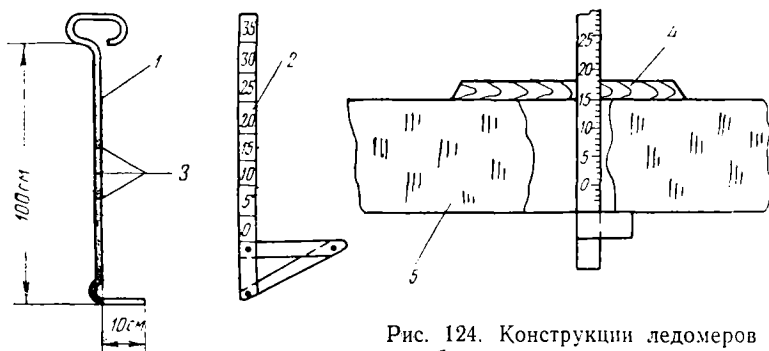


Рис. 124. Конструкции ледомеров и способ замеров толщины слоя льда:  
 — металлический ледомер из круглой стали; 2 — деревянный ледомер; 3 — метки из тонкой проволоки; 4 — поперечная планка; 5 — лед

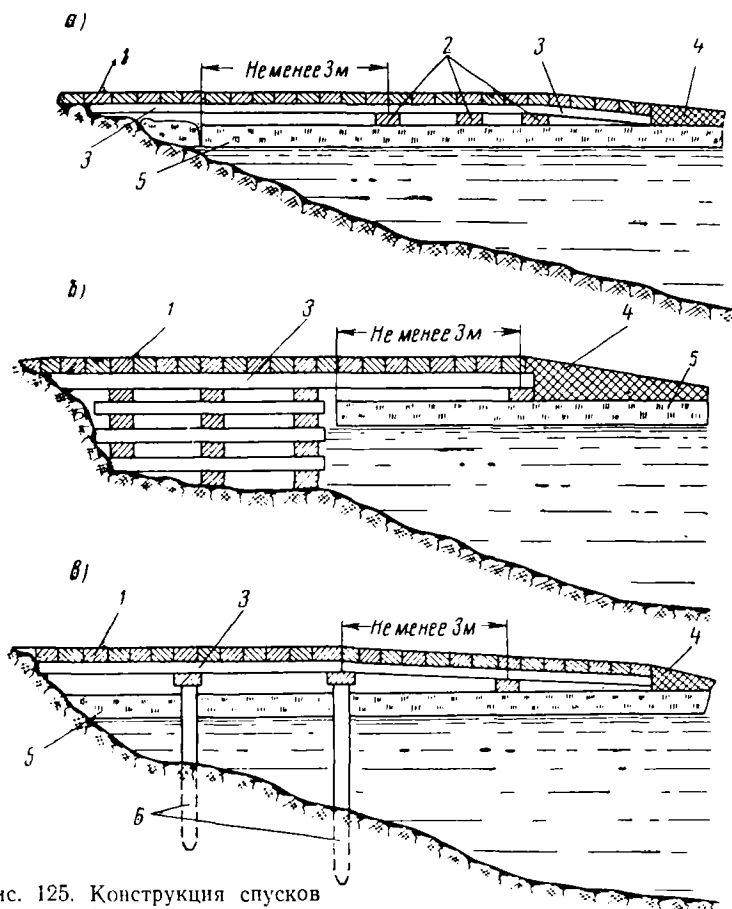


Рис. 125. Конструкция спусков с берега на лед:  
 1 — настил; 2 — лежни; 3 — прогоны; 4 — намороженный лед с хвостом; 5 — лед;  
 б — сваи

Толщина льда в зависимости от нагрузки может потребоваться согласно формулам (82), (83) до 2—4 м для самолетов весом более 100 т.

Толщину льда измеряют ледомером (рис. 124) через скважины или лунки, проделываемые ледовыми бурами: ручными при толщине льда до 1 м и механическими при толщине льда более 1 м на расстоянии 150—200 м по длине и 10—20 м — по ширине летной полосы; в сомнительных местах делают дополнительные замеры.

В лунках или скважинах обычно на высоту 0,8—0,9 толщины льда поднимается вода (отсутствие воды указывает на зависание льда). По окончании замеров лунки и скважины замораживают.

Состав работ при строительстве ледовых аэродромов следующий.

1. Устройство съездов и спусков на лед с берега.

2. Строительство площадки: очистка поверхности от снега и уплотнение снега; удаление торосов, наледей, снежных сугробов; заделка трещин и неровностей; усиление прочности льда.

3. Устройство мест стоянок.

Места съездов машин и специального транспорта, а также спусков выбирают там, где наибольшая прочность берегового льда и пологие берега (с уклоном не более 10%). Лед здесь должен быть без трещин и разломов, опираться краем на берег и иметь достаточную толщину. Если таких мест для съездов и спусков подобрать не представляется возможным, то строят специальные искусственные спуски. При высоте берега не более 0,4 м спуск делают путем засыпки и утрамбовки снега, а также намораживания льда с включениями хвороста или жердей для создания шероховатости. Если берег выше 0,4 м, а береговой лед недостаточно прочен или не опирается на берег, то строят спуски с лежневыми (рис. 125, а), ряжевными (рис. 125, б) или свайными опорами (рис. 125, в).

Прежде чем приступить к работам на летной полосе по очистке ее от снега и пр., необходимо проверить, обеспечивается ли безопасность работы автотранспорта и строительных машин, перемещение которых по льду может быть допущено при некотором незначительном понижении коэффициента заноса. Толщина льда в этом случае должна быть, как указано в табл. 58.

Скорость движения машин на ледяном покрове, толщина которого соответствует требованиям табл. 58, допускается до 5—8 км/ч. Машин должны двигаться равномерно, без рывков и остановок.

Способы очистки поверхности льда от снега зависят от имеющихся в распоряжении строителей снегоочистительных машин и силы бокового ветра. В тех случаях, когда фактическая толщина льда значительно превышает требуемую, допускается уплотнение снега.



Полный вес машины, т	Средняя температура воздуха за трое суток, °С			Минимальная дистанция между машинами (механизмами), м
	—10 и ниже	от —5 до 0	выше 0 (при кратковременной оттепели)	
2	16	18	20	15
4	22	24	28	17
6	27	30	34	20
8	31	34	39	23
10	35	39	44	25
12	38	42	48	27
14	41	46	52	29
16	44	48	55	31

Работы по удалению торосов и наледей на замерзших водоемах ведут специальными машинами. Если торосы и наледи небольшие и число их незначительно, допускается как исключение удаление их вручную (ломами, кирками, топорами). Торосы и наледи, образующиеся при ледоставах на реках и состоящие обычно из тонких льдин, можно срезать бульдозерами, но для этого предварительно необходимо остро отточить ножи. В остальных случаях применяют льдоскальватели с фрезами. Большие торосы можно удалять посредством взрыва небольшими зарядами.

Образовавшиеся кучи сколотого (срезанного) льда после удаления торосов или наледей, а также снежные сугробы перемещают (сдвигают) бульдозерами или грейдерами за обочины площадок и равномерно располагают не ближе 50 м от них.

Трещины и неровности (впадины) на площадках засыпают снегом с добавками битого мелкого льда и с заливкой водой. Воду подают мотопомпами (насосами) из прорубей, которые после использования также замораживают. При заделке неровностей увлажненную смесь снега и льда уплотняют катками или другими средствами (трамбовками, ручными катками и пр.).

Для предотвращения доступа наледной воды к полосе устраивают снежные обледенелые валы высотой не менее 0,5 м, на расстоянии не менее 100 м от границ летной полосы. В случае опасности прихода большого количества наледной воды устраивают несколько параллельных валов и пробивают лунки для спуска воды под лед.

В тех случаях, когда толщина льда недостаточна, нужно выполнить работы по усилению ледового покрова, что увеличивает его несущую способность. Для этого применяют: очистку снега с поверхности ледяного покрова (обнажение льда), что ускоряет естественный процесс намерзания снизу (со стороны воды); послойное намораживание льда сверху, обычно слоями 0,5—1,0 см,

что необходимо для однородности намороженного льда; армирование льда хворостом, деревом (тонкомерными бревнами, жердями), тросом, стальной проволокой, а также устройством верхнего строения.

Наименее трудоемок и дешев способ усиления ледяного покрова очисткой снега и естественным намерзанием льда снизу. Однако применение этого способа требует продолжительного времени. Сущность этого способа заключается в том, что поскольку снег в 10—20 раз менее теплопроводен, чем лед, то очистка льда от снега значительно усиливает теплоотдачу воды и ускоряет процесс намерзания льда со стороны воды. Скорость намерзания льда снизу зависит от температуры воздуха, скорости ветра и быстрины течения воды. Ориентировочные значения скорости намерзания льда снизу в зависимости от температуры воздуха и начальной толщины льда при отсутствии снега сверху приведены в табл. 59.

Таблица 59

Начальная толщина льда, см	Средняя температура воздуха за сутки, °С					
	-10	-15	-20	-25	-30	-35
	Скорость намерзания льда снизу, см/сутки					
0	<u>7,0</u>	<u>9,0</u>	<u>10,4</u>	<u>11,8</u>	<u>13,0</u>	<u>14,0</u>
	6,3	8,3	9,5	11,1	12,0	13,1
10	<u>4,3</u>	<u>6,0</u>	<u>7,6</u>	<u>8,6</u>	<u>9,8</u>	<u>10,7</u>
	3,6	5,2	6,5	8,1	9,2	10,1
20	<u>3,4</u>	<u>4,9</u>	<u>6,0</u>	<u>7,0</u>	<u>7,6</u>	<u>8,1</u>
	2,8	3,9	5,0	5,9	6,8	7,3
30	<u>2,6</u>	<u>3,6</u>	<u>4,7</u>	<u>5,2</u>	<u>6,0</u>	<u>6,4</u>
	2,2	2,8	3,6	4,2	4,8	5,2
40	<u>1,9</u>	<u>2,8</u>	<u>3,5</u>	<u>4,1</u>	<u>4,5</u>	<u>4,7</u>
	1,5	2,0	2,5	2,9	3,3	3,7
50	<u>1,5</u>	<u>2,0</u>	<u>2,6</u>	<u>2,8</u>	<u>3,0</u>	<u>3,2</u>
	1,1	1,4	1,6	1,8	2,1	2,3
60	<u>1,3</u>	<u>1,7</u>	<u>2,0</u>	<u>2,3</u>	<u>2,7</u>	<u>2,9</u>
	0,7	1,0	1,2	1,4	1,6	1,7

Примечание. В числителе приведены значения для озер, в знаменателе — для рек со скоростью течения до 0,5 м/сек.

В случае необходимости более быстрого нарастания ледяного покрова используют способ намораживания льда сверху, но применение его целесообразно только перед понижением температуры, когда приращенная слоя сверху быстрее увеличивают толщи-

ну льда, чем естественное намерзание снизу. Усиление ледяного покрова этим способом эффективно при температуре воздуха не выше минус 8—10° С. Прочность намороженного слоя примерно на 30% слабее прочности естественного прозрачного льда. Поэтому расчетная толщина при намораживании льда будет равна

$$h_{p,л} = h_{н,л} + 0,7h_{н,л}, \quad (84)$$

где  $h_{н,л}$  — толщина естественного льда, см;

$h_{н,л}$  — толщина намороженного (наливного) льда, см.

Намороженный слой не должен быть больше половины средней толщины естественного льда на данном водоеме. При намораживании слоя больше половины толщины льда вода начнет медленнее отдавать тепло и, следовательно, будет согреваться, что вызовет подтаивание льда снизу, и может наступить момент, когда намораживание сверху будет равно подтаиванию снизу. Это приведет к уничтожению эффекта усиления способом намораживания. Поэтому намораживание льда сверху рассматривается как мера временного усиления.

Процесс намораживания организуется так: площадку очищают и ограждают валиками из снега, высота которых после поливки их водой и замерзания должна быть в 1,5 раза больше принятого слоя намораживания льда. Затем из проруби мотопомпами воду заливают слоями 0,5—1,0 см. Большая прочность намороженного льда получается при температурах от —8° до —15° С. При более низких температурах скорость намораживания увеличивается и в намороженном слое возникает большое число мелких трещин, что приводит к снижению прочности.

Продолжительность намораживания льда может определяться по формуле

$$\tau = \frac{790h_{в}}{T_0}, \quad (85)$$

где  $\tau$  — продолжительность образования наливного льда, мин;

$h_{в}$  — толщина слоя наливаемой воды, см;

$T_0$  — абсолютное значение отрицательной температуры воздуха.

Усиление ледяного покрова армированием или устройством верхнего строения производится главным образом в местах спуска с берега на лед или слабых участков ледового покрова. Наиболее эффективно армирование льда. Для этого в растянутой его зоне укладывают хворост, жерди, тонкомерные бревна, трос, стальную проволоку, что повышает несущую способность тонкого ледяного покрова в 2—3 раза. Процесс армирования заключается в том, что ледяной покров очищают от снега, затем укладывают арматуру в двух направлениях и намораживают лед.

Площадь сечения арматуры определяется по формуле

$$f_a = \mu 100h_{л}, \quad (86)$$

где  $\mu$  — коэффициент армирования, рекомендуемый для деревянной арматуры 0,005—0,035. Он выражает отношение площади поперечного сечения арматуры к площади льда, в которой находится арматура.

Ледяной покров усиливают также укладкой деревянных элементов (бревен или пластин) на поверхность льда для распределения давления от нагрузки на большую площадь (рис. 126). Та-

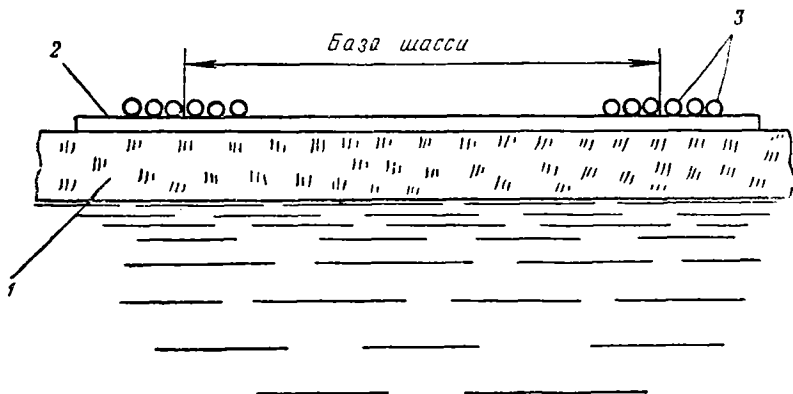


Рис. 126. Усиление ледового покрова устройством верхнего строения (для проезда автомобилей):

1 — лед; 2 — поперечники, укладываемые через 0,5—0,7 м; 3 — продольный настил (бревна, пластины)

кой способ усиления ледяного покрова называют устройством верхнего строения. Иногда верхнее строение вмораживается в поверхность льда посредством заливки водой, что несколько повышает эффект усиления. Однако устройство верхнего строения по сравнению с армированием льда менее эффективно и его применяют в незначительных объемах только в местах спусков с берега на лед.

Выполнение изложенных строительных мероприятий и расчетов толщины ледяного покрова обеспечивает надежную эксплуатацию ледовых аэродромов.

**ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ПРИ  
СТРОИТЕЛЬСТВЕ АЭРОДРОМОВ**

---

Для обеспечения строительства аэродромов материалами, полуфабрикатами, деталями и конструкциями организуют производственные предприятия: цементобетонные, асфальтобетонные заводы, базы для хранения и приготовления органических вяжущих, заводы и полигоны для изготовления бетонных и железобетонных изделий, карьеры строительных материалов, лесозаготовительные и лесоперерабатывающие предприятия. Некоторые из них создают для каждого объекта, другие обслуживают несколько объектов.

Нормальную работу производственных предприятий обеспечивают входящие в их состав ремонтные мастерские, парки — стоянки строительных машин, гаражи, склады, лаборатории.

Ремонтные мастерские, склады часто называют вспомогательными, подсобными предприятиями. Это неверно. Современное механизированное, автоматизированное предприятие не может существовать без них. Они органически входят в состав цементобетонных, асфальтобетонных заводов, карьеров вне зависимости от того, организуют их для данного строительного объекта или арендуют у местных строительных организаций.

Глава XVII

**ЦЕМЕНТОБЕТОННЫЕ ЗАВОДЫ**

**§ 111. Общие сведения**

Цементобетонный завод (ЦБЗ) — предприятие для приготовления цементобетонных смесей. В состав ЦБЗ входят: склады заполнителей, цемента и других материалов; бетоносмесительный цех; лаборатория; склады; сооружения и оборудование, необходимые для нормальной работы ЦБЗ. При использовании в ка-

честве заполнителя щебня изверженных пород на ЦБЗ предусматривают машины для промывки щебня.

Как правило, не рекомендуют включать в состав ЦБЗ дробильно-сортировочный цех, так как это усложняет технологическую схему завода, снижает экономическую эффективность предприятия за счет дополнительных погрузочно-разгрузочных работ с камнем на ЦБЗ, неиспользуемыми отходами дробления, а в ряде случаев получения ненужных производству фракций щебня; требует больших площадей.

На ЦБЗ должны доставлять чистый сортированный щебень, соответствующий ГОСТу и СНиП и только тех фракций и того качества, которые нужны для приготовления смеси бетона.

Способы снабжения ЦБЗ материалами определяют его наименование: прирельсовый, приобъектный. Прирельсовым ЦБЗ называют в том случае, если разгрузка, складывание материалов, бетоносмесительный цех расположены на одной площадке около железной дороги, приобъектным — у которого основные склады, как правило, находятся около железной дороги, а бетоносмесительный цех и расходные склады — около стройплощадки. В этом случае материал к расходным складам ЦБЗ доставляют автомобильным транспортом с прирельсового склада.

Во всех случаях желательно использовать местные строительные материалы. Чаще всего таким материалом на строительстве аэродрома является песок, который доставляют из местных карьеров на цементобетонный завод автомобильным транспортом.

## § 112. Приготовление цементобетонной смеси

Технологический цикл приготовления цементобетонной смеси на ЦБЗ включает: своевременную подачу сырья соответствующего качества, правильную дозировку отдельных компонентов, их полное смешивание и транспортирование смеси к месту укладки.

В зависимости от технологического цикла различают ЦБЗ с законченным, незаконченным и комбинированным технологическим циклом. Заводы с законченным циклом выдают готовую цементобетонную смесь — товарный бетон. На ЦБЗ с незаконченным циклом (система транспорт-миксинг) дозируют сухие компоненты, которые перемешивают в процессе транспортирования к месту укладки в автобетоносмесителях или передвижных дорожных смесителях на месте укладки смеси. Могут быть ЦБЗ с комбинированным технологическим циклом — возможностью приготовления товарного бетона и выдачей отдозированной сухой смеси. Схему «транспорт-миксинг» применяют при относительно больших расстояниях транспортирования смеси, когда длительное перемещение ухудшает ее качество.

Технологический процесс ЦБЗ обычно организуют по схеме, приведенной на рис. 127. Состав выполняемых работ: прием и хранение материалов, входящих в бетонную смесь, приготовле-

ние смеси и выдача ее в транспортные средства для отправки потребителям.

Кратковременность производства работ по строительству аэродромных покрытий, устройству подъездных путей и различ-

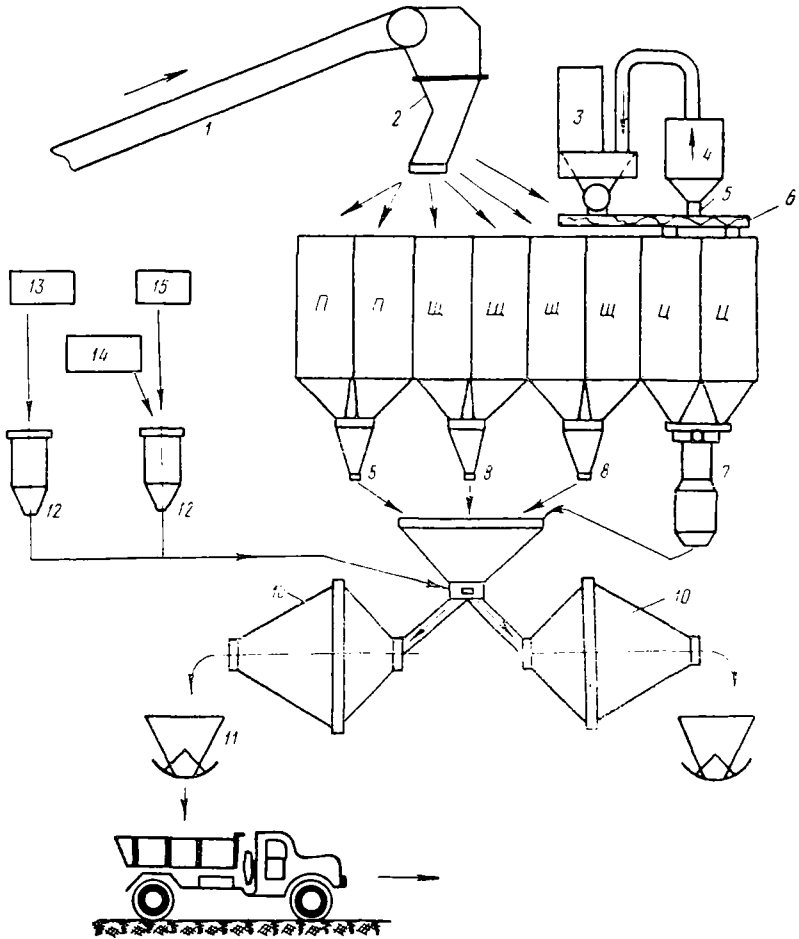


Рис. 127. Циклический технологический процесс приготовления цементно-бетонной смеси:

1 — ленточный транспортер; 2 — течка; 3 — матерчатый фильтр; 4 — циклон; 5 — мигалка; 6 — реверсивный шнек; 7 — дозатор цемента; 8 — дозаторы заполнителей; 9 — сборная воронка; 10 — бетоносмеситель; 11 — бункеры-копильники; 12 — дозаторы для жидкости; 13 — бак для известкового молока; 14 — запасной бак; 15 — баки для воды и добавок

ных сооружений и большие объемы бетонных работ, сконцентрированные в одном месте, являются той особенностью, которая сильно влияет на организацию ЦБЗ.

Как правило, основную массу крупного и мелкого заполнителя заготавливают в зимний период. К началу работ на склады ЦБЗ завозят до 60—75% общей потребности в заполнителях. Все это вызывает необходимость иметь хорошо организованное, комплексное механизированное и, если возможно, автоматизированное складское хозяйство.

В условиях аэродромного строительства бетонная смесь в основном расходуется на покрытие и лишь небольшое количество

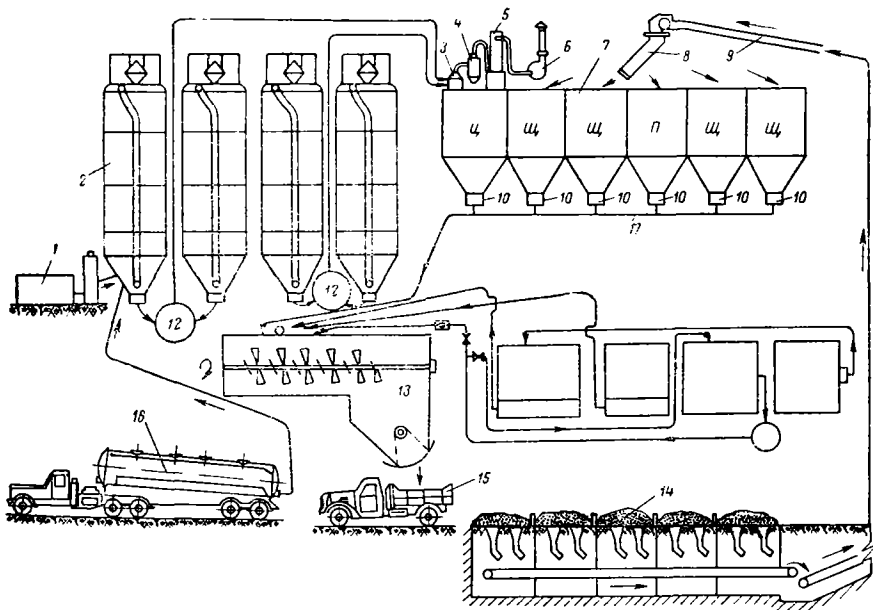


Рис. 128. Схема непрерывного технологического процесса приготовления цементобетонной смеси:

1 — компрессор; 2 — силосная башня; 3 — бункер; 4 — циклон; 5 — фильтр; 6 — вентилятор; 7 — бункеры; 8 — желоб; 9 — транспортер; 10 — затворы маятниковых весовых дозаторов; 11 — дозаторная; 12 — камерный насос; 13 — бетоносмеситель; 14 — склад заполнителей; 15 — автомобиль-самосвал; 16 — автоцементовоз; 17 — собирающий ленточный транспортер

во ее (5—7%) идет на изготовление труб, устройство бетонных оснований под них. Детали, как правило, доставляют централизованно с заводов железобетонных изделий или полигонов, представляющих самостоятельное производственное предприятие.

Для упрощения организации ЦБЗ целесообразно изготовление смеси для покрытия организовать на центральном заводе. Бетонную смесь для труб лучше всего готовить в небольших бетоносмесителях на стройдворах или полигонах. Такое разделение почти всегда экономически оправдано.

Для повышения качества бетона используют различные поверхностноактивные вещества, введение которых уменьшает во-



допотребность и расход вяжущего при одновременном сохранении или повышении пластичности, морозостойкости, удобоукладываемости смеси.

Для приготовления и введения ПАВ в бетонную смесь предусматривают соответствующее оборудование и включают его в состав ЦБЗ.

По технологическому режиму приготовления смеси различают ЦБЗ циклические (периодического действия) и непрерывного действия. В циклических — отдельные технологические операции (дозирование, смешение, выдача) последовательно сменяют друг друга во времени. На ЦБЗ непрерывного действия все основные операции выполняют одновременно (рис. 128).

### § 113. Склады

Склады — важная составная часть ЦБЗ. Затраты на их организацию и содержание являются накладными расходами на строительство и должны быть минимальными. Этого достигают повышением производительности труда, снижением трудоемкости работ, уменьшением потерь материалов, снижением стоимости складских работ. Трудоемкость складских работ и себестоимость переработки грузов можно снизить только при комплексной механизации и автоматизации технологических процессов по приему, разгрузке, хранению и выдаче материалов.

Для удешевления складских работ во всех случаях, где это возможно и экономически целесообразно, материалы должны поступать на ЦБЗ, минуя промежуточные склады, без перевалочных операций на складах.

На ЦБЗ организуют склады заполнителей, цемента, различных солей и добавок, материально-технический, топлива и масел. Склады: материально-технический, топлива и масел, запасных частей организуют общие для всего строительства аэродрома.

Территория, отводимая под склады, должна быть минимальной по площади, спланирована, иметь необходимый уклон для стока атмосферных вод в канавы и отвод их от площадки; должно быть обеспечено прямоточное и удобное движение материалов от складов к бетоносмесительному цеху; не должно быть встречных потоков, а если они есть, то должны идти в разных уровнях; обеспечены удобное движение автомобилей по территории ЦБЗ и достаточные места у бетоносмесителей для маневрирования автомобилей-самосвалов. При этом необходимо обеспечить противопожарные разрывы между зданиями и необходимое противопожарное оборудование; хорошие и удобные проезды и проходы.

Склады, как правило, проектируют в комплексе с основными цехами ЦБЗ и в увязке с общими складами строительства. В некоторых случаях может возникать необходимость устройства перегрузочных складов для хранения заполнителей и цемента.

## Склады заполнителей

Склады заполнителей (песка, гравия, щебня) организуют для хранения материалов без тары. Это материалы, которые относят к группе навалочных грузов.

Трудоемкие работы по погрузке, разгрузке и штабелированию материалов должны быть механизированы, а если экономически оправдано, то и автоматизированы. Механизированные способы выгрузки нерудных строительных материалов в зависимости от применяемых транспортных средств для доставки и разгрузочных машин могут быть: гравитационная разгрузка, разгрузка сталкиванием и черпанием.

Гравитационную разгрузку применяют, если транспортные средства для доставки материалов саморазгружающиеся. Разгрузку сталкиванием используют при доставке материалов на железнодорожных платформах. Вычерпыванием разгружают открытые вагоны и полувагоны-гондолы.

Для сталкивания материала используют специальный отвал-скребок, который монтируют на экскаваторе, тракторе, одноковшовом погрузчике. При разгрузке материала скребком (односторонним или двухсторонним), он совершает поступательно-возвратное движение в направлении, перпендикулярном продольной оси платформы. Сыпучий материал сталкивают скребком по одну или обе стороны платформы в приемный бункер. Железнодорожную платформу при этом с помощью тяговой маневровой лебедки или тепловоза (электровоза) продвигают по рельсам с установленной скоростью.

Под приемным бункером устанавливают ленточный питатель, который выдает материал на ленточные транспортеры склада заполнителей.

Применение скребков на экскаваторах, тракторах и погрузчиках требует дополнительного укрепления откосов насыпей во избежание их разрушения и смешивания разгружаемого материала с грунтом насыпи. Кроме того, нельзя автоматизировать процесс разгрузки и сложно разгружать и складывать различные фракции щебня, прибывающего в одном железнодорожном составе. Наиболее эффективна разгрузка машиной Т-182А (рис. 129). Наличие у нее щетки из стальных проволок в нижней части скребка позволяет зачищать платформу от остатков материала.

Для выгрузки зачерпыванием (вычерпыванием) пользуются машинами С-492, ПЗ-240, разгружающими не только полувагоны, но и платформы всех типов. Отпадают такие трудоемкие операции, как открывание и закрывание люков гондол и бортов платформ. Материал разгружают при помощи ковшового (одно или двух) элеватора методом вычерпывания. Материал из элеватора поступает на передаточный транспортер и оттуда на отвальный ленточный транспортер (рис. 130), с которого в зависимости от принятой схемы склада его подают в штабель или в приемный

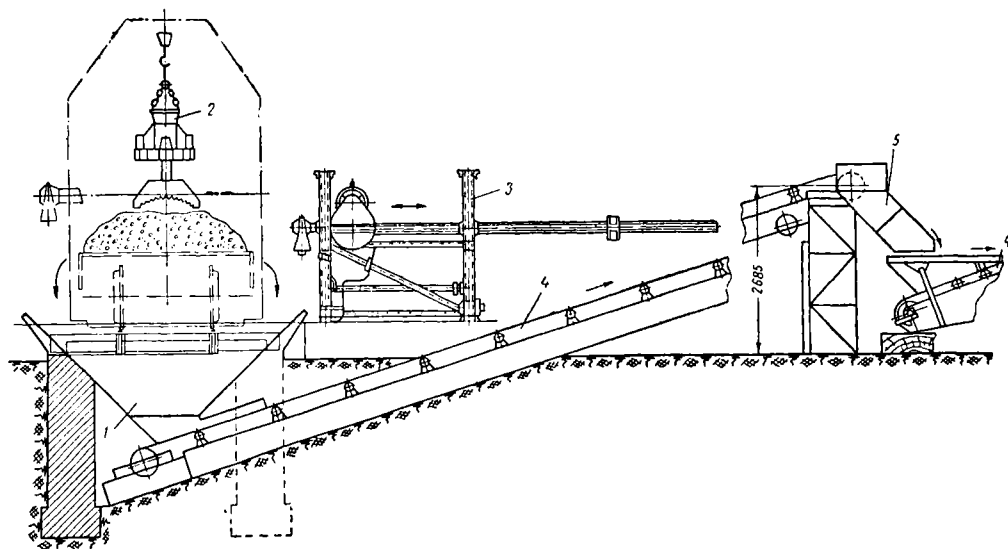


Рис. 129. Разгрузка заполнителей сталкиванием:

1 — бункер; 2 — виброрыхлительная машина С-656; 3 — разгрузочная машина; 4 — ленточный транспортер; 5 — желоб

бункер. Производительность разгрузчиков типа С-492 — 300 т/ч, РН-350 — 350 т/ч. Разгрузчик ПЗ-240 отличается от С-492 наличием подгребающих шнеков, которые подают материал к ковшовому элеватору.

Общий недостаток вычерпывающих разгрузчиков — большая металлоемкость и энергоемкость, значительный износ ковшей, необходимость в дополнительных маневрах вагонов при разгрузке различных фракций щебня.

После разгрузки заполнителей из полувагонов-гондол в них остается часть материала, который удаляют вручную или меха-

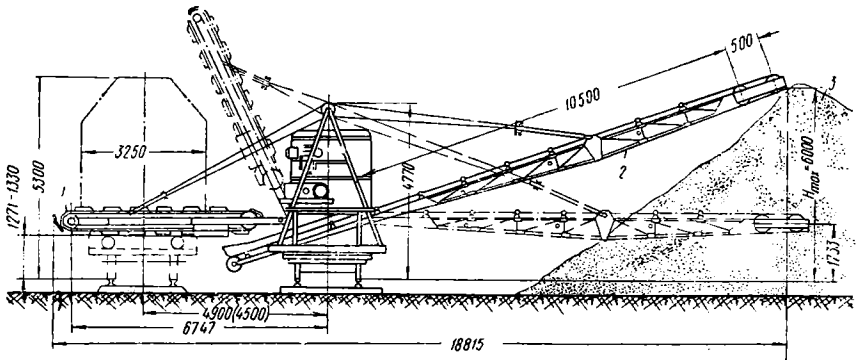


Рис. 130. Разгрузка заполнителей вычерпыванием:  
1 — ковшовая цепь; 2 — перегрузочный транспортер; 3 — штабель

низированным способом. Для механизированной зачистки остатков заполнителей используют накладные люковибраторы. Их устанавливают на люки и при включении остатки материала стекают в приемные бункеры. Направление колебаний вибраторов перпендикулярно открытым люкам.

Для разгрузки железнодорожных платформ и открытых вагонов используют грейферные ковши на кранах, экскаваторах, автопогрузчиках. Эффективность применения той или иной разгрузочной машины проверяют экономическими расчетами. Наиболее дешевым способом разгрузки является использование саморазгружающихся транспортных средств — думпкаров и др.

*Разгрузка смерзшихся заполнителей.* Для восстановления сыпучести замерзших заполнителей, прибывающих на железнодорожных платформах, применяют бурофрезерные машины БРМ-56А, РРМ-80 и виброрыхлительные ВР-17, С-656. При подходе вагона под рыхлительную машину рабочий орган ее устанавливают на смерзшийся материал, находящийся в вагоне, затем его включают. Смерзшийся материал разрыхленный при помощи разгрузочных машин, легко выгружают из вагона.

*Транспортное оборудование склада заполнителей.* Основным видом транспортного оборудования для штабелирования и пода-

чи заполнителей на склад и бункеры бетоносмесительного цеха служат ленточные транспортеры (конвейеры): стационарные, звеньевые и передвижные, транспортеры-метатели. Они перемещают материал в горизонтальном и наклонном положениях при угле подъема до  $18^\circ$

Возможность загрузки и разгрузки транспортеров в любом месте по длине делают их удобным и универсальным видом транспорта на ЦБЗ.

Полное использование производительности транспортеров достигают применением для их загрузки и разгрузки вибропитателей, вибродозаторов-питателей. При использовании ленточных транспортеров для недопущения разделения гравия или щебня на фракции, при ссыпании с них применяют хоботы, лотки и бездонные ящики, которые крепят к разгрузочному концу транспортера.

Для транспортирования заполнителей удобны также вибро-транспортеры, позволяющие подавать материал не только по горизонтали, но и по вертикали. Все транспортеры устанавливают на открытых площадках, в закрытых наземных и подземных галереях. Для сбрасывания материала в любом месте по длине ленточного транспортера его оборудуют плужковыми сбрасывателями или сбрасывающими тележками.

По способам доставки материалов на ЦБЗ различают склады: прирельсовые, безрельсовые с автомобильным транспортированием материала и береговые у реки.

По способам хранения материалов склады подразделяют на штабельные, бункерные, полубункерные и силосные. Полубункерные склады могут быть подземными и полуподземными. Заполнители выходят из бункеров только самотеком (гравитационный способ)

В штабельных складах хранение заполнителей организуют на земле. Бортовые стороны штабеля образуются при ссыпании материала под углом естественного откоса. В полубункерных складах производят выдачу материалов самотеком через течки с затворами на подземный ленточный транспортер.

Штабельные и полубункерные склады могут быть открытыми, частично закрытыми и закрытыми (рис. 131). Штабелированием заполнителей называют процесс перемещения от мест загрузки с транспортных средств на место укладки и хранения. Для механизированного штабелирования используют ленточные транспортеры, штабелеукладчики, стреловые краны и экскаваторы с грейферным оборудованием, одноковшовые и многоковшовые погрузчики, канатно-скреперные установки.

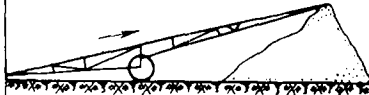



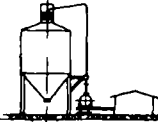

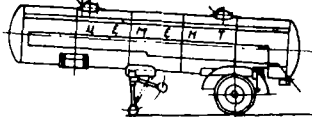
Штабелирование щебня бульдозером или подгребание щебня с заездом на него нежелательно. При работе со щебнем слабых пород происходит обкалывание граней и острых углов щебенки. Дополнительное дробление материала увеличивает содержание мелочи. При движении трактора по щебню часто происходит за-

Склады

По назначению

Приобретенные и участковые  
 базисные (управления строительством, СУ)  
 производственных предприятий

Резервные  
 расходные

По устройству		Хранимый материал
1		Строительные материалы
2		Песок, щебень (зимой), арматурная сталь, доски
3		Сыпучие строительные материалы
4		Сыпучие строительные материалы, минеральный порошок
5		Цемент, минеральный порошок, щебень, песок
6		Цемент, минеральный порошок, известь, технические материалы, запчасти
7		Цемент, минеральный порошок, топливо, смазки и др.


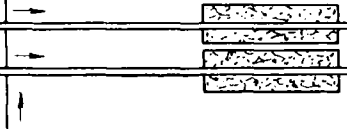
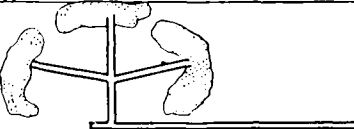
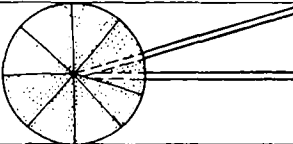
По расположению в плане		Хранимый материал
8		Все материалы и полуфабрикаты
9		То же
10		Сыпучие строительные материалы
11		То же

Рис. 131. Классификация складов заполнителей:  
 1 — открытая площадка; 2 — площадка с навесом;  
 3 — полубункерный; 4 — бункерный; 5 — силосный; 6 — закрытый; 7 — передвижной; 8 — линейно-протяженный; 9 — прямоугольный параллельными рядами; 10 — радиально-кольцевой; 11 — радиально-секторный

клинки ленты гусеничного хода. Лучше подгребать щебень навесными отвалами к машинам на колесах с пневматическими шинами, к тракторам «Беларусь», автопогрузчикам. Чтобы предохранить заполнитель от загрязнения, на площадке открытого склада устраивают покрытие из тощего бетона.

*Выдача заполнителя со склада.* В ряде случаев со склада ЦБЗ бывает нужно выдать заполнитель с погрузкой его на автомобили. В зависимости от объема выдачи материала при погрузке из открытых штабелей используют одноковшовые экскаваторы, грейферные краны, автопогрузчики и др.

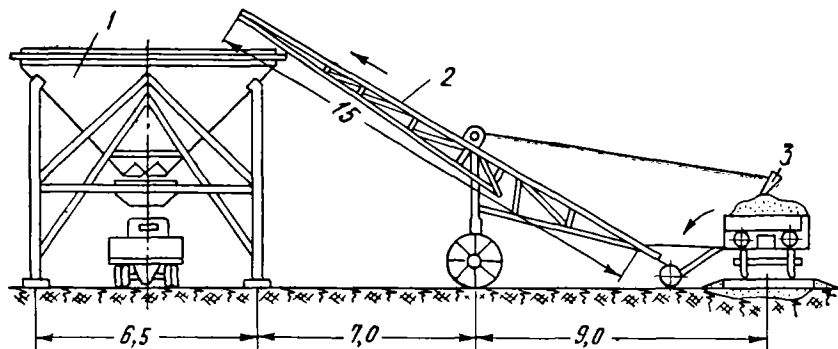


Рис. 132. Бункер для погрузки заполнителей:  
1 — бункер; 2 — транспортер; 3 — разгрузчик

Целесообразно устройство погрузочных бункеров различного конструктивного исполнения и емкостей, позволяющих сразу загрузить автомобиль открытием затвора бункера. Бункеры изготовляют из металла (рис. 132), дерева, бетона и железобетона, комбинированные. Выпускные отверстия прямоугольных бункеров делают в зависимости от конструкции бункера и типа применяемых затворов или питателей квадратной или прямоугольной формы. Прямоугольная форма отверстия при одинаковой площади истечения лучше обеспечивает беспрепятственное высыпание материала, чем квадратная. Важный параметр бункера, способствующий успешной гравитационной выгрузке материалов, — угол  $\alpha$  наклона стенок бункера и наименьший размер выпускных отверстий  $a$ . Если стенки бункера сделаны из стальных листов, то  $\alpha$  и  $a$  имеют следующие величины:

	$\alpha$ , град.	$a$ ,
Песок . . . .	50—45	500
Гравий, щебень	50—45	300—500

Для бункеров со строгаными деревянными стенками угол наклона увеличивают на  $5^\circ$ .



Пропускную способность бункера определяют по формуле

$$\begin{aligned} \Pi &= 3600vF, \\ v &= \lambda \sqrt{3,3gR}, \end{aligned} \quad (87)$$

где  $F$  — площадь выпускного отверстия бункера,  $\text{м}^2$ ;  
 $v$  — скорость истечения материала,  $\text{м/сек}$ ;  
 $\lambda$  — коэффициент истечения 0,3—0,5;  
 $g$  — ускорение свободного падения,  $\text{м/сек}^2$ ;  
 $R$  — гидравлический радиус отверстия,  $\text{м}$ .

### Запасы материалов и расчет площади складов

Запасы заполнителей на складе имеют существенное значение для бесперебойного снабжения ЦБЗ. В зависимости от класса аэродрома количество потребляемых заполнителей резко колеблется. На складах ЦБЗ обычно хранят: щебня 30—50 тыс.  $\text{м}^3$ , песка (при доставке по железной дороге) 20—30 тыс.  $\text{м}^3$ . Запасы, создаваемые в излишних количествах, увеличивают складские площади, затрудняют правильное использование оборотных средств, увеличивают складские расходы и удорожают производство бетонной смеси.

Величина складского запаса является основой для отвода площадей под склады и оказывает значительное влияние на выбор способов механизации складских работ, целесообразности их автоматизации.

Зная общую годовую потребность в заполнителях, определяют размер запаса, исходя из режима снабжения материала, подачи транспорта, директивных указаний руководящих организаций по строительству. Необходимый запас материалов рассчитывают по установленным нормам в днях:

	Вид транспорта		
	железнодорожный	волный	автомобильный
Заполнители	20	30	5
Цемент	30	60	10
Жидкое топливо	15	30	5

Нормы запаса материалов должны предусматривать возможность бесперебойного снабжения ЦБЗ материалами с учетом необходимых сезонных заготовок и весенне-осенней распутицы.

По характеру образования запасы можно классифицировать на производственные и сезонные. Сезонные запасы образуют в тех случаях, когда доставка материалов на определенное время года совершенно прекращается (ледостав, разлив рек). К сезонным относят периоды, когда можно использовать имеющийся свободный транспорт. Эти запасы  $T_{\text{рз}}$  достигают 50—60% от общей годовой потребности в материалах.

Производственные запасы складываются из двух видов — текущего и гарантийного. Текущий запас — количество материала, которое необходимо для бесперебойной работы ЦБЗ между двумя очередными поставками материалов. Он зависит от частоты поставок материала на ЦБЗ, которая определяется видом транспорта (железнодорожный, речной, автомобильный), грузоподъемностью транспортных средств, календарных сроков поставки и договорных условий на поставку.

Гарантийные (резервные) запасы создают на случай непредвиденных задержек поступления материала на склад. Если гарантийные запасы расходуют, то они должны немедленно восстанавливаться. Срок запаса  $T_3$  определяют по формуле

$$T_3 = \frac{Q}{P_{\text{расх}}}, \quad (88)$$

где  $Q$  — запас материала на складе,  $\text{м}^3$  (т);  
 $P_{\text{расх}}$  — расход материала, т или  $\text{м}^3/\text{сутки}$ .

Величина  $T_3$  обозначает отрезок времени, на который хватит одновременно поступившего материала, и указывает также на интервал в прибытии грузов.

Для бесперебойной работы ЦБЗ не все запасы являются необходимыми. Например, гарантийные запасы  $\Gamma_3$  целесообразны, но если поступление их за единицу времени превышает складской расход, то для ЦБЗ они не являются необходимыми. То же самое можно сказать и о транспортных запасах  $T_3$ .

Для решения вопроса о запасах составляют графики их образования и расходования (рис. 133).

Потребное количество материала, подлежащего хранению на складе, в общем виде равно текущему запасу  $T_{3, \text{общ}}$ :

$$T_{3, \text{общ}} = T_3 + \Gamma_3, \quad (89)$$

а при необходимости иметь транспортный  $T_3$  или сезонный  $C_3$  запасы

$$T_{3, \text{общ}} = T_3 + \Gamma_3 + T_{\text{р.з}} + C_3. \quad (90)$$

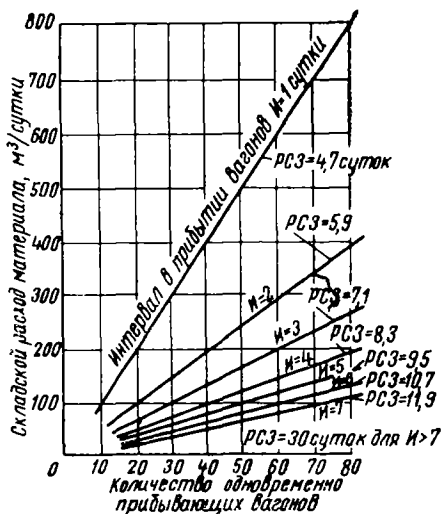


Рис. 133. График расчетных сроков запаса (РСЗ) заполнителей при доставке по железной дороге

В этом случае приходится расширять склад, что иногда бывает экономически целесообразно.

Потребное количество материала, подлежащего хранению, рассчитывают по каждому виду материала отдельно, поскольку условия их хранения, средства механизации и автоматизации могут быть различными.

Необходимую площадь под склады, включая проходы, определяют по формуле

$$F_{\text{скл}} = \frac{T_{\text{з.общ}}}{qk_c}, \quad (91)$$

где  $q$  — количество материала, укладываемого на  $1 \text{ м}^2$  площади склада;

$k_c$  — коэффициент использования склада, характеризующий отношение полезной площади склада к общей (0,6—0,7 — склады нерудных строительных материалов полубункерные, 0,4—0,6 — штабельное хранение материала).

Для удобства и быстроты разгрузки склад должен иметь достаточный фронт разгрузки и отпуска материалов. Величины разгрузочного фронта должны быть не менее

$$L_{\text{ф}} = k_{\text{н.п}} \frac{nl + b(n-1)}{m}, \quad (92)$$

где  $k_{\text{н.п}}$  — коэффициент неравномерности подачи (для автомобильного транспорта — 1,3—1,5; для железнодорожного — 1,2);

$n$  — количество прибывших в сутки транспортных единиц;

$l$  — длина транспортной единицы,  $м$ ;

$b$  — расстояние между транспортными единицами,  $м$  (для железнодорожного транспорта — 1,0—1,5; автомобильного при установке торцом — 1  $м$  и при установке вдоль фронта — 2,5  $м$ ; водного — 5—10  $м$ );

$m$  — число подач транспортных единиц к складу в сутки.

Количество транспортных единиц, прибывающих в сутки на склад, должно быть не менее

$$n = \frac{Q' k_{\text{н.п}}}{tq}, \quad (93)$$

где  $Q'$  — общее количество груза, прибывшего за расчетный период, в соответствующих измерениях;

$k_{\text{н.п}}$  — коэффициент неравномерности подачи груза (1,2—2,0);

$t$  — количество суток работы транспорта за период прибытия груза;

$q$  — грузоподъемность транспортной единицы.

Наибольшее число подач к складу может быть

$$m = \frac{t'}{t''}, \quad (94)$$

где  $t'$  — продолжительность работы склада в сутки (8—24 ч);  
 $t''$  — время на подачу, разгрузку и уборку транспортных единиц, одновременно устанавливаемых у фронта разгрузки.

Для железнодорожного транспорта МПС примерное время разгрузки составляет для заполнителей и камня один час.

Показатели для определения площадей складов приведены в табл. 60.

Т а б л и ц а 60

Материал	$q$ , м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup>	Высота укладки, м	Способ укладки	Способ хранения
Камень бутовый, булыжный в механизированных складах	2—3	2,5—3,5	Штабель	Открытый
Щебень, гравий, песок	3—4	5—6	Бункер	Закрытый
Цемент	2,5—4	2—3		
	7—12	6—10	Силос	

### Склады цемента

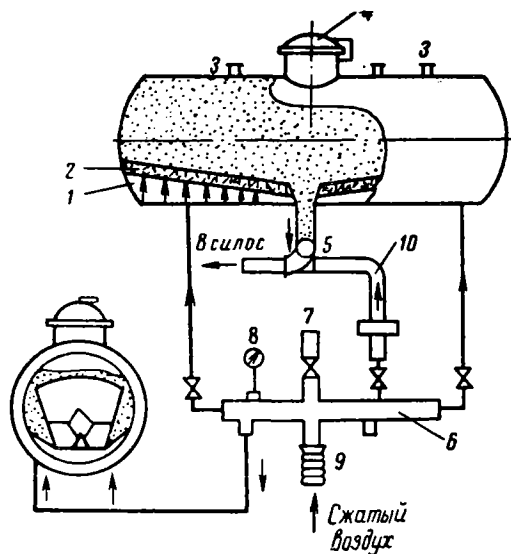
Цемент обладает особенностями, которые необходимо учитывать при его транспортировании и хранении на складе. Он сильно пылит, вызывая большие потери, чувствителен к влаге и при соприкосновении с ней схватывается, в результате чего цементируются стенки силоса, цементопроводы, затворы. Цемент способен слеживаться и образовывать своды при хранении в бункерах и силосах, что ухудшает его выдачу. При длительном хранении цемент теряет свою активность и подлежит проверке в лаборатории. Портландцемент проверяют через каждые 3—4 месяца, пуццолановый — через 2—3 месяца. Цемент способен вызвать профессиональное заболевание (кониоз) обслуживающего персонала. Цемент обладает абразивностью. Это влияет на быстрый износ трущихся частей машин при попадании в них цемента.

*Транспортируют цемент* навалом в крытых железнодорожных вагонах, саморазгружающихся вагонах бункерного типа, цистернах с пневматической разгрузкой, контейнерах и в бумажных (крафт) мешках.

Цемент, перевозимый навалом в крытых вагонах, требует дополнительных средств механизации для его разгрузки и пода-

чи на склад. Саморазгружающиеся бункерные вагоны сокращают трудоемкость работ, но имеют и недостатки: при гравитационной разгрузке в них остается до 8—15% объема цемента, который удаляют вручную, большие усилия требуются для открывания шиберных заслонок.

Лучше доставлять цемент в вагонах-цементовозах, конструкцию которых разработал ВНИИстройдормаш (рис. 134). Разгрузка цемента из них — аэрационно-пневматическая. При раз-



грузке вагонов в силосные склады почти нет потерь цемента.

Для доставки цемента на ЦБЗ с цементных заводов на расстояние до 100 км и более эффективно использовать автоцементовозы большой грузоподъемности 40—100 т

Рис. 134. Железнодорожный вагон-цементовоз:

1 — аэролоток; 2 — наклонный пол; 3 — загрузочный люк; 4 — лазовый люк; 5 — разгрузочный патрубков; 6 — коллектор; 7 — предохранительный клапан; 8 — манометр; 9 — шланг; 10 — воздухопровод

и автопоезда-цементовозы с аэрационно-пневматической разгрузкой и подачей цемента на высоту до 10 м.

*Механизация разгрузочных и внутрискладских транспортных работ.* Для разгрузки цемента из крытых вагонов используют пневматические разгрузчики всасывающего действия С-578 (15—20 т/ч), С-577 (50—60 т/ч) и С-559 (80—90 т/ч). Разгрузчики используют в комплекте со всеми типами существующего оборудования для горизонтального и вертикального перемещения материалов тонкого помола: винтовыми пневматическими подъемниками, аэрожелобами по схеме разгрузчик — подъемник — аэрожелоб.

Действие всасывающего разгрузчика на заборе и перемещении цементной массы по гибкому цементоводу происходит за счет вакуума, создаваемого и поддерживаемого в системе установки вакуумнасосом без подсоса избыточного воздуха извне. Но разгрузчики этого типа дороги требуют большой мощности двигателя 25—100 квт, у них быстро изнашиваются шнеки. В комплект

такого пневморазгрузчика входит: заборное устройство, цементовод, осадительная камера, вакуумный насос, пульт управления.

Для внутризаводского транспортирования цемента используют винтовые транспортеры (шнеки) для горизонтального перемещения, а для вертикального — ковшовые элеваторы. Лучшим является пневматический транспорт цемента, обеспечивающий удовлетворительные санитарные условия при производстве погрузочно-разгрузочных работ, исключая потери цемента. Этот вид транспортирования значительно снижает трудовые затраты на транспортные работы.

Помимо цемента, пневматическим транспортом можно пользоваться и для перемещения других сыпучих материалов тонкого помола, физико-механические свойства которых аналогичны цементу (например, минерального порошка). Несмотря на большой расход сжатого воздуха пневматический транспорт удобен и в большинстве случаев более эффективен, чем шнеки и ковшовые элеваторы.

Для пневматического транспортирования цемента на расстояние до 150—200 м на складах применяют винтовые и камерные насосы, винтовые подъемники (рис. 135) и транспортные же-

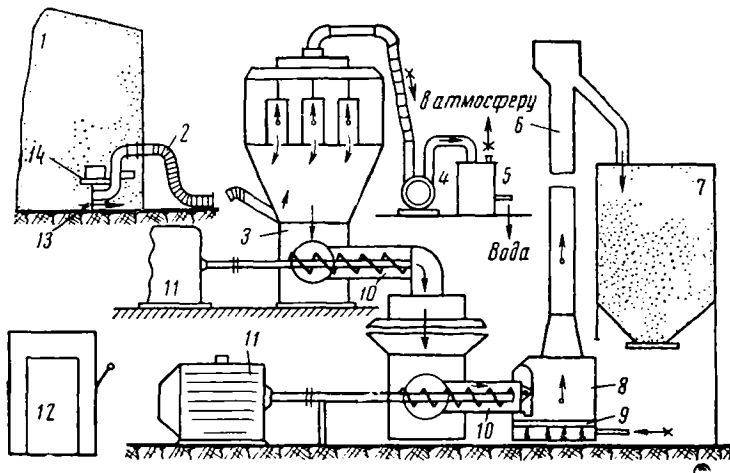


Рис. 135. Разгрузка цемента из крытого вагона с использованием пневматического разгрузчика вакуумного типа и пневмоподъемника: 1 — железнодорожный вагон; 2 — заборное устройство; 3 — осадительная камера; 4 — вакуумный насос; 5 — водоотделитель; 6 — пневмоподъемник; 7 — силос цемента; 8 — камера смешения; 9 — аэроплиты; 10 — шнековый питатель; 11 — электродвигатель; 12 — пульт управления; 13 — диски; 14 — рушитель

лоба (см. рис. 138) Винтовые насосы широко распространены для подачи цемента по трубопроводам любой конфигурации. Камерные насосы применяют для транспортирования материалов по трубам на расстояния, превышающие 200 м. В отдельных

случаях это расстояние достигает 1000 м и более. Использование на короткие расстояния камерных насосов нерентабельно.

Транспортные желоба предназначены для перемещения материалов тонкого помола, включая цемент, в горизонтальном направлении с углом наклона желоба в сторону движения материала не более  $4-6^\circ$ . Производительность желобов — 50—250 т/ч при расходе воздуха 15—48 м<sup>3</sup> на 1 м желоба.

Технология процесса по выгрузке bestарного цемента из крытых железнодорожных вагонов в приемные устройства прирельсовых складов, расположенных в непосредственной близости от вагонов, с использованием разгрузчика цемента вакуумного типа происходит следующим порядком.

При въезде заборного устройства 2 в вагон штыревой рушитель 14, расположенный в передней части заборного устройства, обрушивает цементную массу на подгребающие диски 13, которые подают материал к всасывающей воронке.

Из всасывающей воронки разрыхления цементная масса под действием вакуума перемещается по гибкому цементоводу в осадительную камеру 3, из которой цемент выдается разгрузочным шнеком 10 в приемное устройство прирельсового склада. Избыточный воздух, проникший в систему разгрузчика через неплотности в ее соединениях, отсасывается вакуумнасосом 4 через рукавные фильтры в атмосферу.

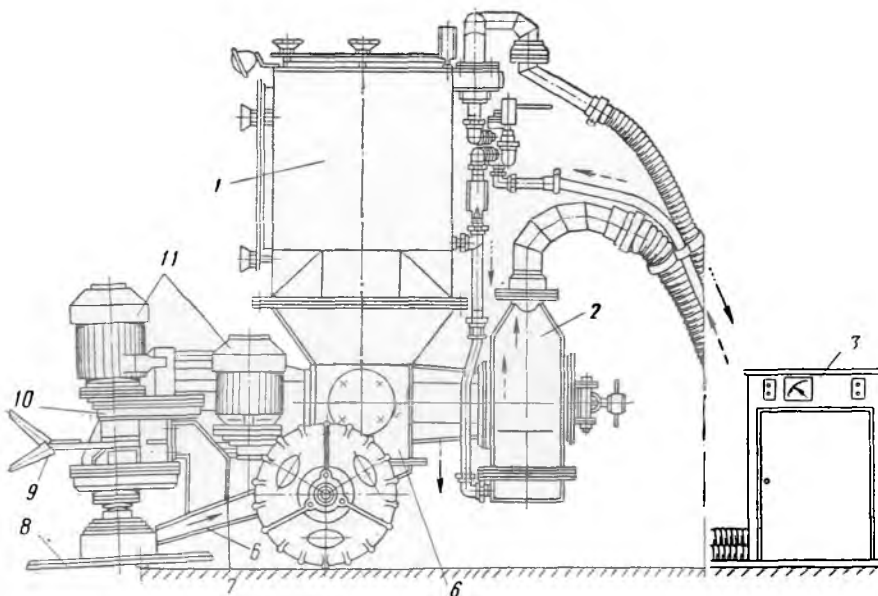


Рис. 136. Разгрузчик цемента всасы  
1 — осадительная камера; 2 — аэрационная камера; 3 — пульт управления; 4 — подгребающие диски; 9 — рушитель слежавшегося

Использование разгрузчика обеспечивает удовлетворительные санитарные условия при производстве работ и полностью устраняются потери цемента. Он не только выполняет основные операции, связанные с выгрузкой цемента из вагонов, включая отсос цемента от щита дверного проема, выгрузку основной массы, но и окончательную очистку вагона.

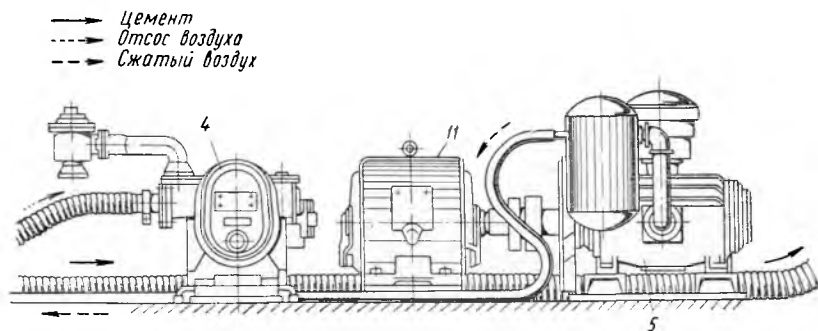
Один из недостатков разгрузчика — небольшая дальность подачи выгружаемого материала (9—12 м), что вызывает необходимость в дополнительном оборудовании для выполнения транспортных операций.

Для решения задачи комплексной механизации выгрузки цемента из вагонов с одновременной подачей его в промежуточные емкости прирельсовых складов рекомендуется совместное применение разгрузчиков с винтовыми пневматическими подъемниками или пневматическими транспортными желобами.

На рис. 135 приведена схема такого использования разгрузчика с пневмоподъемником. Цемент подается шнеком 10 в загрузочную камеру подъемника. Напорный быстроходный шнек подъемника забирает цемент из разгрузочной камеры и передает его в смесительную камеру 8, где смешивается со сжатым воздухом и под воздействием избыточного давления перемещается по пневмоподъемнику 6. Сжатый воздух подают от компрессора через аэроплиту 9. Дальность транспортирования материала при этом достигает 150 м. Производительность подъемника увязана с производительностью разгрузчика цемента.

Технология разгрузки цемента из крытых вагонов может быть улучшена применением разгрузчика С-960 всасывающе-нагнетательного типа (рис. 136), в котором сложный вакуумнасос заменен более простой воздушодувкой, а для подачи цемента из вагона в емкость хранения не требуется подъемник цемента (эрлифт).

Принцип разгрузки заключается в заборе цемента с помощью вакуума, создаваемого в системе разгрузчика с помощью возду-



вающе-нагнетательного типа:

воздуходувка; 5 — компрессор; 6 — всасывающее сопло; 7 — корпус шнека; 8 — цемента; 10 — редуктор; 11 — электродвигатели



ходулки и дальнейшего транспортирования цемента по трубопроводам за счет сжатого воздуха от компрессора. С помощью подгребающих дисков 8 цемент подается к заборному соплу 6, через которое поступает к быстроходному напорному шнеку.

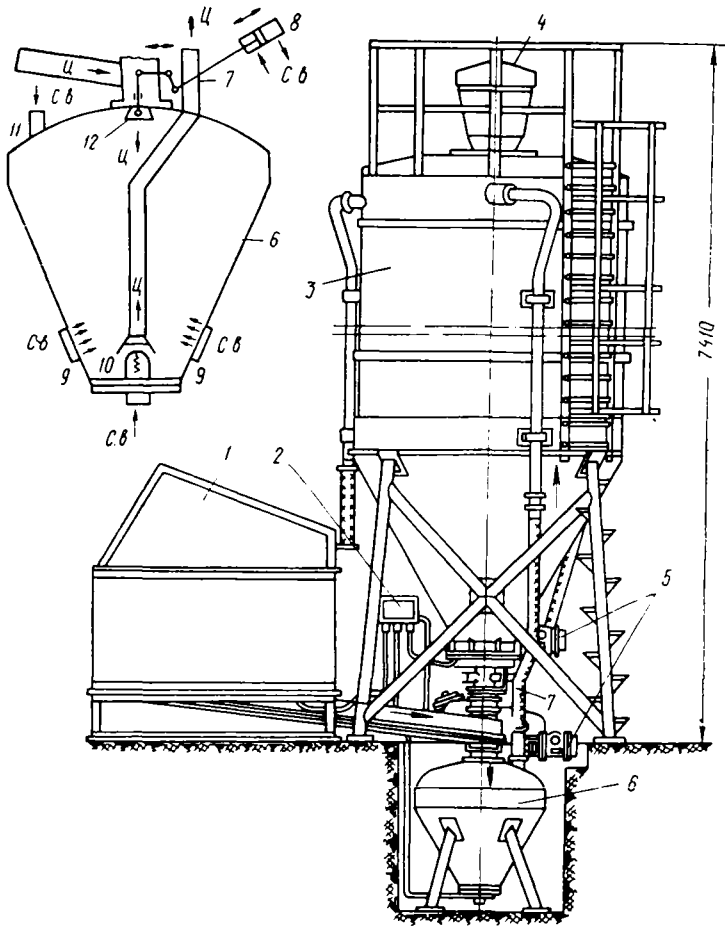


Рис. 137 Схема транспортирования цемента:

1 — приемный бункер; 2 — распределительное устройство; 3 — силос; 4 — фильтр; 5 — исполнительный механизм; 6 — камерный насос; 7 — цементопровод; 8 — цилиндр открытия клапана загрузки; 9 — микропористые перегородки; 10 — центральный клапан; 11 — воздуховод; 12 — клапан; Ц — цемент; С. В. — сжатый воздух

который направляет его в аэрационную камеру 2. Из этой камеры цемент сжатым воздухом, подаваемым от компрессора, транспортируется к месту выдачи. Очистка воздуха, поступающего в воздуходувку, осуществляется рукавными фильтрами, установ-

ленными в осадительной камере. Периодически фильтры очищают с помощью специального устройства. Производительность цементного насоса — 20 т/ч, давление сжатого воздуха — 1,5 кг/см<sup>2</sup>. Дальность транспортирования — 40 м, включая 15 м по вертикали.

На расстояние более 200 м цемент транспортируют камерными пневматическими насосами. Отсутствие в них трущихся частей делает их конструкцию более простой и надежной. Производительность камерных пневматических насосов — 20—50 т/ч. Насос состоит из одной или двух камер, загрузочного устройства и системы трубопроводов с автоматическими управляющими устройствами.

Технология процесса транспортирования цемента (рис. 137) состоит в том, что после загрузки очередной камеры, имеющейся в верхней ее части, обратный клапан 12 закрывается и в камеру подается сжатый воздух: в нижнюю часть через микропористую перегородку 9 для аэрирования материала и через специальную форсунку для транспортирования, а для создания необходимого перепада давления в верхнюю часть камеры подается небольшое количество воздуха. Под воздействием перепада давления цемента-воздушная смесь нагнетается в транспортный трубопровод и в нем перемещается к месту назначения. После полного опорожнения камеры и трубопровода с соответствующим снижением давления до минимального подача сжатого воздуха автоматически переключается в следующую камеру.

Недостатки камерных насосов — цикличность работы, значительный вес и большие габариты.

Большое распространение для горизонтального перемещения цемента, сухих, хорошо насыщаемых воздухом материалов тонкого помола используют пневматические транспортные желоба (рис. 138). Их монтируют из стандартных секций — звеньев, соединенных между собой торцовыми фланцами с уплотнением. В нижнюю часть желоба от вентилятора нагнетают воздух, который, проходя микропористую перегородку, аэрирует цемент, приводя его в движение при наличии уклона желоба 4—6°. Аэрожелоба применяют на складах цемента для приема материала от винтовых пневматических подъемников цемента с дальнейшей подачей его в силосные банки, а также для перемещения материала от силосных банок к винтовым пневматическим насосам.

Для придания текучести цементу, находящемуся в силосных банках, на днище банок укладывают аэроэлементы, к которым подводят сжатый воздух. Для регулируемой выгрузки цемента и других материалов тонкого помола из силосов и бункеров используют пневматические выгрузатели.

**Хранилища цемента.** Цемент хранят в инвентарных силосных складах, бункерных и деревянных складах амбарного типа (рис. 139).

При расчете емкости складов следует учесть свойства цемента. Рыхлый цемент имеет объемный вес  $1,0-1,2 \text{ т/м}^3$  и угол естественного откоса до  $15-18^\circ$ . Объемный вес слежавшегося цемента —  $1,5-1,7 \text{ т/м}^3$ . Такой цемент способен держаться с откосами до  $60-70^\circ$ , а иногда с отвесными откосами. За расчетный объемный вес цемента при хранении в силосах емкостью до  $25 \text{ т}$  принимают  $1,1 \text{ т/м}^3$ ; в силосах большей емкостью (с высотой до  $19 \text{ т}$ ) —  $1,4 \text{ т/м}^3$ . Для статического расчета силосов объемный вес цемента принимают  $1,6 \text{ т/м}^3$ .

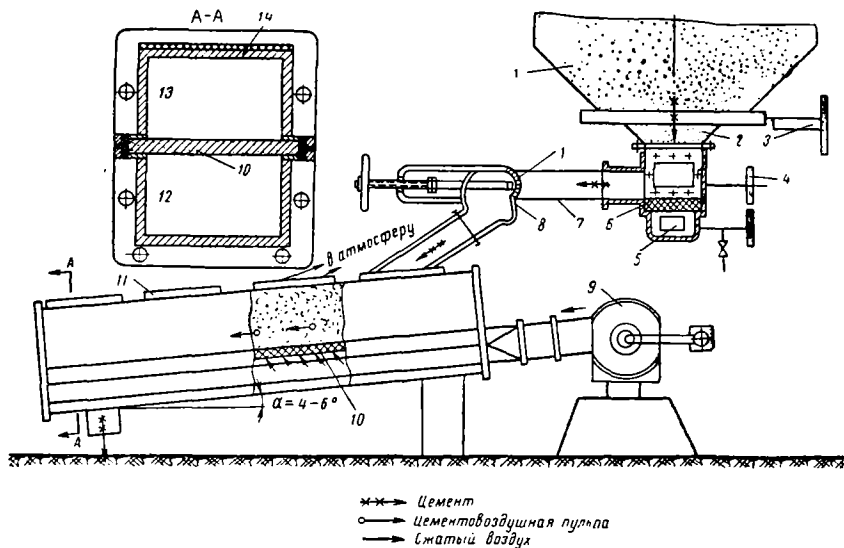


Рис. 138. Пневматический транспортный желоб (аэрожелоб):

1 — силосная банка с цементом; 2 — коническая воронка; 3 — шиберный затвор; 4 — управление донным разгрузителем; 5, 6 — аэрозлемент; 7 — выходной патрубок; 8 — конический клапан; 9 — вентилятор; 10 — микропористая перегородка; 11 — окно; 12 — воздушный канал; 13 — лоток для цемента; 14 — фильтрующая ткань, закрывающая окно 11

Силосные склады — лучшие из всех видов складов. Количество силосов, их емкость зависят от объема цемента, подлежащего хранению на складе. Силосы загружают ковшовым экскаватором, пневматическим транспортом.

Угол наклона конусных днищ силосов устраивают не менее  $55-60^\circ$ , чем обеспечивается хорошее истечение цемента. Диаметр выпускного отверстия  $225-300 \text{ мм}$ . Силосные склады могут быть инвентарными с металлическими силосами и стационарными — с железобетонными.

На ЦБЗ при строительстве аэродромов рекомендуются инвентарные силосы.

Амбарные склады — простые временные неинвентарные сооружения для хранения цемента. Обычно их делают двухэтаж-

ными: нижняя часть служит для хранения цемента, а верхняя для его приема, размещения средств механизации и рабочих. Высота засыпки цемента не превышает 2 м. Такой склад обычно строят, когда цемент прибывает навалом в крытых вагонах.

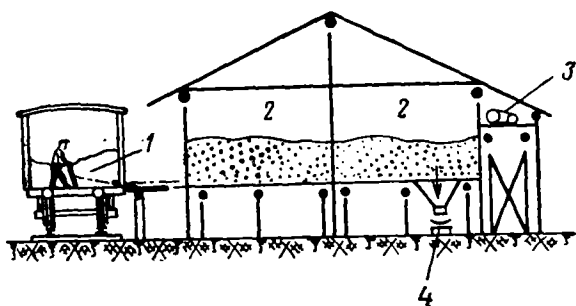


Рис. 139. Хранилище цемента:  
1 — шитовой разгрузчик; 2 — закрома; 3 — лебедка разгрузчика; 4 — ленточный транспортер

Склад делят на отсеки для хранения различных марок цемента. Средства механизации — лебедочный скребковый разгрузчик с канатным приводом. Склад хорошо изолируют от проникания влаги.

Амбарные склады неудобны для хранения цемента и их везде заменяют силосными, позволяющими комплексно механизировать, автоматизировать процесс загрузки складов и подачи цемента к бетоносмесительному цеху ЦБЗ. Запас цемента на ЦБЗ составляет примерно 8—10 тыс. т.

Типовые силосные склады бывают емкостью 300, 600, 1000, 2000, 4000, 6000 и 12 000 т. При строительстве аэродромов наибольшее распространение имеют склады емкостью 2500—4000 т.

*Автоматизация складов заполнителей и цемента* может быть частичной и комплексной. При частичной организуют централизованное дистанционное управление двигателями машин с пульта машиниста, блокировки электродвигателей и сигнализации. Комплексная автоматизация, помимо дистанционного управления запуском и остановкой машин, помимо блокировки электродвигателей, защищает от перегрузки, неправильного включения, аварий, обеспечивает автоматический контроль за работой машин, технологическим процессом, учетом выполненной работы.

При использовании на складах заполнителей разгрузчиков типа Т-182А и С-492 выгрузкой железнодорожных вагонов руководит оператор с дистанционного пульта управления. На рис. 140 приведена принципиальная схема автоматизации управления загрузкой и выдачей заполнителей с закрытого полубункерного склада.

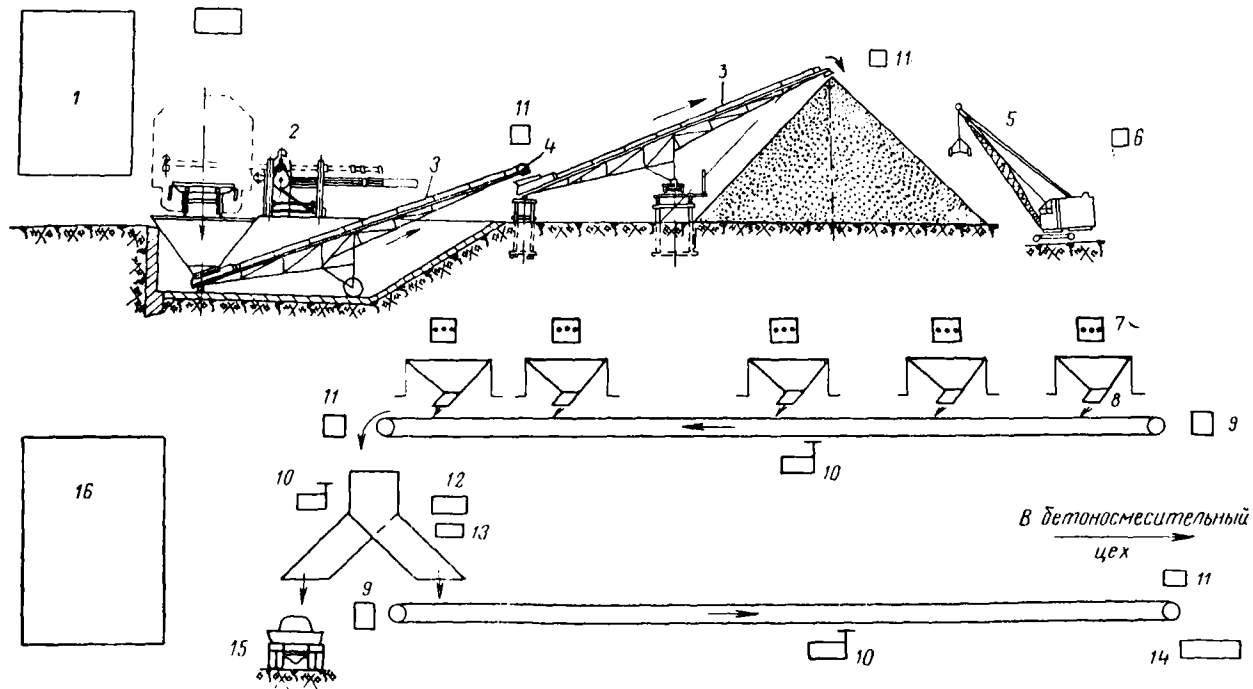


Рис. 140. Автоматизированный склад заполнителя с разгрузчиком Т-182А:

1 — пульт управления разгрузчиком, маневровой лебедкой, передвижением вагонов под разгрузку и передвижными ленточными транспортерами; 2 — разгрузчик Т-182А; 3 — ленточный транспортер; 4 — подвесной желоб; 5 — кран с грейфером; 6 — прибор учета работы крана; 7 — светофор; 8 — электродвигатель привода вибрлоткового затвора питателя; 9 — реле скорости; 10 — конечный выключатель; 11 — электродвигатель привода транспортера; 12 — электромагнит привода перекидного шибера течи; 13 — датчик, сигнализирующий о забивании пересыпного устройства; 14 — щиток, сигнализирующий о выдаче материала в бетоносмесительный цех; 15 — автомобиль-самосвал; 16 — пульт управления транспортерами и вибрлотками

Положение сбрасывающей тележки над тем или иным полубункером контролируется конечными выключателями. Тележка выходит на заданный полубункер автоматически. Верхний уровень материала в полубункере контролирует датчик, установленный на рукава кожуха сбрасывающей тележки. Материал из складов выдается автоматически по требованию из бетоносмесительного отделения. Нижний уровень материала в полубункерах контролируют датчики, которые сигнализируют о наличии материала на ленточных транспортерах. Вибролотковые затворы-питатели 8 каждого полубункера включаются циклично по требованию или когда прекращается истечение материала. Такая система обеспечивает равномерное срабатывание штабелей материалов в полубункерах склада.

Схемой автоматизации предусмотрено автоматическое, дистанционное и местное управление машинами с их деблокировкой, что позволяет выполнять: ремонтно-наладочные работы; запуск и остановку машин; эксплуатационную установку машин с доработкой материалов и аварийную без доработки; аварийное и местное отключение транспортеров и машин; контроль обрыва или ослабления лент при помощи реле скорости; сигнализацию о забивании пересыпных устройств датчиками; звуковую предупредительную сигнализацию о работе и положении машин, об уровне материалов в полубункерах, а также аварийную сигнализацию.

На рис. 141 показан прирельсовый автоматизированный сборно-разборный склад с металлическими силосными банками емкостью каждая 650 т. Склад можно смонтировать из четырех или шести силосных банок, которые размещают в два ряда перпендикулярно железнодорожному пути. Подсилосные разгрузочные желоба размещены радиально. Под приемным бункером 2 расположен пневмовинтовой насос, или пневмоподъемник, цемента 1.

Загрузочный аэрожелоб 8 установлен на галерее и имеет двухстороннюю разгрузку. В этой же галерее параллельно загрузочному аэрожелобу, смонтирован раздаточный аэрожелоб. Он питает расходные бункеры дозирочно-смесительного цеха ЦБЗ. Цемент из крытых вагонов разгружают с помощью пневматического разгрузчика непосредственно в подрельсовый металлический бункер 2. В этот бункер можно разгружать также и цемент, прибывающий в бункерных вагонах.

*Технико-экономические показатели.* Наиболее эффективные способы механизации погрузочно-разгрузочных работ выбирают на основе технико-экономических расчетов.

Показателями для сравнения являются: единовременные капиталовложения на 1 т годовой переработки, стоимость механизированной переработки 1 т груза, трудоемкость переработки 1 т груза, продолжительность простоев под погрузочно-разгрузочными операциями.

Единовременные капиталовложения на 1 т груза подсчитывают по формуле

$$K_e = \frac{K_{\text{мех}}}{Q}, \quad (95)$$

где  $K_{\text{мех}}$  — капиталовложения на устройство механизации по грузочно-разгрузочным работ;

$Q$  — количество перерабатываемого грунта за год, т.

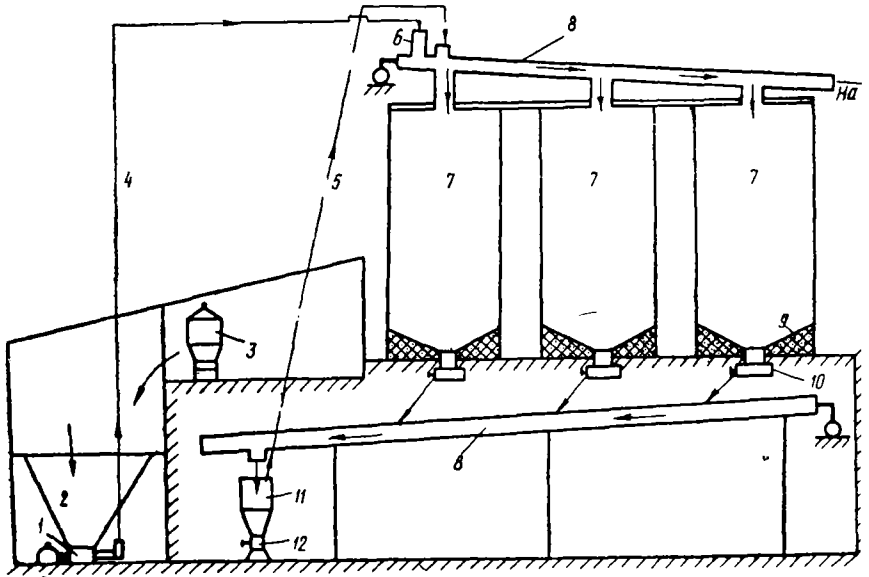


Рис. 141. Прирельсовый автоматизированный силосный склад цемента: 1 — пневмоподъемник; 2 — приемный бункер; 3 — пневматический разгрузчик цемента; 4, 5 — цементоводы; 6 — загрузочный бункер; 7 — силосные банки; 8 — аэрожелоб; 9 — аэроднище; 10 — затвор силоса; 11 — раздаточный бункер; 12 — пневмовинтовой насос или пневмоподъемник

Стоимость механизированной переработки 1 т груза определяют по формуле

$$G_{1т} = \frac{k_1 \Sigma C_{э.м} + k_2 \Sigma C_{о.з}}{П_э} + \frac{\Sigma C_{п}}{Q}, \quad (96)$$

где  $k_1$  — коэффициент накладных расходов на стоимость эксплуатации машин;

$\Sigma C_{э.м}$  — стоимость эксплуатации комплекта погрузочно-разгрузочных машин в течение одной смены, руб.;

$k_2$  — коэффициент накладных расходов на основную заработную плату рабочих, обслуживающих вспомогательные устройства, и административно-технического персонала;

- $C_{0.3}$  — основная заработная плата этой категории работающих, руб.;
- $P_0$  — сменная эксплуатационная выработка погрузочно-разгрузочных машин, *т/смену*;
- $C_{п}$  — стоимость подготовительных работ (устройство эстакад, бункеров, траншей и др.), руб.;
- $Q$  — общий годовой объем погрузочно-разгрузочных работ на данном предприятии, *т*.

Трудоёмкость переработки 1 *т* груза рассчитывают по формуле

$$A_{ед} = \frac{\Sigma A_M + \Sigma A_{всп}}{P_0} + \frac{\Sigma A_{п}}{Q}, \quad (97)$$

- где  $\Sigma A_M$  — затраты труда в смену рабочих, занятых обслуживанием машин, чел-дни;
- $\Sigma A_{всп}$  — затраты труда в смену на немеханизированных процессах, чел-дни;
- $P_0$  — сменная эксплуатационная выработка комплекта погрузочно-разгрузочных работ, *т/смену*;
- $\Sigma A_{п}$  — затраты труда на подготовительных работах, чел-дни;
- $Q$  — годовой объем работ по переработке груза при данной организации процесса, *т*.

Продолжительность простоя транспорта под погрузочно-разгрузочными операциями определяют по справочникам.

Кроме этих показателей, применяются еще механовооруженность  $M$  и энерговооруженность  $\mathcal{E}$ :

$$M = \frac{C_M}{Q} \cdot 100, \quad (98)$$

- где  $C_M$  — балансовая (или преysкурантная) стоимость всех погрузочно-разгрузочных машин, руб.;
- $Q$  — годовой объем выполненных работ по переработке грузов, руб.;

$$\mathcal{E} = \frac{\Sigma N_M}{\Sigma P}, \quad (99)$$

- где  $\Sigma N_M$  — общая установленная мощность двигателей на всех погрузочно-разгрузочных машинах склада, *квт*;
- $\Sigma P$  — среднесписочный сменный состав рабочих.

#### § 114. Выбор площадки, планировка бетонного завода

Площадку для ЦБЗ на строительстве аэродрома, как правило, выбирают у железнодорожной ветки или на временном тупике недалеко от нее. Считают, что если поток грузов на ЦБЗ не превышает одного состава в сутки, то достаточно одной колеи



железной дороги. При большем потоке устраивают двухколейный путь. Целесообразность устройства двухпутного тупика решается технико-экономическими расчетами, связанными с объемом перевозок материалов и календарным графиком поступления их на ЦБЗ. Рекомендуется наметить несколько вариантов размещения площадки и сравнить их между собой по следующим показателям: себестоимость 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси франко-местной укладки должна быть минимальной; время транспортирования смеси на площадку во избежание схватывания цемента не должно превышать в жаркую погоду больше 1 ч.

Порядок сравнения вариантов следующий: выбирают несколько возможных вариантов расположения площадки ЦБЗ для каждого варианта составляют калькуляцию стоимости транспортирования и стоимости составляющих бетонную смесь (франко-ЦБЗ); составляют калькуляцию на приготовление 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси на ЦБЗ, расположенных на различных площадках; для каждого варианта расположения ЦБЗ определяют среднюю дальность транспортирования бетонной смеси и транспортные расходы франко-стройплощадка.

Поскольку состав и количество машин, а также затраты труда на ЦБЗ мало зависят от площадки завода, то для различных вариантов расположения ЦБЗ стоимости приготовления 1 м<sup>3</sup> смеси можно принимать примерно одинаковыми и при вариантном сравнении их исключить.

Главным решающим фактором, определяющим место для бетонного завода, является условие поставки готовой смеси к месту потребления и стоимость бетона, уложенного в покрытие. Практика показывает, что приближение производства бетонной смеси к местам потребления дает больший технологический и экономический эффект, чем приближение к источникам сырья.

В условиях аэродромного строительства площадку под ЦБЗ при наличии железнодорожной ветки или на временном ответвлении от нее размещают ближе к центру тяжести укладки бетона, но с учетом использования для транспортирования смеси имеющихся или строящихся автомобильных дорог. Если отсутствует железнодорожная ветка (ответвление), материал для бетонной смеси выгружают на ближайшей железнодорожной станции в 1 км от строящегося аэродрома и при благоприятных транспортных условиях ЦБЗ размещают в районе разгрузки

$$l_{\min} = \frac{v}{t},$$

где  $l_{\min}$  — минимально допустимое расстояние транспортирования из условий схватывания цементобетонной смеси, км;

$v$  — скорость движения автомобиля-самосвала, км/ч;

$t$  — время схватывания смеси при данной температурной среде воздуха.

Склады цемента располагают по одному или обе стороны железнодорожной ветки и возможно ближе к бетоносмесительному цеху. При отсутствии железнодорожной ветки строят перевалочный цементный склад в районе прибытия груза. Лабораторию размещают ближе к бетоносмесительному цеху; стройдвор, склад топлива и масел — у железнодорожной ветки. С учетом противопожарных требований и во избежание засорения заполнителя стройдвор и склад топлива и масла лучше располагать вне площадки и за границей ЦБЗ, общим для всего строительства аэродрома.

Парк дорожных машин и гараж размещают на свободном от строительства участке в непосредственной близости к существующей автомобильной дороге с таким расчетом, чтобы гараж (парк) находился на пути максимального транспортного потока грузов. Базу строительных машин размещают так, чтобы было удобно обслуживать машинами нужды всего строительства. Коммуникации водопровода, линии электропередач, топливо-воздухопроводы должны быть наименьшей длины.

Ограничения, которые следует учитывать при выборе площадки под ЦБЗ, следующие. Нельзя размещать ЦБЗ:

со стороны ВПП, противоположной расположению РД и МС. При таком размещении ЦБЗ наикратчайшие пути транспортирования смеси к месту ее укладки при бетонировании РД и МС будут проходить через ВПП и эксплуатация взлетно-посадочной полосы будет невозможна — придется бетонную смесь возить вокруг ВПП;

ближе 200—250 м от ВПП и в зоне воздушных подходов. Близкое размещение ЦБЗ приведет к нарушению нормальных условий работы законченной ВПП;

в местах расположения МС для самолетов и строящихся РД, а также между ВПП и кольцевой РД.

Такое размещение после окончания строительства летной зоны аэродрома приведет к отдалению срока комплексного окончания объекта в период времени, необходимый для демонтажа ЦБЗ, складов и планировки всей площадки.

Планировку ЦБЗ осуществляют при решении генерального плана. Генеральный план (рис. 142) — графическое изображение территории, на которой расположен ЦБЗ с указанием на нем всех сооружений, установок, машин, путей внутризаводского транспорта с привязкой их к внешним путям. Генплан должен быть составлен на увеличенной карте местности с горизонтальными, характеризующими рельеф выбранной площади под ЦБЗ и необходимые работы по вертикальной ее планировке. Должна быть сделана проверка площадки предприятия и стройплощадки аэродрома.

При решении генерального плана необходимо руководствоваться следующими принципами: территория ЦБЗ должна иметь минимальную площадь; обеспечено прямоточное и удоб-

ное движение материалов от складов к бетоносмесительному цеху; не должно быть встречных потоков транспорта; удобные движения транспорта по территории и достаточность места: бетоносмесителей для маневрирования автомобилей-самосвалов обеспечены противопожарные разрывы между помещениями

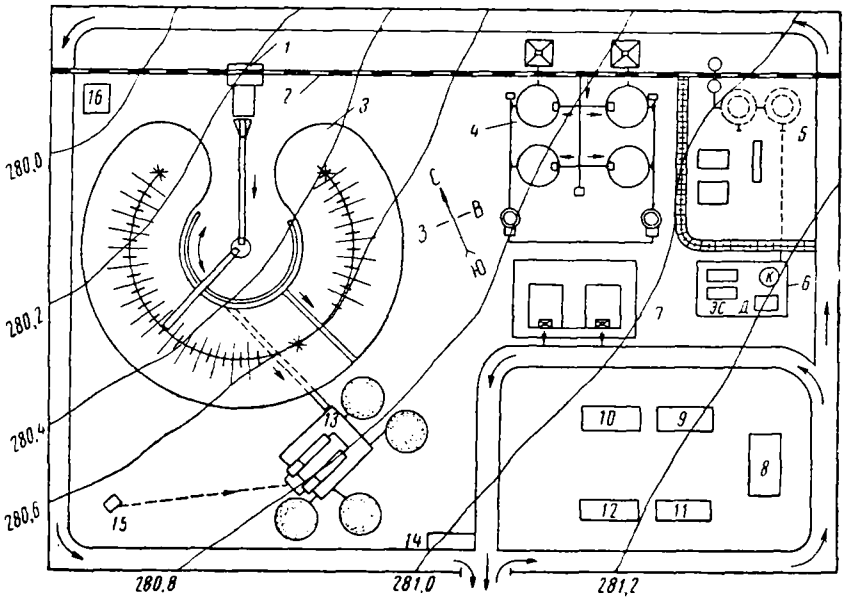


Рис. 142. Генеральный план ЦБЗ:

1 — разгрузочная площадка; 2 — железнодорожная ветка; 3 — склад заполнителей; 4 — склад цемента; 5 — склад топлива и масла; 6 — котельная (К), электростанция (Эс); душ (Д); 7 — бетоносмесительное отделение; 8 — гардероб; 9 — мастерская; 10 — лаборатория; 11 — склад материалов и запасных частей; 12 — ремонтная мастерская; 13 — сортировочно-моечное отделение; 14 — охрана; 15 — насос; 16 — туалет

## § 115. Бетоносмесительный цех и его оборудование

При проектировании и организации основного технологического цеха — бетоносмесительного, как правило, не подбираю отдельно дозаторы, бетоносмесители и другое оборудование, используют изготавливаемые промышленностью комплекные бетоносмесительные установки. Они могут быть сборно-разборными, инвентарными, стационарными и передвижными. Компонуют их по двум схемам (рис. 143): высотной (башенной) и ступенчатой (партерной). В высотных материал для приготовления смеси поднимают один раз, и следующее перемещение по схеме бункера — дозаторы — бетоносмесители — накопительный бункер идет гравитационным способом под действием силы тяжести материалов вниз.

При ступенчатой схеме компоновки машины установки располагают в две ступени. Материалы поднимают два раза: вначале в расходные бункера, а затем после дозирования составляющих в бетоносмеситель.

Компоновка в плане установки определяется взаимным расположением бетоносмесителей, которое может быть гнездовым (вокруг общего центра) и линейным (в одну или две параллельные линии). Это зависит и от типа дозировочных устройств.

При использовании дозаторов с ручным или полуавтоматическим управлением, рассчитанных на обслуживание одного-двух бетоносмесителей, расположение последних может быть только линейным. Автоматическая дозировочная аппаратура, один комплект которой в состоянии обеспечить работу нескольких бетоносмесителей, позволяет размещать бетоносмесители радиально по три, четыре и даже по пяти в гнезде.

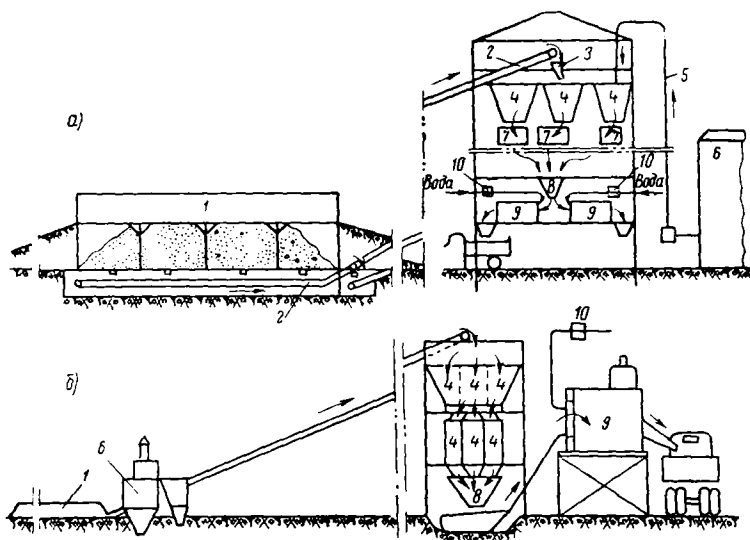


Рис. 143. Компоновка бетоносмесительных установок:

а — башенная; б — партерная;

- 1 — штабель заполнителей; 2 — ленточный транспортер; 3 — поворотная воронка;  
 4 — расходные бункеры заполнителей; 5 — цементопровод; 6 — силос с цементом;  
 7 — дозаторы; 8 — сборная воронка; 9 — бетоносмесители; 10 — дозатор воды

При расположении бетоносмесителей рядами расходные бункеры устанавливаются также в ряд со стороны загрузки. В этой схеме обычно устраивают отдельные бункеры для каждого бетоносмесителя. Рядовое расположение встречается на заводах небольшой мощности и на сборно-разборных секционного типа.

Выдача готовой смеси производится в накопительные бункера, расположенные под выгрузочными отверстиями бетоносме-

сителей. Их емкость должна быть равна кратной грузоподъемности транспортных средств.

Ширина разгрузочного отверстия бункера должна быть не менее 5—6-кратного размера фракции крупного щебня или гравия.

Материалы, составляющие смесь, для каждого замеса отмеривают при помощи дозаторов.

При рядовом расположении двух бункеров на заводах малой мощности заполнители распределяют при помощи раздаточных лотков с перекидным клапаном, изменяющим направление потока материала. Если три и более бункера расположены в ряд, заполнители распределяются ленточным транспортером, помещенным над бункерами и снабженным сбрасывающей тележкой с щитком, которая устанавливается над загружаемым бункером. Материал, задерживаемый щитком, падает в бункер.

Заполнители на заводах подают в расходные бункера от складов основного хранения материалов ленточными транспортерами, устанавливаемыми в наклонной крытой галерее.

При групповом расположении бункеров, применяемом на заводах средней и большой мощности, заполнители распределяются поворотной воронкой над бункерами. Управление воронкой автоматическое.

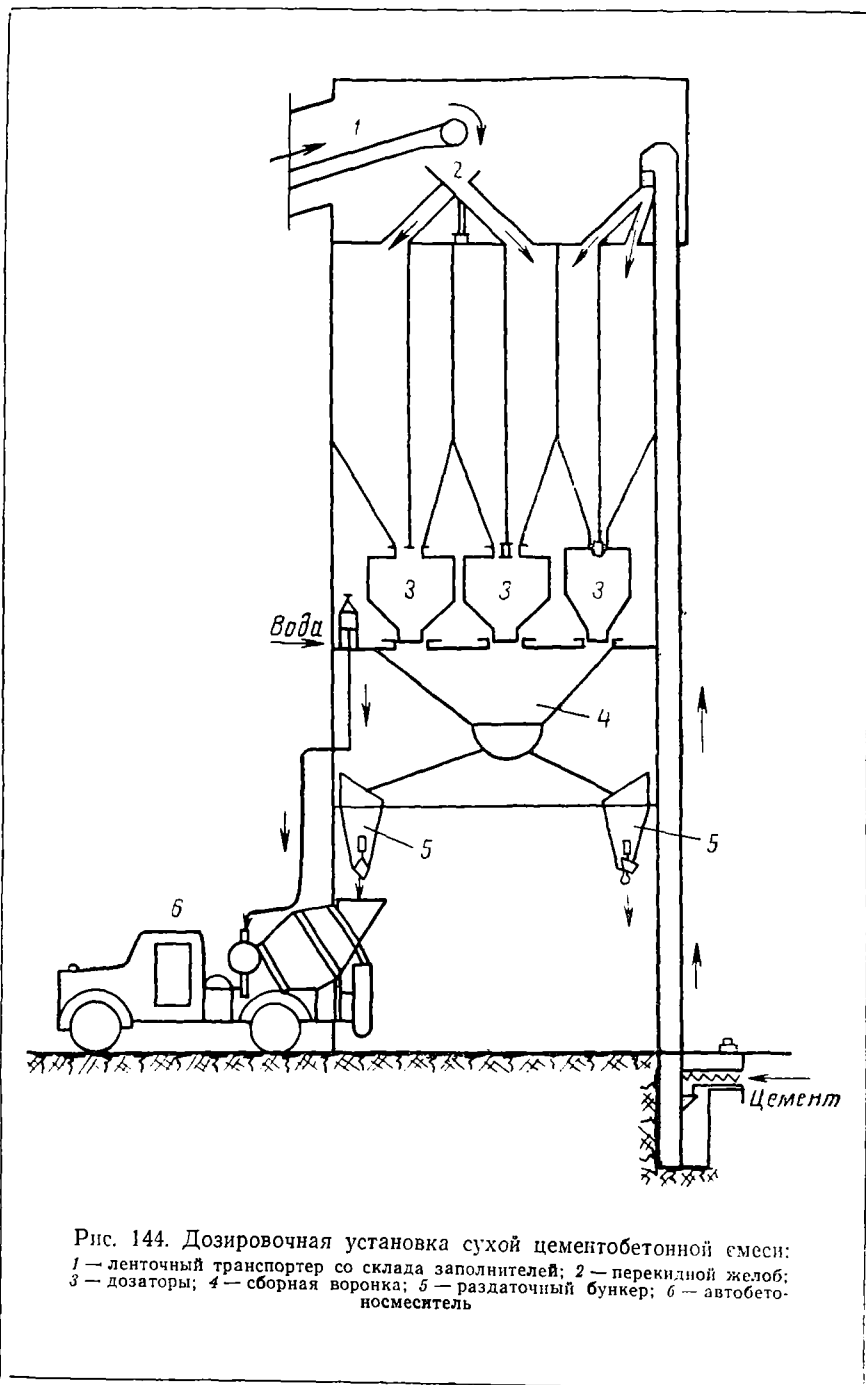
Промышленность изготавливает бетоносмесительные установки циклического действия с бетоносмесителями, выдающими за один цикл 65, 165, 330, 800, 1000 и 1600 л готовой бетонной смеси (ГОСТ 6577—63), и непрерывного действия производительностью 5, 15, 30, 60 и 120 м<sup>3</sup>/ч.

ЦБЗ циклического действия состоят из складов заполнителей (щебня или гравия) песка, цемента, добавок; оборудованы для транспортирования этих материалов со склада к ЦБЗ, расходных бункеров, дозаторов и смесителей циклического действия лаборатории, ремонтного отделения.

Бетонные заводы непрерывного действия имеют то же оборудование и устройства, но для дозирования и смешения материалов на них применяют машины непрерывного действия.

По характеру технологического цикла различают установки для приготовления готовой бетонной смеси — товарного бетона, сухой смеси (рис. 144) — и комбинированные.

В практике строительства аэродромов наиболее применимы сборно-разборные установки. Их выпускают инвентарными сборно-разборными или блочными. Строительные конструкции таких заводов выполняют из металла, собирают на болтах или сварке, что облегчает и ускоряет монтаж и демонтаж, перевозку с одного объекта на другой. Такие заводы обычно делают в виде отдельных секций с комплектом дозирующего, бетоносмесительного и подъемно-транспортного оборудования. При необходимости увеличения мощности завода секции можно удваивать и т. д.



Основные технологические операции приготовления бетонной смеси: дозирование материалов, входящих в ее состав, их тщательное перемешивание с водой и, если нужно, с добавками.

По методу дозирования дозаторы делят на объемные и массовые (весовые) автоматические, полуавтоматические и с ручным управлением (рис. 145). Предпочтение отдают методу дозирования материалов по весу, поскольку оно обеспечивает большую точность, чем дозирование по объему. Различают дозаторы циклического (порционного) или непрерывного дозирования. При циклическом дозировании отвешивают определенные порции материала, которые затем поступают на перемешивание. При непрерывном дозировании материал подают непрерывным потоком, причем количество материала в потоке все время поддерживается постоянным, соответствующим заданному. Способы дозирования применяют в зависимости от принятой технологической схемы приготовления смеси на ЦБЗ.

Точность дозирования должна быть в пределах  $\pm 1-2\%$ . Даже незначительные отступления от установленной дозировки материалов, входящих в состав смеси, особенно воды, отражаются на качестве бетона.

Ручными дозаторами управляют рычагом. В полуавтоматических загрузочные затворы открываются и закрываются автоматически после наполнения весового мерника. Разгрузочным отверстием (выгрузкой) управляют вручную. Автоматическими дозаторами управляют с центрального пульта. На автоматических дозаторах сначала отвешивают примерно 90% требуемого количества материалов, а затем автоматически переходят на режим довешивания остаточного количества материала. Как только устанавливается равновесие, затвор бункера, из которого наполняется дозатор, закрывается.

На цементобетонных заводах получили широкое применение полуавтоматические и автоматические весовые дозаторы цемента, заполнителей и воды.

Более удобными, надежными и точными являются дозаторы с фотоэлектрической системой управления.

*Выбор типа бетоносмесителя.* Отдозированные материалы и воду перемешивают в бетоносмесителе.

По принципу смешения их разделяют на гравитационные (свободного падения) и принудительные. Различают бетоносмесители циклического и непрерывного действия. Приготавливая смесь в смесителях циклического действия, загрузку материалов производят порциями. Каждую порцию подают в барабан после того, как из него будет выгружена готовая смесь. В смесителях непрерывного действия загрузка барабана, перемешивание и выгрузка готовой смеси ведутся непрерывно.

Качество бетонной смеси и прочность получаемого из нее бетона зависит от продолжительности и способа перемешивания: принудительного или свободного. Способ перемешивания

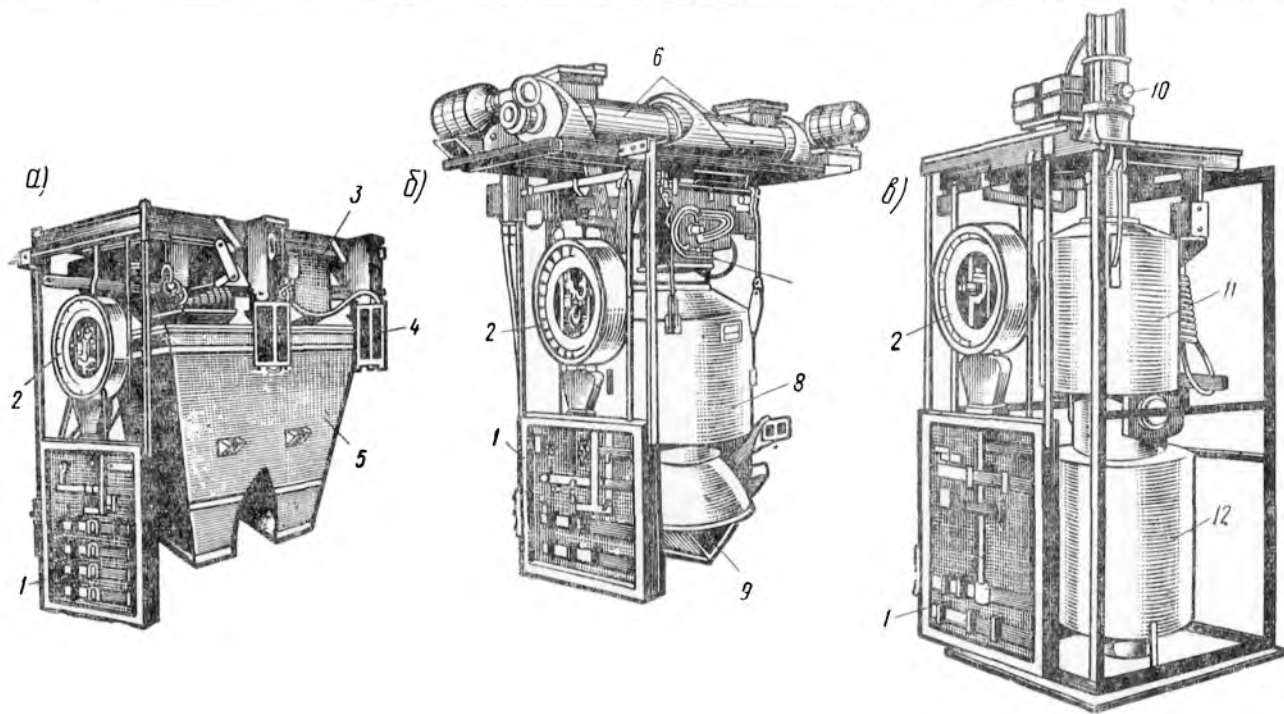


Рис. 145. Автоматические дозаторы:

*а* — двухсекционный для заполнителей; *б* — для цемента; *в* — для воды;

1 — весовой шкаф; 2 — циферблатный указатель; 3 — впускной затвор; 4 — электровоздушный клапан; 5 — двухсекционный бункер; 6 — винтовые питатели; 7 — впускной затвор; 8 — весовой бункер; 9 — разгрузочный затвор; 10 — впускной клапан; 11 — весовой бак; 12 — сливная воронка



выбирают в зависимости от жесткости смеси и крупности заполнителя. Для изготовления жестких мелкозернистых смесей следует применять бетоносмесители принудительного перемешивания с вращающимися в неподвижном барабане лопастями. Подвижные крупнозернистые смеси готовят в гравитационных бетоносмесителях.

Свободное перемешивание материалов осуществляется во вращающихся барабанах с укрепленными на стенках лопастями. Продолжительность перемешивания зависит от емкости бетоносмесителя и подвижности смеси. Чем жестче смесь и больше емкость барабана смесителя, тем больше времени надо для ее перемешивания (табл. 61). Не разрешается сокращать продолжительность перемешивания за счет уменьшения нормативного времени или за счет увеличения количества загружаемой в бетоносмеситель сухой смеси или снижения числа оборотов барабана против указанных в паспорте машины.

Таблица 61

Подвижность смеси, см	Емкость бетоносмесителя, л			
	До 250 (165)	До 500 (330)	До 1200 (800)	До 4500 (3200)
Продолжительность перемешивания, мин				
До 5 . . .	1,0	1,5	2,0	2,5
Свыше 5	0,75	1,0	1,0	2,0

**Примечание.** Емкость бетоносмесителя приведена по загрузке сухой смесью, а в скобках — по объему готового бетона.

Для перемешивания жестких смесей эффективно виброперемешивание. Его осуществляют в специальных вибросмесителях или в бетоносмесителях непрерывного действия при установке в барабан высокочастотных вибраторов. Вибрационное воздействие на смесь резко понижает вязкость цементного теста, частицы материала приводятся в интенсивное движение, при этом многократно ударяясь друг с другом. В результате процесс перемешивания облегчается и сопровождается частичной активизацией цемента за счет дополнительного истирания заполнителями, чем повышается использование вяжущих свойств цемента. Такие смеси твердеют значительно быстрее, а прочность бетона в суточном возрасте приблизительно на 35% больше, чем бетона, приготовленного обычным способом.

Бетон, приготовленный виброперемешиванием, после твердения имеет прочность на 15—20% выше марочной прочности.

*Технологическая схема бетоносмесительной установки.* При строительстве аэродромов широко используют инвентарные бе-

тоносмесительные установки односекционные (рис. 146) и двухсекционные (рис. 147). Односекционная установка выполнена в виде металлической башни, к верхней части которой примыкает наклонная галерея с установленным в ней ленточным транспортером. Транспортер предназначен для подачи заполнителей со склада в расходные бункеры установки. Бункер поделен на шесть отсеков, два из которых — для цемента. Пода-

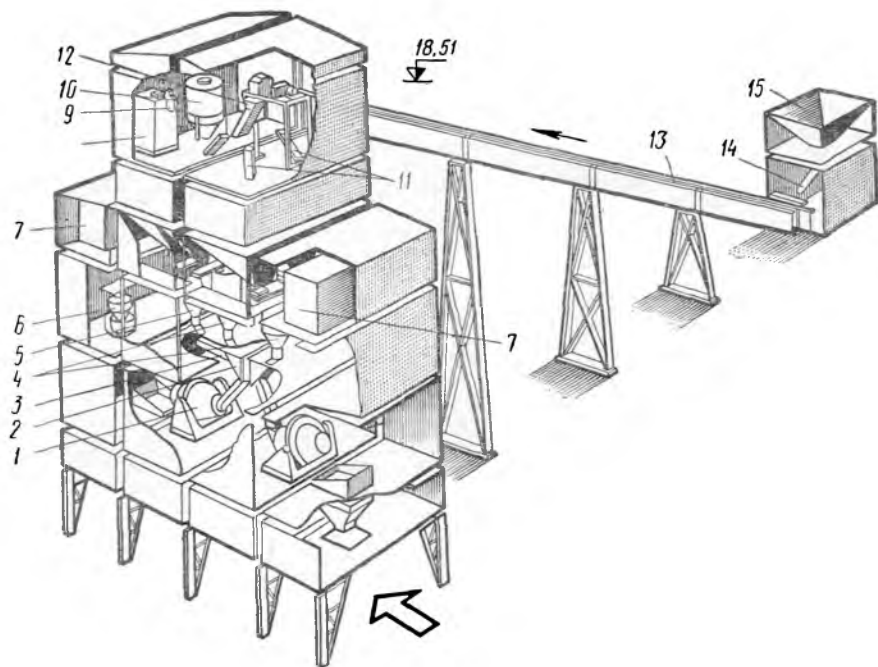


Рис. 146. Блочная бетоносмесительная установка периодического действия:  
 1 — бетоносмесители С-302; 2 — сборная воронка; 3 — аэролоток; 4 — дозаторы заполнителей; 5 — дозатор цемента; 6 — дозатор жидкостей; 7 — водонапорные баки; 8 — фильтр; 9 — вентилятор; 10 — циклон; 11 — течки; 12 — поворотная воронка с пневмоприводом; 13 — ленточный транспортер; 14 — лотковый вибратор-питатель; 15 — приемный бункер для заполнителей

ваемый материал распределяется по отсекам бункера поворотной воронкой. В отсеки для заполнителей можно вмонтировать регистры для обогрева зимой. Загрузить цемент в отсеки бункера можно ковшевым элеватором или пневмотранспортером. К элеватору со склада цемент подают шнеком.

В дозаторном отделении смонтировано пять дозаторов Д-1200: два — двухфракционные для четырех фракций заполнителей, один — для воды и один — для сульфитно-спиртовой барды. Под дозатором смонтирована сборная воронка с двухрукавной течкой и перекидной заслонкой. Течка направляет

сухую смесь в одну из бетономешалок С-302 емкостью 1200 л каждая. Под мешалкой расположены два накопительных бункера емкостью 1,5—1,6 м<sup>3</sup>. Заезд автомобилей под бункеры свободный.

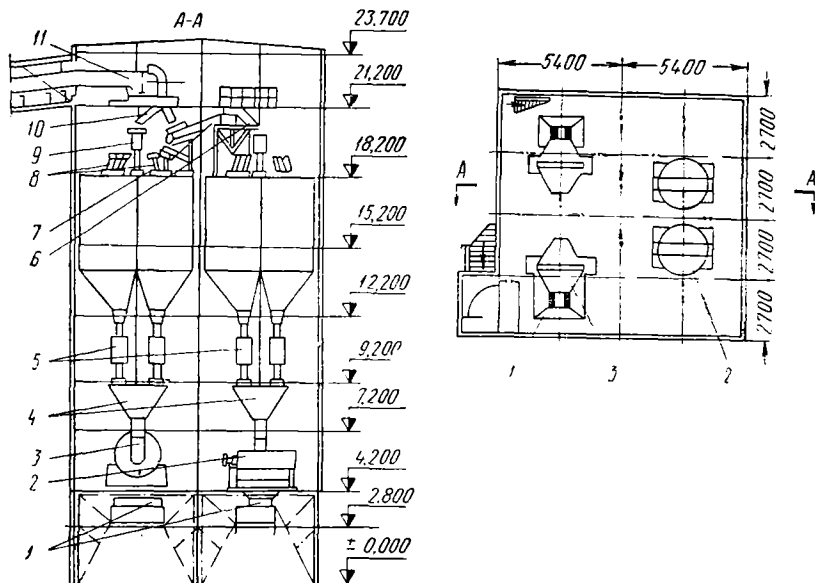


Рис. 147. Двухсекционная блочная бетоносмесительная установка:  
 1 — раздаточные бункеры; 2 — бетоносмеситель С-356; 3 — бетоносмеситель С-302;  
 4 — приемные воронки; 5 — комплекты дозаторов; 6 — течка; 7 — передаточный транспортер;  
 8 — загрузочные патрубки; 9 — поворотная воронка; 10 — двухрукавная течка;  
 11 — наклонный транспортер (конвейер) для подачи заполнителей

## § 116. Автоматизация работ на цементобетонных заводах

Под автоматизацией ЦБЗ понимают не только применение средств и систем автоматического управления технологическим процессом, но и использование телемеханических устройств дистанционного управления, сигнализации и защиты, а также средств автоматического контроля.

ЦБЗ может быть частично, комплексно и полностью автоматизированным. При частичной автоматизации некоторые производственные процессы управления автоматизированы, а некоторые не автоматизированы совсем или имеют более низкий уровень автоматизации. Например, на ЦБЗ может быть автоматизирован бетоносмесительный цех, а складами материалов управляют дистанционно.

Комплексная автоматизация охватывает все основные производственные процессы ЦБЗ по приготовлению и выдаче смеси, в том числе и автоматизацию складских и погрузочно-разгрузочных работ. При этом основные и вспомогательные

процессы управления автоматизированы так, что заданные производительности и качество продукции получают без вмешательства человека, за которым остаются только функции наблюдения. Но и здесь возможно наличие неавтоматизированных вспомогательных участков производственного процесса, если они не нарушают общего эффекта от внедряемой автоматизации. При комплексной автоматизации достигают согласованной работы отдельных автоматизированных объектов, часто удаленных друг от друга, открываются возможности применения вычислительной техники и управляющих машин.

При полной автоматизации ЦБЗ управление производственным процессом (включая определение технико-экономических показателей с использованием их для оптимизации процесса) осуществляет аппаратура или управляющие машины без участия человека.

Обслуживающий персонал поддерживает связь с другими предприятиями, выполняет ремонтно-профилактические работы, наблюдает за режимом работы.

На аэродромном строительстве наиболее распространены ЦБЗ с частичной и комплексной автоматизацией. На ЦБЗ можно автоматизировать: прием материалов, транспортирование их на склады и со складов в расходные бункеры бетоносмесительного цеха, дозирование, перемешивание и выгрузку готовой бетонной смеси, вспомогательные процессы (питание водой, сжатым воздухом, приготовление к транспортированию добавок и др.).

Автоматизация ЦБЗ связана с измерением таких параметров, как: скорость лент транспортеров, цементовоздушной пульпы при пневмотранспорте; уровень заполнения бункеров и силосов, бункеров готовой смеси; массу дозируемых и транспортируемых материалов; расход воды, заполнителей, цемента, добавок; влагосодержание песка, щебня, бетонной смеси; пластичность готовой смеси; время и последовательность включения и отключения транспортных устройств, дозаторов, бетоносмесителей; положение клапанов, шиберов, затворов, сбрасывающих плужков транспортеров, смесительного барабана бетоносмесителя.

Технологический процесс автоматизированного ЦБЗ идет в следующем порядке: с камнедробильного завода щебень доставляют автомобилями-самосвалами на склад ЦБЗ, который имеет несколько силосов для песка и щебня различных фракций. Отсюда через затворы-автоматы объемного типа заполнители поступают на ленточный транспортер, расположенный в тоннеле под складом, а затем на наклонный транспортер, с которого распределяются по соответствующим отсекам расходных бункеров, установленных на верхнем этаже бетоносмесительного цеха. Загрузка расходных бункеров осуществляется ленточным транспортером. В качестве устройств, направляющих мате-

риал с ленточных транспортеров в бункера, служат реверсивные транспортеры, сбрасывающие тележки, плужковые сбрасыватели.

Задача автоматического управления загрузкой расходных бункеров — обеспечить заполнение бункеров на заданном уровне без участия рабочих. При этом независимо от колебаний расхода материалов из бункеров не должно происходить ни полного опорожнения, ни переполнения бункеров.

Пуск транспортера производится при получении сигнала от индикаторов уровня, устанавливаемых в бункерах на опреде-

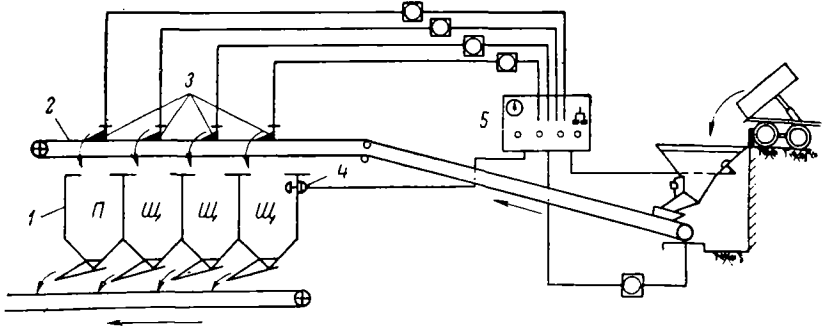


Рис. 148. Схема автоматизации загрузки бункеров ленточными транспортерами с плужковыми сбрасывателями:

1 — бункера; 2 — ленточные транспортеры; 3 — плужковые сбрасыватели-автоматы; 4 — указатель уровня (в каждом бункере); 5 — пульт управления

ленной высоте, соответствующей высоте опорожнения. При отсутствии или уменьшении разгрузок некоторых бункеров пуск транспортера осуществляется от бункера, опорожденного первым. На рис. 148 показаны схемы загрузки бункеров ленточным транспортером с плужковым сбрасывателем.

Плужковые сбрасыватели опускаются посредством электромагнитного устройства, устанавливаемого на рычаге каждого сбрасывателя. Материал подается транспортером, после которого установлен электроприводной перекидной шибер, направляющий материал на склад, или на распределяющий транспортер, движущийся над бункерами. Транспортер загружает материал в бункер; при необходимости направить поток материалов в один из предыдущих по ходу транспортера бункеров производится автоматическое включение соответствующего плужкового сбрасывателя. В каждом бункере устанавливаются три индикатора уровня УВ, УС, УН (верхнего, среднего, нижнего). Первые два служат для подачи импульсов в схему автоматического управления, а третий — для сигнализации.

Установка средних индикаторов уровня УС на определенной высоте выполняется исходя из учета производительности

питающей системы. Работа схемы автоматического управления начинается в тот момент, когда какой-либо бункер опорожнится до отметки, контролируемой индикатором уровня УС. После заполнения бункера транспортер отключается.

Для загрузки разными заполнителями и заполнителями с фракциями определенных размеров при включении транспортера автоматически открывается затвор того бункера склада, в котором хранится требуемый сорт материала.

Прибывающий с прирельсового склада цемент из автоцементовозов разгружают в силосы промежуточного склада. Из этого склада цемент перемещается в расходные бункеры пневматическим транспортером.

Комплект автоматических дозаторов находится под расходными бункерами. Через сборную воронку вращающегося типа материал из дозаторов загружается в бетоносмеситель. Вода поступает из отдельного дозатора.

Бетонная смесь из бетоносмесителя выпускается в накопительный бункер, емкость которого равна грузоподъемности автомобиля-самосвала.

Для того чтобы изменить состав смеси, необходима переналадка дозирующих устройств. Диспетчер со своего рабочего места дает команду на изменение состава смеси. Для этой цели на пульте управления смонтировано программное устройство. Команда отдается путем опускания перфорированной карты в шель. Перфорированная карта (рис. 149) представляет собой

Бетонный завод №												
Материалы	Вес, кг											
	8	4	2	1	8	4	2	1	8	4	2	1
Цемент 1 марка		●		●			●					
Цемент 2 марка												
Щебень 5-20мм		●										
		●				●	●			●		
		●		●								
Песок	●	●				●	●	●		●		●
Вода				●					●	●		●

Рис. 149. Перфокарта

кусочек плотного картона. По вертикали обозначаются компоненты смеси, по горизонтали соответствующими отверстиями задаются требуемые количества каждого материала. Сотни килограммов пробиваются в первой, десятки — во второй и единицы — в третьей разрядной колонке. Вес каждого компонента составляется из сочетаний цифр — 8, 4, 2, 1.

Перфорация по горизонтальным строкам (см. рис. 149) обозначает: цемент 520 кг; щебень 25—40 мм 864 кг; щебень 40—70 мм 1000 кг; песок 1275 кг и вода 219 кг.

Набор карт хранится в картотеке. Для изготовления нужной смеси необходимо выбрать перфокарту и вложить ее в программное устройство. При вложенной перфокарте замыкаются только те контакты, которые проходят через ее отверстие, и приборы дозаторов получают команду.

После взвешивания материала карта автоматически обрабатывается: отмечается дата, время выдачи и номер замеса. Карта может иметь отрывную часть. В этом случае меньшая верхняя часть карты (за пунктирной линией) выдается заказчику после изготовления замеса. Такая карта одновременно служит паспортом. Оформленные контрольные карты выдают водителям автомобилей, доставляющим смесь на трассу. Основную часть карты по окончании смеси диспетчер сдает в управление для расчета с заказчиком. Система автоматизации по контрольным картам облегчает работу и повышает производительность труда.

Заводом управляют из диспетчерской комбинированной световой и звуковой сигнализации: цветные лампы, звонки, рупоры. Диспетчерской связью охватывают склады заполнителей, цемента и все этажи дозирочно-смесительной установки.

На автоматизированном ЦБЗ за ходом технологического процесса возможен телевизионный контроль с использованием промышленных телевизионных установок ПТУ. Изображения с видеоконтрольных устройств передаются диспетчеру. Выбор объектов наблюдения осуществляют кнопками коммутатора. Передающие камеры устанавливают на ЦБЗ там, где нужен такой контроль.

Большой интерес представляет блочная малогабаритная автоматизированная бетоносмесительная установка непрерывного действия БМБЗ-60 (рис. 150), конструкция которой разработана в Союздорнии. Установка башенного типа с одним бетоносмесителем производительностью 60 м<sup>3</sup>/ч включает 21 блок: 16 блоков — бетоносмесительный цех и 5 — наклонная транспортная эстакада с тремя опорами. Для ее монтажа нужен кран грузоподъемностью 10—15 Т. Перевозку установки в разобранном виде осуществляют на автомобилях.

Технологическая схема завода — одноступенчатая. Зависание заполнителей в отсеках предотвращает сводообрушитель с вибратором, а в отсеках для цемента — аэрационное сводообрушающее устройство. Цемент поступает в отсек бункера через циклон. От цементной пыли воздух очищает рукавный фильтр. Запаса материала в бункере хватает на 30—40 мин работы завода.

Дозаторы заполнителей — объемно-весовые, маятниковые, ленточного типа С-633Д, с дистанционно-регулируемой произ-

водительностью 5—25 т/ч. Точность дозирования всех дозаторов —  $\pm 2\%$ . Воду и добавки дозируют плунжерными насосами Б-7 с дистанционным изменением производительности от 1,25 до 5,00 м<sup>3</sup>/ч. Смесь готовят в двухвальном бетоносмесителе С-473А с дистанционно регулируемой производительностью 30—60 м<sup>3</sup>/ч за счет регулирования производительности дозаторов.

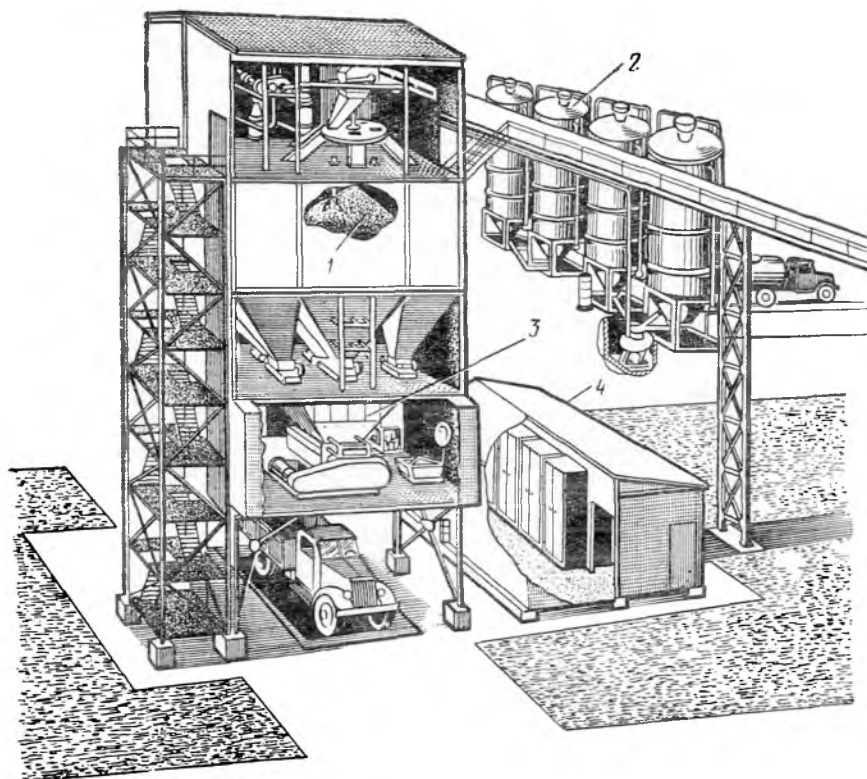


Рис. 150. Блочная бетоносмесительная установка:

1 — расходные бункеры; 2 — силосы цемента; 3 — бетоносмеситель; 4 — пульт управления

Порядок выдачи бетона и задача рецепта смеси производится по перфокартам. Водитель автомобиля-самосвала вкладывает карту в программно-считывающее устройство. Изменение состава смеси достигается путем определенного изменения производительности дозатора по командам этой перфокарты. После светового зеленого сигнала, разрешающего въезд, автомобиль въезжает на платформу под бетоносмесителем. При этом происходит взвешивание автомобиля и контроль веса смеси. Измерительное устройство платформ включает в себя: элек-



тронный балансирный привод, блок сброса тары, релейный блок и четыре тензометрические стойки-датчики, расположенные по четырем углам платформы.

Тара (порожный автомобиль) взвешивается и фиксируется в запоминающем устройстве. После загрузки автомобиля смесью взвешивание повторяется с автоматическим вычетом веса порожнего автомобиля. После окончания взвешивания поступает сигнал, разрешающий выезд.

*Установка для введения добавок в смесь.* При приготовлении бетонной смеси часто вводят в нее различные добавки: ссб,

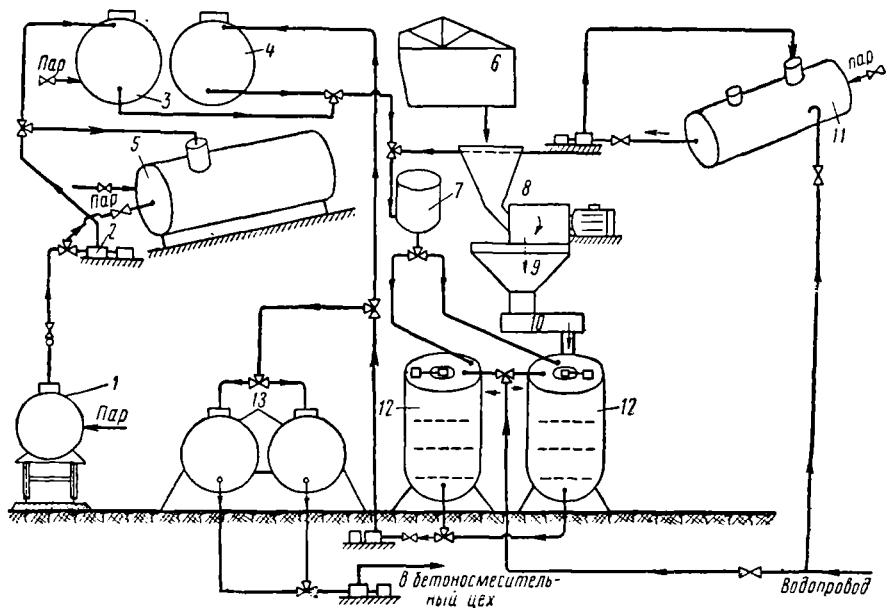


Рис. 151. Инвентарная установка для введения добавок в бетонную смесь

омыленную абиетиновую смолу и др. Для приготовления добавок можно использовать сборно-разборную установку Союздорпроекта производительностью  $12 \text{ м}^3/\text{ч}$  воды затворения с добавками (рис. 151). Такая установка обеспечивает работу ЦБЗ производительностью  $60 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Технология приготовления ссб и абиетиновой смолы следующая: ссб (концентрации 59%) поступает в цистернах 1, и насосом 2 ее перекачивают в резервуар 5. По мере надобности этим же насосом ссб качают в расходный бак 3. Дозируют ссб электрическим дозатором 7. Из дозатора ссб поступает в мешалки 12, куда подают воду. Из мешалки раствор перекачивают в резервуары, а из них насосом подают в резервуары бетоносмесительного цеха ЦБЗ.

Неомыленную абиетиновую смолу доставляют в пакетах или бочках на склад 6. Сначала куски смолы размером до 60 мм измельчают в мелотерке 8 до размера 0,020—0,0035 мм, откуда порошок поступает в закрытый бункер 9.

Дозируют порошок по объему в дозаторе 10. Сначала в мешалку 12 подают воду и раствор каустической соды, приготовленный в баке 11. Рабочую добавку готовят в виде 10-процентного раствора абиетиновой смолы, омыленного 2-процентным раствором каустической соды (0,15—0,20% твердого каустика к весу смолы). Затем в мешалку подают дозированный порошок смолы и все тщательно перемешивают. Из мешалки раствор качают насосом в бак 4. Каустическую соду доставляют на склад в барабанах, которые подают в бак 11 краном таким образом, чтобы отверстие барабана совпало с отверстием в баке. Подогретая до температуры 70—80°С вода в баке 11 насосом качается в барабан, вымывая каустическую соду. По количеству находящейся воды в баке и количеству соды в барабане устанавливают концентрацию раствора, которую измеряют ареометром.

Управление установкой — дистанционное с одного пульта. Краны открывают и закрывают электровинтом с контрольной сигнализацией, выведенной на пульт. Заполнение дозаторов, мешалок, баков контролируется автоматически с помощью поплавковых реле.

Контроль качества обеспечивает лаборатория ЦБЗ, центральная лаборатория строительства. Проверяют качество исходных материалов, входящих в состав бетонной смеси, и их соответствие ГОСТам и СНиПу, точное соблюдение технологического процесса, правильность дозирования материалов, последовательность их загрузки в бетоносмеситель, продолжительность перемешивания, однородность и соответствие подвижности и удобоукладываемости бетонной смеси. Проверяют правильность хранения материалов на складе.

Важное место в общем контроле занимает дозирование цемента и воды. Если влажность смеси более принятой для данного состава, т. е. более 1%, то лаборатория немедленно должна внести нужные коррективы. При весовом дозировании песка и щебня состав смеси исправляют за счет изменения количества воды, песка и щебня, а при объемном — за счет воды и песка. Если дозаторы исправны и дозировка одних и тех же материалов правильна, то подвижность и удобоукладываемость смеси, объемный вес, выход бетонной смеси и прочность бетона должны быть постоянными.

Подвижность или удобоукладываемость смеси лаборатория ЦБЗ проверяет 2—3 раза в смену. Удобоукладываемость смеси проверяют вибрированием с помощью технического вискозиметра. Бетонную смесь выдают в исправные и очищенные кузова автомобилей-самосвалов.

## § 117. Работа ЦБЗ зимой

Для приготовления бетонной смеси в зимнее время с целью повышения подвижности в момент ее укладки, уменьшения водоцементного отношения используют воздухововлекающие и пластифицирующие добавки: абиетиновую смолу, сульфитно-спиртовую барду, мылонафт.

Материалы, составляющие бетонную смесь, предварительно подогревают. Концентрацию растворов солей для затворения бетонной смеси назначают с учетом ожидаемой отрицательной температуры бетона при его выдерживании в первые 15 суток после укладки.

В связи с тем, что добавка хлористых солей оказывает пластифицирующее действие на смесь, водоцементное отношение ее может быть снижено на 6—8% по сравнению с обычным бетоном в зависимости от концентрации незамерзающей жидкости (табл. 62).

Таблица 62

Дозировка солей	Температура воздуха, °С		
	До -5	До -8	До -10
3% NaCl+2% NaNO <sub>2</sub>	+	—	—
3% CaCl <sub>2</sub> +5% NaNO <sub>2</sub>	—	+	—
3% CaCl <sub>2</sub> +5% NaCl*	—	—	+

\* Только для неармированных конструкций.

Хлористый кальций не разрешается добавлять при рабочей арматуре диаметром 4 мм и менее. Толщина защитного слоя железобетонных конструкций, изготовляемых с добавкой хлористого кальция, должна быть не менее 15 мм. Для снижения коррозионного воздействия хлористого кальция на арматуру вместо него применяют натрит натрия.

Воду и заполнители подогревают паром, электричеством, а при небольших работах — в специальных печах с пропусканьем продуктов сгорания по трубам, укладываемым непосредственно в обогреваемых материалах. При наличии электроэнергии воду подогревают при помощи печей сопротивления, помещаемых в нижней части баков. Для подогрева заполнителей бетонной смеси в зимний период применяются также установки с вертикальным вибротранспортером конструкции ВНИИстройдормаша (рис. 152). Такие установки позволяют совместить в одном агрегате оттаивание и подогрев заполнителей, вертикальное транспортирование и подогрев воды. Установка является непрерывной, но может быть использована и на ЦБЗ периодического действия.

Подогрев песка необязателен. Достаточно нагреть только одну воду. Песок подогревают в том случае, если он содержит смерзшиеся комья.

Утепление помещений, трубопроводов, смесителей и бункеров имеет большое значение для обеспечения выпуска бетонной смеси требуемого качества и с температурой 25—30° С. Помещения необходимо утеплять для создания нормальной работы обслуживающего персонала. Для утепления помещений, трубопро-

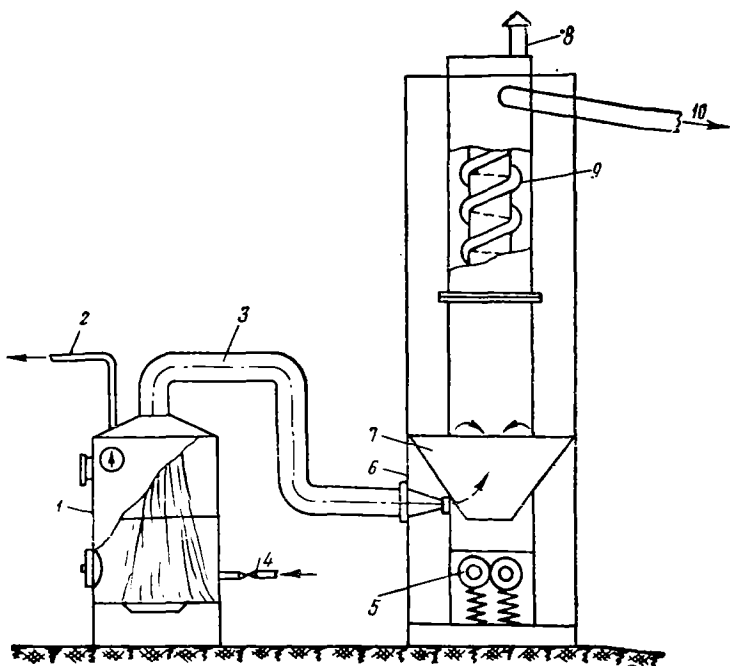


Рис. 152. Комбинированный подогрев воды и заполнителей:  
 1 — котел; 2 — труба для горячей воды; 3 — труба для горячих газов; 4 — труба для подачи воды в котел; 5 — вибратор; 6 — корпус подъемника; 7 — загрузочная воронка для заполнителей; 8 — дымовая труба; 9 — виброподъемник; 10 — подогретый заполнитель

водов и бункеров используют любые теплоизолирующие материалы: шлак, опилки, шлаковату, стекловату и др. Все работы по утеплению следует закончить до наступления заморозков.

При каждом замесе в смесительный барабан подают горячую воду, а затем заполнители, цемент, добавки.

Особые требования предъявляют к складам материалов. Крупный заполнитель должен быть чистым, храниться на возвышенных местах, защищенных от снежных заносов. Основание площадки должно быть укреплено толстым бетоном. Цементные

склады должны иметь плотные ограждения от попадания снега.

Для приготовления холодного бетона ЦБЗ можно не утеплять, но водопроводные трубы следует обязательно утеплить.

### § 118. Пути снижения себестоимости готовой продукции бетонных заводов

**Мощность ЦБЗ.** При определении мощности ЦБЗ следует учитывать все виды работ по бетонированию, которые необходимо выполнить на данном строительном объекте, с учетом коэффициента неравномерности потребления смеси (1,2—1,3).

Средняя часовая производительность ЦБЗ равна

$$P_{ч(ср)} = \frac{\Sigma Q_{\Gamma}}{N n_{см} T}, \quad (100)$$

где  $\Sigma Q_{\Gamma}$  — заданная (или расчетная) мощность завода в год,  $m^3$ ;

$N$  — количество рабочих дней в году;

$n_{см}$  — количество смен в сутки;

$T$  — продолжительность смены, ч.

Для выбора оборудования расчет часовой производительности ведут по формуле

$$\dot{P}_{ч} = \frac{P_{ч(ср)} k_{н.п}}{k_{в}}, \quad (101)$$

где  $k_{н.п}$  — коэффициент неравномерности выдачи смеси — 1,2—1,3;

$k_{в}$  — коэффициент использования оборудования, принимаемый в зависимости от режима работы оборудования.

Режим работы ЦБЗ связан с продолжительностью сезонной работы для различных районов страны:

Районы расположения ЦБЗ	Период строительства	Количество рабочих дней в сезоне
Северные	Май—октябрь	125—150
Средние	Май—ноябрь	150—190
Южные	Февраль—декабрь	230

При отсутствии паспортных данных производительность бетономесительной установки циклического действия подсчитывают по формуле

$$P_{э.г} = nq = \frac{3600}{\Sigma t} q = \frac{3600}{t_3 + t_{п} + t_{в}} q, \quad (102)$$

где  $n$  — количество замесов в час;

$\Sigma t$  — время, затрачиваемое на приготовление одного замеса, ч;

$q$  — объем готового замеса,  $m^3$ ;

$t_3$  — продолжительность загрузки смесительного барабана, сек;

$t_{II}$  — продолжительность перемешивания, сек;

$t_B$  — продолжительность разгрузки смеси, сек.

Производительность установок непрерывного действия рассчитывают по формуле И. К. Шарапова

$$P_{э,мин} = 60k_{см}v_0 \left[ \frac{F_{л}z}{(B \pm d)L} \right]^{0,5} (\sin \alpha + 0,3 \sin \beta) \frac{z - 2z'}{z} \eta^{-0,5}, \quad (103)$$

где  $k_{см}$  — коэффициент, учитывающий состав смеси (для мелкозерных 0,55, для крупнозерных 0,8);

$v_0$  — окружная скорость на конце лопасти, м/сек;

$F_{л}$  — площадь лопасти, м<sup>2</sup>;

$d$  — диаметр лопасти, м;

$B$  — расстояние между осями лопастных валов, м;

$L$  — длина смесителя, м;

$\alpha$  — угол поворота лопасти относительно оси вала, град;

$z'$  — общее количество лопастей, установленных в направлении, противоположном движению смеси;

$\eta$  — вязкость смеси, кгсек/м<sup>2</sup>;

$z$  — общее количество лопастей на двух валах;

$\beta$  — угол подъема винтовой линии прерывистого шнека, образуемого лопастями, град.

Себестоимость единицы продукции без учета стоимости материалов равна

$$C_{е1} = \frac{k_1 \Sigma C_{эм} - k_2 \Sigma C_{озп}}{P_э} + \frac{\Sigma C_{п}}{Q}, \quad (104)$$

где  $k_1$  — коэффициент накладных расходов на стоимость эксплуатации машин;

$k_2$  — коэффициент накладных расходов на основную заработную плату;

$\Sigma C_{эм}$  — стоимость эксплуатации всех машин, оборудования, внутризаводского транспорта в течение одних суток, руб.;

$\Sigma C_{озп}$  — основная заработная плата рабочих, занятых на механизированных работах в сутки, руб.;

$P_э$  — суточная производительность АБЗ, т;

$C_{п}$  — стоимость подготовительных работ в сутки, руб.

$Q$  — годовая производительность АБЗ, т.

Трудоемкость единицы продукции

$$A_{е1} = \frac{\Sigma A_M + \Sigma A_{всп}}{P_э} + \frac{\Sigma A_{п}}{Q}, \quad (105)$$

где  $\Sigma A_M$  — затраты труда рабочих, занятых обслуживанием машин в сутки, чел.-дни;

$\Sigma A_{\text{всп}}$  — затраты труда рабочих, выполняющих вспомогательные процессы, чел-дни;

$\Sigma A_{\text{п}}$  — затраты труда рабочих подготовительного производства и обслуживающих хозяйств, чел-дни.

*Оценка эффективности ЦБЗ.* Экономическую эффективность проектных решений ЦБЗ оценивают на основании технико-экономических показателей и целесообразности строительства и эксплуатации в конкретных условиях размещения.

Оценка эффективности проектных решений основана на «Методике определения экономической эффективности внедрения новой техники, механизации производственных процессов в промышленности» (Госплан СССР и АН СССР).

Экономическую эффективность проектных решений в целом по ЦБЗ определяют показателями эффективности

$$\mathcal{E}_p = \frac{Ц - С}{К}, \quad (106)$$

где  $Ц$  — стоимость годовой продукции ЦБЗ в оптовых ценах, руб.;

$С$  — себестоимость годовой продукции, руб.;

$К$  — общая сумма капитальных вложений, руб.

Коэффициент эффективности — величина, обратная сроку окупаемости ЦБЗ. При стоимости годовой продукции в оптовых ценах 50 000 руб., себестоимость ее 35 000 руб. и общей сумме капиталовложений 25 000 руб.

$$\mathcal{E}_p = \frac{50\,000 - 35\,000}{25\,000} = 0,6.$$

Срок окупаемости составит

$$\frac{25\,000}{50\,000 - 35\,000} \cong 1,7 \text{ года.}$$

Для производственных предприятий аэродромного строительства коэффициент экономической эффективности установлен 0,20, что соответствует в данном примере сроку окупаемости — 5,1 года.

Нормативный показатель экономической эффективности капитальных вложений не означает, что все предприятия, дающие меньшую эффективность, не должны быть рекомендованы строительству.

В ряде случаев, в частности по соображениям охраны труда и по улучшению качества продукции, можно принять к строительству предприятия, дающие меньшую эффективность (но не ниже директивной). Для оценки наиболее целесообразных вариантов проектных решений сопоставляют полученные показатели (коэффициенты) эффективности и сроки окупаемости с нормативными значениями этих показателей. Срок окупаемости или

коэффициент сравнительно эффективного капиталовложения определяют путем сравнения вариантов проектных решений между собой по формуле

$$\frac{K_1 - K_2}{C_2 - C_1} = T \text{ или } \frac{C_2 - C_1}{K_1 - K_2} = \frac{1}{T} = E, \quad (107)$$

где  $K_1$  и  $K_2$  — капитальные вложения по сравниваемым вариантам, руб.;

$C_1$  и  $C_2$  — себестоимость годовой продукции по этим же вариантам, руб.;

$T$  — срок окупаемости дополнительных капиталовложений, лет;

$E$  — коэффициент сравнительной эффективности.

Сравниваемые в вариантах ЦБЗ технико-экономические показатели следующие: мощность ЦБЗ, режим работы (количество рабочих дней в году и смен в сутки); установленная мощность двигателей, *квт*; годовой расход электроэнергии, тыс. *квт-ч*, в том числе силовой, тыс. *квт-ч*; стоимость 1 *квт-ч* электроэнергии, руб.; стоимость 1  $m^3$  воды, руб.; энерговооруженность одного рабочего (по установленной мощности, *квт*; по расходу силовой электроэнергии на 1 *чел-ч*, *квт-ч*); численность работающих, всего; в том числе рабочих; среднегодовой заработок одного рабочего, ИТР, служащего, руб.; производительность труда: годовая выработка каждого работающего, одного рабочего, *м*; трудоемкость приготовления смеси, *чел-ч/м<sup>3</sup>*; годовые эксплуатационные расходы; общезаводская себестоимость 1  $m^3$  смеси, руб.; капиталовложения, тыс. руб.; структура капитальных затрат (строительно-монтажные работы, оборудование, прочие расходы; стоимость основных средств, руб.; выпуск смеси на 1000 руб. всех капиталовложений и то же в ценностном выражении, руб.; удельные показатели на 1  $m^3$  смеси сырья,  $m^3$ , рабочей силы, *чел-ч*, электроэнергии, *квт-ч*, воды,  $m^3$ , рентабельность ЦБЗ; окупаемость капиталовложений, лет.

#### *Пути снижения себестоимости готовой бетонной смеси:*

1. За счет повышения производительности труда, улучшения организации работ, лучшего использования средств механизации, комплексной механизации и автоматизации всех производственных процессов (включая и складские). Сокращение затрат труда вызовет снижение прямых затрат по статьям «заработная плата», позволит сократить статьи накладных расходов (административно-хозяйственные расходы, отчисления на социальное страхование, экономия дополнительной заработной платы, расходы на жилищно-коммунальные цели).

2. За счет сокращения срока строительства ЦБЗ, т. е. более раннего ввода его в эксплуатацию:

$$\mathcal{E} = EK(T_n - T_\phi), \quad (108)$$



где  $E$  — нормативный коэффициент эффективности (0,15—0,20);  
 $K$  — стоимость ЦБЗ, досрочно введенного в эксплуатацию, руб.;

$T_n$  — нормативные сроки строительства ЦБЗ (по проекту);  
 $T_f$  — фактический срок ввода ЦБЗ в эксплуатацию.

3. За счет экономии материалов: уменьшения потерь при погрузочно-разгрузочных работах, лучшего хранения на складе, учета, применения более прогрессивной технологии приготовления цементобетонных смесей, комплексной механизации.

4. За счет увеличения продолжительности работы ЦБЗ: удлинение строительного сезона по укладке бетона, зимнее бетонирование, использование ЦБЗ для изготовления железобетонных конструкций зимой. Это существенный резерв снижения стоимости производства 1 м<sup>3</sup> смеси.

5. За счет устранения брака и непроизводительных расходов материала.

*Экономическая эффективность автоматизации.* При решении вопроса о целесообразности автоматизации производственного предприятия дорожного строительства делают расчет экономической эффективности автоматизации.

Главными показателями для определения экономической эффективности от внедрения автоматизации предприятия являются:

1. Себестоимость  $C_k$  с учетом повышения качества продукции при автоматизированном процессе, рассчитанная на единицу продукции (по методике Госплана СССР и АН СССР, 1962 г.),

$$C_k = \frac{CT_{ск}}{T_{нк}} \text{ и } C_k = \frac{CP_{нк}}{P_{ск}}, \quad (109)$$

где  $C$  — себестоимость единицы продукции после введения автоматизации, руб.;

$T_{ск}$  и  $T_{нк}$  — срок службы продукции прежнего и повышенного качества, лет;

$P_{ск}$  и  $P_{нк}$  — расход продукции прежнего и повышенного качества на производство единицы другой продукции.

$$C_k = \frac{k_1 \Sigma C_{эм} + k_2 \Sigma C_{озп}}{П_э} + \frac{\Sigma C_n T_{ск}}{Q_r T_{нк}}, \quad (110)$$

где  $k_1$  и  $k_2$  — коэффициенты накладных расходов на стоимость эксплуатации машин и на основную заработную плату;

$$C_{эм} = C_{озп} - C_n - C_2. \quad (111)$$

Годовая экономия от снижения себестоимости продукции после внедрения автоматизации

$$\mathcal{E} = (C_1 - C_2) Q_r, \quad (112)$$

где  $Q_r$  — годовой объем продукции.

## 2. Себестоимость с учетом автоматизации.

Себестоимость продукции автоматизированного предприятия уменьшается за счет повышения производительности труда и одновременно увеличивается за счет повышения уровня средней заработной платы обслуживающего персонала более высокой квалификации.

Снижение себестоимости продукции с учетом этих факторов равно

$$C_n = \frac{(a - b)k}{100 + a}, \quad (113)$$

где  $a$  — повышение производительности труда, %;

$b$  — повышение уровня средней заработной платы, %;

$k$  — коэффициент, зависящий от удельного веса заработной платы в общей себестоимости продукции по автоматизации, %.

Снижение себестоимости продукции

$$C = \frac{C_1 - C_2}{C_1} 100, \quad (114)$$

где  $C_1$  — себестоимость единицы продукции неавтоматизированного предприятия, руб.;

$C_2$  — то же, автоматизированного.

3. Срок  $T$  окупаемости капитальных вложений на автоматизацию производственных процессов (по А. А. Зворыкину)<sup>1</sup>

$$T = \frac{K_2 - K_1}{(C_2 - C_1)Ш_2P_2 - (C_1 - C_1)Ш_1P_1}, \quad (115)$$

где  $K_2$  — сумма капитальных затрат на оборудование для автоматизированного предприятия, руб.;

$K_1$  — то же, неавтоматизированного, руб.;

$C_2$  — отпускная цена единицы продукции автоматизированного предприятия, руб.;

$C_1$  — то же, неавтоматизированного, руб.;

$C_2$  — себестоимость единицы вырабатываемой продукции на автоматизированном предприятии, руб.;

$C_1$  — то же, неавтоматизированном, руб.;

$Ш_2$  — списочный состав рабочих автоматизированного предприятия, чел.;

$Ш_1$  — то же, неавтоматизированного, чел.;

$P_2$  — годовая выработка рабочего автоматизированного предприятия, руб.;

$P_1$  — то же, неавтоматизированного руб.

---

А. А. Зворыкин. Автоматизация производства и ее экономическая эффективность. Изд-во «Знание», 1958.

$Ш_2P_2$  — годовой объем производства на автоматизированном предприятии, руб.;

$Ш_1P_1$  — то же, на неавтоматизированном, руб.

4. Трудоемкость работ на единицу продукции.

Годовая экономия от снижения трудоемкости ЭТ равна

$$\mathcal{E}T = (A_{\text{неавт}} - A_{\text{авт}})Q, \quad (116)$$

где  $A_{\text{неавт}}$  — трудоемкость единицы продукции неавтоматизированного предприятия, чел.-дни;

$A_{\text{авт}}$  — то же, автоматизированного, чел.-дни;

$Q$  — годовой объем продукции,  $m^3$ .

$$A_{\text{неавт}} = \frac{k_1 \Sigma A_M + k_2 \Sigma A_{\text{всп}}}{P_3} + \frac{\Sigma A_{\text{п}}}{Q}, \quad (117)$$

$$A_{\text{авт}} = \frac{k_1 \Sigma A'_M + k_2 \Sigma A'_{\text{всп}}}{P_3} + \frac{\Sigma A'_{\text{п}} k_2}{Q}, \quad (118)$$

где  $A_M$  — затраты труда в сутки рабочих, занятых обслуживанием машин, чел.-дни;

$A_{\text{всп}}$  — затраты труда в сутки рабочих вспомогательных процессов, чел.-дни;

$A'$  — затраты труда рабочих автоматизированного предприятия;

$P_3$  — эксплуатационная производительность предприятия,  $m^3/\text{сутки}$ .

$A_{\text{п}}$  — годовые затраты труда на подготовительные работы неавтоматизированного предприятия.

5. Снижение продолжительности строительства.

Ускоренный ввод в эксплуатацию равен

$$Y_{\text{ввод}} = N - \Phi, \quad (119)$$

где  $N$  — нормативный срок строительства при неавтоматизированном предприятии, месяцы;

$\Phi$  — то же, при автоматизации процессов, месяцы.

Характерными и основными показателями являются себестоимость, капиталовложения и срок их окупаемости.

Дополнительные показатели: удельная трудоемкость и энергоемкость выработки единицы продукции; обеспечение и оздоровление условий труда рабочих; удобство управления; эксплуатационная надежность; безопасные условия труда и др.

## § 119. Охрана труда

Охрана труда — комплекс связанных между собой технических, сан-гигиенических, законодательных мероприятий, направленных на обеспечение здоровья и безопасных условий труда на ЦБЗ. К ним относятся следующие.

При разгрузке железнодорожных вагонов и платформ их нужно предварительно затормозить башмаком или подкладками. При одновременной разгрузке целого железнодорожного состава вагоны необходимо разгружать через один. Лазы бункеров для заполнителей устраивают в стороне от проходов. Крышки бункеров должны закрываться на замок. Работу в бункерах допускают с разрешения механика или мастера и под его наблюдением. Для безопасности работы выделяют двух рабочих, которые обязаны держать конец веревки, привязанной к предохранительному поясу, в постоянно натянутом положении. Бункер должен быть освещен лампами напряжением не свыше 12 в. Спускаться в бункер без предохранительного пояса запрещается. Когда рабочий находится в бункере, выдачу материала прекращают. Категорически запрещается находиться под течкой питателя. Рабочие места, проходы, проезды не следует загромождать сырьем. Ширина главных проходов должна быть не менее 1,5 м, а ширина проходов для обслуживания машин — не менее 0,8 м. На работах, где возможно поражение электротоком, следует применять защитные средства, (изолирующие подставки, инструмент с изолирующими ручками, резиновые диэлектрические перчатки, боты, галоши, резиновые коврик и дорожки).

Все открытые движущиеся части машин защищают металлическим ограждением. Пуск оборудования разрешают только после подачи звуковой или световой сигнализации.

Ремонт, регулировку, чистку, смазку машин на ходу не допускают.

При внезапном прекращении поступления электроэнергии все электродвигатели необходимо немедленно отключить, а у главного рубильника снять предохранители.

Перед осмотром, ремонтом машин отключают электроэнергию, снимают предохранители или изымают вилки разрыва пускового устройства. На магнитных пускателях или рукоятках рубильников электродвигателя вывешивают табличку «не включать».

*Силосы цемента.* Люки силосов следует закрывать на замок, ключ от которого должен находиться у механика смены. Рабочим можно спускаться только в подвесной люльке при помощи лебедки на двух канатах, один из которых привязывают к поясу рабочего, а второй крепят к люльке. Концы канатов должны быть закреплены наверху в надсилосном помещении (первый в руках дежурного, а второй на лебедке).

*Бетоносмесительный цех.* Запрещается останавливать ковшвые элеваторы при загруженных ковшах. Прямок вокруг элеватора ограждают барьером, высотой не ниже 1 м. Для перехода через шнеки устраивают безопасный мостик с перилами. Ходить по крышкам шнеков нельзя. С одной стороны шнеков обеспечивают проход шириной не менее 1 м.

Все машины пневмотранспорта цемента (винтовые насосы, пневмоподъемники и др.) заземляют путем присоединения их к общему заземляющему контуру.

Натяжные и приводные барабаны ленточных транспортеров ограждают на расстоянии не менее 1 м от барабана. Для аварийной установки ленточных транспортеров предусматривают концевые выключатели или вилки разрыва, устанавливаемые через каждые 25 м на всем протяжении транспортера. Работы по устранению проскальзывания ленты и очистке барабанов разрешаются только при выключенном электродвигателе.

Выгружать готовую смесь на ходу бетоносмесителя при помощи ручных приспособлений не разрешается.

Для предупреждения случайного включения бетоносмесителя во время его очистки устанавливают вилки разрыва на электрических цепях управления. Все электропроводки, уложенные на уровне пола или высоте до 2 м, должны быть заключены в газонепроводящие трубы.

## Глава XVIII

### БАЗЫ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ И ХРАНЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ

Для хранения, приготовления и нагрева органических вяжущих материалов устраивают базы. По видам хранимого материала база носит название — битумной, эмульсионной и дегтевой.

Технологический процесс на базе состоит из операций: выгрузки битума из вагонов; хранения его до момента использования; приготовления битумов необходимой вязкости смешением различных марок или разжижением их керосином, бензином и др.; обезвоживания и нагрева битумов до рабочей температуры; транспортирования битума на место использования автобитумовозами, автогудронаторами или по трубам в смесительный цех асфальтобетонного завода.

Для выполнения этих процессов на базе создают: битумохранилища, паровые котлы или парообразователи, нагреватели солярового масла, электростанции, водопровод или емкости для воды, трубопроводы, битумные насосы, склады топлива, лабораторию, душ, административные помещения, ремонтную передвижную мастерскую, стоянку автомобилей и др.

Зону действия баз определяют технико-экономические соображения: вид транспорта, дальность возки, стоимость единицы продукции.

Длительная перевозка более 25—30 км не только экономически не выгодна, но и технически затруднена. В ряде случаев целесообразно устраивать две базы: одну прирельсовую на месте доставки вяжущих, а вторую — приобъектную. В этом случае на

прирельсовой базе битум обезвоживают и нагревают до состояния текучести, а на приобъектной — до рабочей температуры. Принятые решения обосновывают экономическими расчетами.

Как показывает опыт строительства аэродромов, наличие второй базы нежелательно при небольших дальностях возки (не более 30 км). Если есть автобитумовозы и возможность подогреть вяжущие в пути, целесообразна прирельсовая база и на большем расстоянии, чем 30 км, от места потребления битума.

Битумная база может существовать как самостоятельное производственное предприятие или быть цехом асфальтобетонного завода.

Базы стремятся располагать вблизи строящегося аэродрома, за пределами полосы подходов на подветренной стороне.

На прирельсовые базы битум доставляют в двух- и четырехосных цистернах грузоподъемностью 45 и 50 т. Цистерны покрыты многослойным теплоизолирующим слоем, благодаря чему битум, разогретый при наливке до 200° С, не охлаждается в течение 10—15 дней при наружной температуре до —35° С. Для облегчения разгрузки в случае загустения битума внутри цистерн установлен змеевик площадью нагрева 20 м<sup>2</sup>, по которому пропускают пар.

Наиболее распространены двух- и четырехосные бункерные полувагоны, которые имеют двойные стенки для пропуска пара.

На более короткие расстояния и для доставки битума от прирельсовых баз на приобъектные и асфальтобетонные заводы используют большегрузные автоцистерны-битумовозы грузоподъемностью 15, 25, 40 т и больше, а также автогудронаторы.

## § 120. Стационарные и полевые битумохранилища

В битумохранилищах битум предохраняется от обводнения и загрязнения. По назначению и способу сооружения битумохранилища подразделяют на временные (полевые), переносные (наземные) и стационарные (полуподземные или подземные) емкостью от 100 до 3000 т (рис. 153).

Временные (полевые) битумохранилища ямного или полуямного типа емкостью 250—500 т устраивают в виде котлована с небольшим уклоном (20—50‰), вырытого в грунте, или в виде площадки, огражденной земляным валом (если не позволяет уровень грунтовых вод).

Для хранения разжижителей и каменноугольного масла строят хранилища закрытого типа. При хранении дегтя, и особенно пека, необходимо учитывать их быстрое размягчение под действием тепла и вследствие этого возможность растекания и засорения. Пек надо хранить под навесом, защищающим его от солнечных лучей и атмосферных осадков.

Для антраценового масла и жидкого сырого дегтя хранилища должны быть из металла или бетона и защищены от влаги. Если антраценовое масло хранят в ямах, то облицовывают дно и стен-

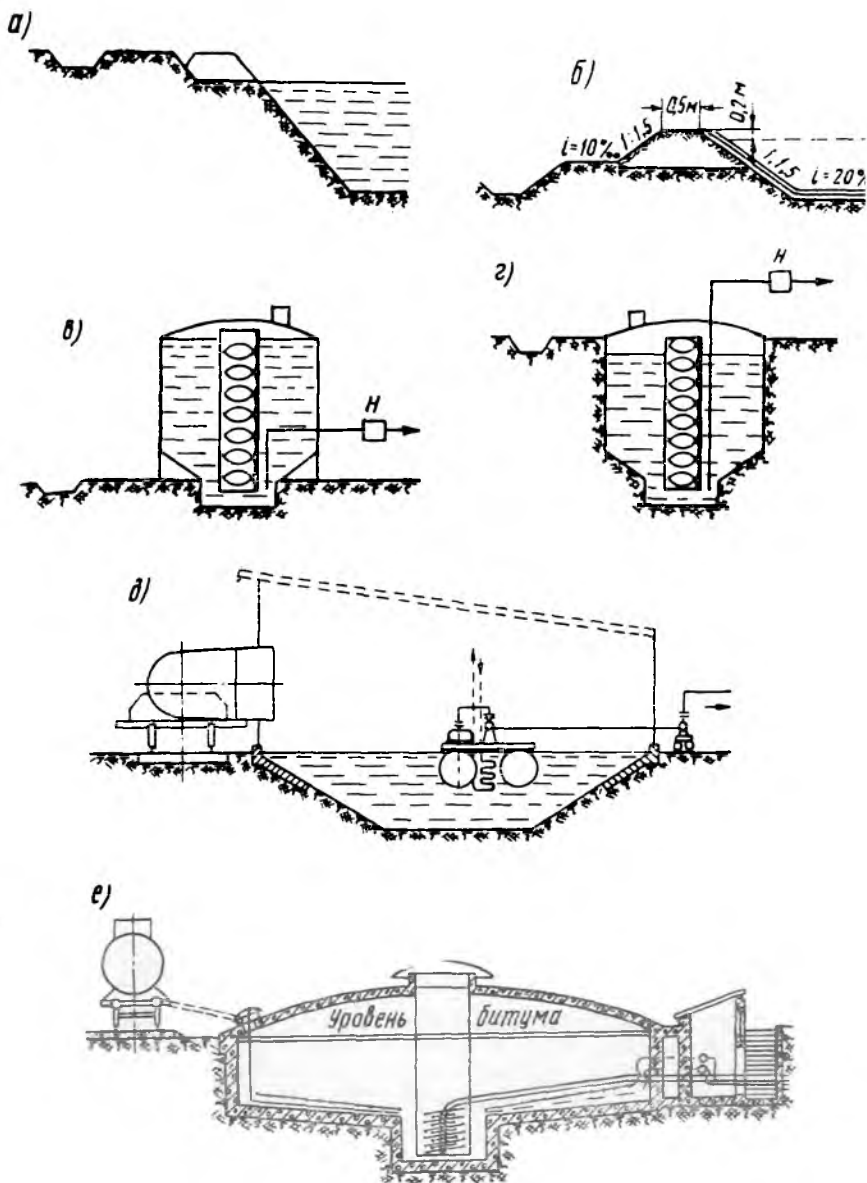


Рис. 153. Типы битумохранилищ:  
 а — ямное; б — полуямное; в — надземное; г — подземное; д — с местным подогревом; е — с общим подогревом

ки непроницаемым и нерастворимым в масле материалом. Отогранный деготь можно держать в битумохранилищах.

Емкость битумохранилищ рассчитывают на объем вяжущих, поступающих на стройку до начала летних работ, и регулярное пополнение расхода, которое должно быть увязано в графике доставки всех материалов на стройплощадку.

*Способы подогрева.* Битумохранилища могут быть с паровым, масляным, газовым и электрическим обогревом.

Электрообогрев битумохранилищ может осуществляться при наличии достаточного количества дешевой электроэнергии. Для этого применяют пластинчатые (пакетные) нагреватели как наиболее удобные, обеспечивающие медленный и равномерный подогрев больших объемов битума до 90—100° С. При этом способе нагрева вспенивание битума небольшое.

*Обезвоживание и нагревание битума.* Для обезвоживания и нагревания битума до рабочей температуры (табл. 63) используют битумные котлы, цистерны с обогревом и комплексные установки периодического или непрерывного действия. Емкость котлов и производительность установок периодического действия должны соответствовать дневному расходу вяжущих, а непрерывного — часовому расходу.

Таблица 63

Марка биту	Рабочая температура подогрева, °С						
	50—60	60—80	80—100	100—120	120—140	140—160	160—180
БНД-200/300	—	—	—	—	+	—	—
БНД-130/200	—	—	—	—	—	+	—
Д-90/130, БНД-60/90	—	—	—	—	—	—	+
СГ-15/25	+	—	—	—	—	—	—
СГ-25/40, МГ-25/40	—	—	—	—	—	—	—
СГ-40/70, МГ-40/70	—	—	—	—	—	—	—
СГ-130/200, МГ-130/200	—	—	—	+	—	—	—

Примечание. Данные таблицы не применяются в V климатической зоне.

В качестве теплоносителя для нагрева вяжущего используют бытовой газ, пар, жидкое топливо, электрический подогрев, инфракрасные лучи.

На рис. 154 показана установка непрерывного действия для обезвоживания и нагрева битума. Она состоит из котла с насосами, выносной топки и бака для жидкого топлива. Газы у топки проходят по жаровым трубам и нагревают находящийся в котле битум. Температуру битума в котле поддерживают на заданном уровне. Соотношение количества битума, которое выдают из котла и поступающего в котел, регулируют таким образом, чтобы после смешивания температура вяжущего была 130—140° С. Тем-



пературный режим в системе проверяют термометром. Из смесителя битум поступает в пароотделитель центробежного типа. Основная часть пара уходит из пароотделителя в атмосферу, а битум поступает на лоток, по которому тонким слоем стекает в котел. Поступивший в котел битум нагревается в нем до рабочей температуры.

Электрический нагрев битума производят также с помощью пакетных нагревателей, которые устанавливают в котле. Нагрев погружением нагревателей в битум имеет существенные недостатки в эксплуатации.

Эффективным способом нагрева битума с использованием электроэнергии является бескотловый в тонком слое (рис. 155). При этом используют тепло, выделяемое открытыми электронагревательными элементами. Этот способ по сравнению с подогревом в битумных котлах позволяет значительно полнее сохранить в процессе тепловой обработки асфальтены, асфальтогеновые кислоты и их ангидриды, которые обеспечивают высокую прилипаемость битумов к минеральным частицам; сохранить важные качества битума, которые влияют на долговечность покрытия.

Нагрев битума автоматизирован. Схема процесса: битум при температуре 40—45°С закачивают насосом из хранилища 1 в напорный бак 2, откуда его самотеком подают на лотки 3, протекая по которым, он омывает поверхности нагрева электронагревательных элементов, обезвоживается, нагревается до рабочей температуры и стекает в расходную емкость 4. Тепловой режим регулируют включением в схему питания нагревателей теплового реле, которое автоматически включает в цепь дополнительное сопротивление.

Нагревательные элементы предусмотрены также в напорном баке 2 и в расходной емкости 4. Элементы включают лишь в случае крайней необходимости. Производительность установки 1 т/ч. Для увеличения производительности число установок удваивают, утраивают. Самовоспламенение битума отсутствует.

Нагревательные элементы изготовляют из листового декапира толщиной 0,3 мм. Раскрой декапира делают кровельными ножницами. Для придания спиральям поперечной жесткости их гофрируют. Крепление спиралей на шиферных досках осуществляют болтами или заклепками. Лотки сделаны из асбоцементных труб.

Инфракрасным лучам как теплоносителю для нагрева битума предостой большое будущее. Инфракрасные лучи обладают проникающим тепловым излучением. Эта особенность позволяет эффективно использовать их для нагрева битума, при ремонте асфальтобетонных покрытий, тепловлажной обработке железобетонных изделий. Тепло от генераторов передается непосредственно нагреваемому материалу в виде направленного потока лучистой энергии, которая поглощается поверхностью битума, и, превращаясь в тепло, нагревает его. В качестве источника инфра-

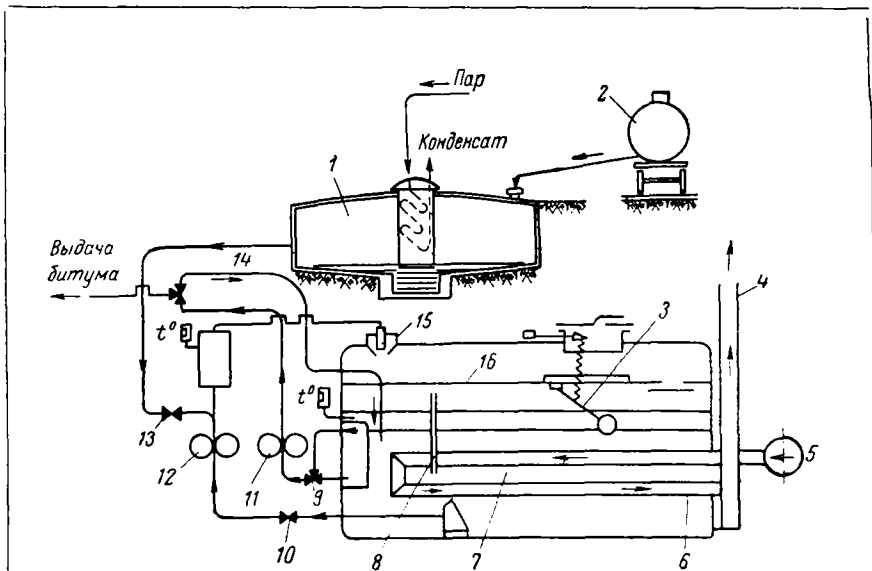


Рис. 154. Установка непрерывного действия для обезвоживания и нагрева битума:

1 — битумохранилище; 2 — цистерна-термос с битумом; 3 — указатель уровня; 4 — дымовая труба; 5 — топка; 6 — жаровые трубы; 7 — котел; 8 — разделительная перегородка; 9, 10 — кран; 11 — насос выдачи битума; 12 — насос внутренней циркуляции; 13 — кран подачи битума в битумохранилище; 14 — битумопровод; 15 — паротделитель

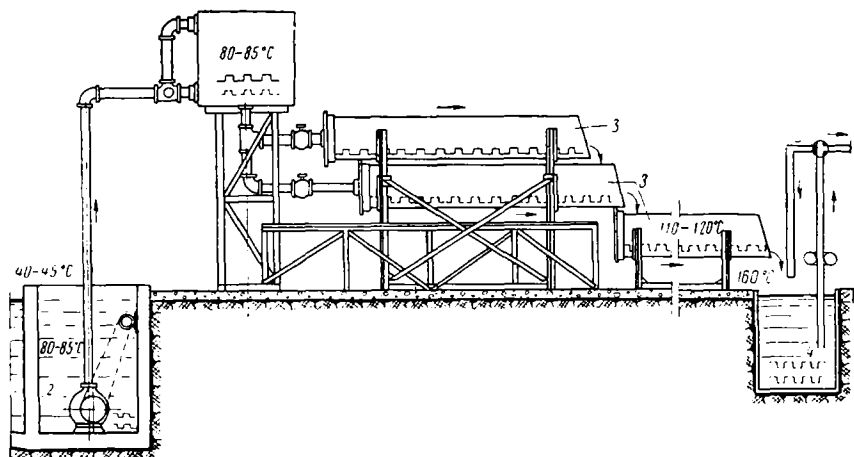


Рис. 155. Бескотловый способ нагрева битума

красных лучей используют разные генераторы инфракрасного излучения — плоские, металлические и стержневые. Плоский излучатель представляет собой стальной лист, на котором по асбестовой бумаге намотана спираль из нихромовой проволоки. Стержневой излучатель изготовляют из стальной трубы, наматывая на нее спираль из нихромовой проволоки. Есть и другие конструкции. Имеется опыт использования электрических генераторов со спиралями накаливания до состояния текучести для обезвоживания битума, а также и нагрева его до рабочей температуры.

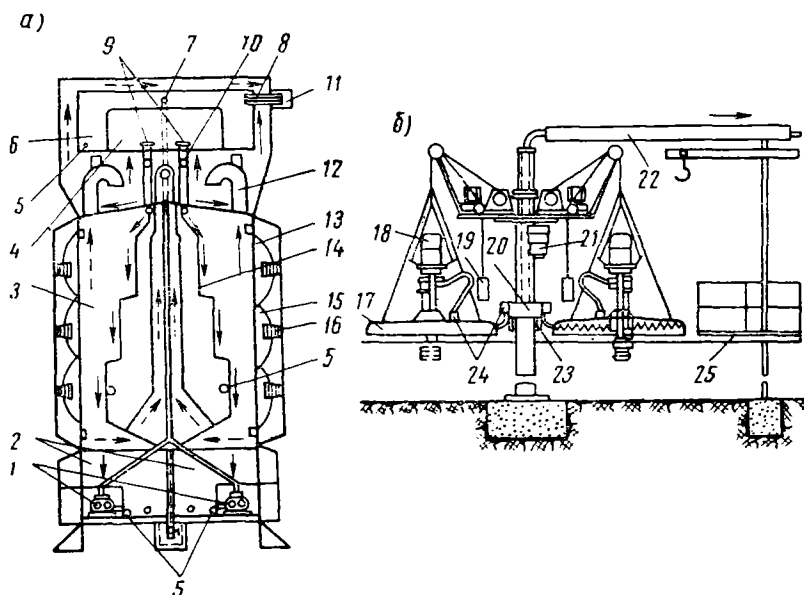


Рис. 156. Схемы обезвоживания и нагрева битума:

1 — циркуляционные насосы; 2 — резервуар готового битума; 3 — двухсекционный испаритель; 4 — конденсатор-бак предварительного нагрева битума; 5 — термосигнализатор; 6, 11 — теплоизоляционные кожухи; 7 — битумопровод; 8 — патрубок; 9 — питательные трубы; 10 — краны; 12 — вытяжные патрубки; 13 — защитная латунная сетка; 14 — трехъярусная волнообразная поверхность; 15 — отражатели инфракрасных лучей; 16 — электрические источники инфракрасных лучей; 17 — комбинированный нагреватель; 18 — насосный агрегат; 19 — уравнивающие грузы парусного агрегата; 20 — битумный коллектор; 21 — механизм поворота верхней части опоры; 22 — горизонтальный битумопровод; 23 — спускной кран; 24 — температурное реле; 25 — трап

Технологический процесс нагрева с использованием электрических генераторов легко автоматизировать.

На рис. 156 приведены варианты возможных решений при обезвоживании и нагреве битума с использованием инфракрасных лучей по предложению О. В. Монастырского (рис. 156, а) и В. Г. Курова (рис. 156, б). Технологический процесс нагрева следующий: битум подают в емкость предварительного нагрева 4, где он подогревается до температуры 95—98° С. Степень по-

догрева указывает термосигнализатор 5. Подогретый битум стекает по трубам на две рабочие поверхности. Количество битума регулируют автоматически степенью открытия пробковых кранов в зависимости от температуры нагрева битума в емкости предварительного нагрева 4. Вытекая из распределительной трубы, битум попадает на ребристую поверхность, против которой установлены электрические излучатели 16 инфракрасных лучей. Излучатели изготовляют из нихрома. Тепловая энергия излучателей направляется рефлекторами-отражателями 15 на тонкий слой текущего битума. Под действием тепла битум нагревается и стекает дальше на следующую ступеньку увеличенной рабочей плоскости. При этом толщина слоя уменьшается почти наполовину, а количество энергии, направляемой на единицу поверхности, остается постоянным; происходит испарение воды, которая отводится вытяжными трубами для подогрева битума в емкость предварительного нагрева 4. Продолжая стекать с одной поверхности на другую и подвергаясь все увеличивающемуся интенсивному нагреву, битум обезвоживается, нагревается до рабочей температуры и затем стекает в емкость 2.

Если битум не успел нагреться, то включается автоматически насос и битум по циркуляционному битумопроводу 7 перекачивается в емкость предварительного подогрева 4. Процесс повторяется до тех пор, пока битум не нагреется до рабочей температуры. Производительность установки — 1 т/ч.

Отличительной особенностью схемы нагрева битума по предложению В. Г. Курова (см. рис. 156, б) состоит в том, что вместо рефлекторов установлен плоский змеевик в виде спирали, поглощающий направленный в его сторону тепловой поток. По этой схеме можно обеспечивать нагрев битума в тонком слое до состояния текучести в открытом битумохранилище, а нагрев до рабочей температуры — в змеевике-битумопровode.

Технологический процесс следующий: комбинированный нагреватель устанавливают над поверхностью битума, включают генераторы. Нагретый битум верхнего слоя откачивает насос, открывая доступ нижележащим слоям. По мере откачки нагреватель опускают. Откачиваемый нагретый битум непрерывно поступает в змеевик, где нагревается без доступа воздуха. Такой режим нагрева предохраняет битум от перегрева, окисления и потери вяжущих свойств, позволяет экономно расходовать электроэнергию на первоначальный разогрев битума. Производительность установки — 1—1,2 т/ч. Ускорить процесс нагрева битума можно, применяя вибрирующие нагревательные элементы, которые позволяют сократить время нагрева в несколько раз, увеличить коэффициент теплопередачи в 10—12 раз. Количество тепла, которое следует подать к битумохранилищу для нагрева битума до текущего состояния, подсчитывают по формуле

$$Q = k\Pi \left[ c_6(t_2 - t_1) + \frac{W}{100} c_b(t_2 - t_1) \right], \quad (120)$$

где  $k$  — коэффициент, учитывающий потери тепла через стенки хранилища и зеркало битума (1,15—1,30);  
 $\Pi$  — производительность нагревательного оборудования, кг/ч;  
 $c_6$  — теплоемкость битума, ккал/кг°С;  
 $t_2$  — конечная температура нагрева битума, °С;  
 $t_1$  — начальная температура битума, °С (примерно немного ниже температуры окружающего воздуха вне зоны теплообмена);  
 $W$  — содержание влаги в битуме, % по весу.  
 При теплоемкости воды  $c_B = 1$  ккал/кг°С формула примет вид

$$Q = k\Pi(t_2 - t_1)c_6 + \frac{W}{100}. \quad (121)$$

### § 121. Организация производственных баз по подогреву и приготовлению органических вяжущих

Размеры базы и отдельных ее сооружений, производительность оборудования определяют расчетом в зависимости от мощности (производительности) базы. Площадка под базу должна иметь минимальные размеры (рис. 157). Против установки для

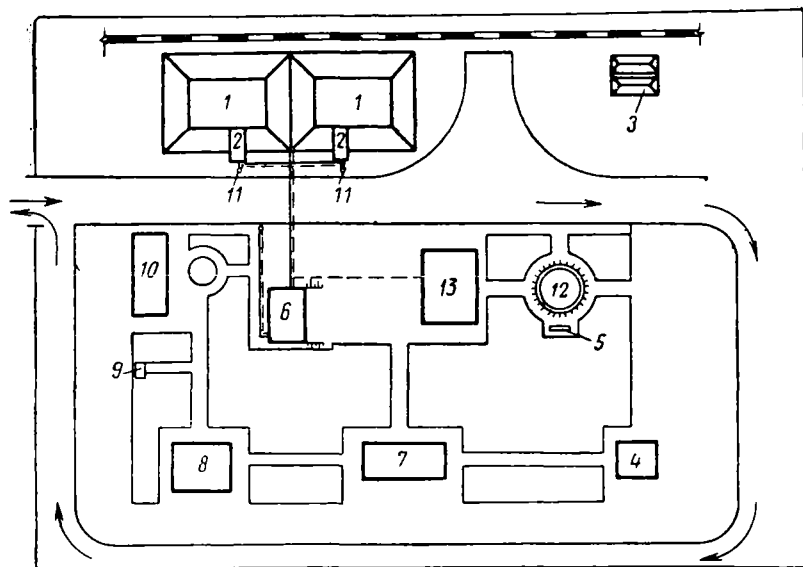


Рис. 157. План битумной базы для хранения и подогрева вязких битумов: 1 — битумохранилища; 2 — приямки подогрева битума; 3 — склад твердого топлива; 4 — склад топлива и масел; 5 — щит пожарного инвентаря; 6 — котельная на один котел; 7 — душевая-гардеробная; 8 — электростанция; 9 — туалет; 10 — контора; 11 — стояк для налива битума в автобитумовозы; 12 — пожарный водоем; 13 — водоем

обезвоживания и нагрева битума следует устроить площадку размером  $10 \times 6$  м для подъезда на погрузку и маневрирования автогудронаторов, автобитумовозов.

Склад топлива размещают в стороне от установки для обезвоживания и нагрева битума на расстоянии, обеспечивающем соблюдение мер противопожарной безопасности. Необходимо предусмотреть каналы для отвода поверхностных вод. Дно битумохранилища испытывают путем заполнения водой и наблюдением за уровнем в течение суток. При снижении уровня воды на  $\frac{1}{3}$  высоты за одни сутки хранилища подвергают усиленной гидроизоляции.

*Транспортирование подогретого битума.* Разогретый битум транспортируют автобитумовозами, автогудронаторами и перекачивают по трубам шестеренчатыми насосами. Насосы устанавливают на фундамент, тележку или подвешивают (подвесные, погружные, штанговые) в специальных помещениях с таким расчетом, чтобы битум подтекал к насосу. Применяют затопленные насосы, которые ставят на дне хранилища или котла. Такая установка насоса улучшает его работу, поскольку горячий битум не дает ему остывать.

Применяют битумные насосы шестеренчатые с внешним и внутренним зацеплением, ротационно-плунжерные и дозирующие.

По назначению их делят на перекачивающие и дозирующие. Наиболее распространены шестеренчатые насосы с внешним зацеплением.

Производительность дозирующих насосов регулируют перемещением ведомой шестерни в осевом направлении; при этом изменяют ширину контакта зубьев и рабочий объем насоса. Производительность насоса подсчитывают по формуле

$$G_n = 7DmBn\eta_{об} 10^{-6}, \quad (122)$$

где  $D$  — диаметр начальной окружности шестерни, мм;

$m$  — модуль шестерни, мм;

$B$  — ширина шестерни, мм;

$n$  — число оборотов шестерни в минуту;

$\eta_{об}$  — объемный коэффициент (0,75—0,80).

Битумопроводы монтируют из отдельных секций, которые изготовляют из стальных бесшовных труб. На прирельсовых битумных базах битумопроводы прокладывают на поверхности земли и на железобетонных стойках высотой 3 м. На приобъектных базах и в битумном цехе асфальтобетонного завода битумопроводы прокладывают на поверхности земли и по металлическим инвентарным стойкам. Битумопроводы изолируют шлаковатой толщиной 80 мм, обматывают сеткой и штукатурят. Расстояние между стойками 3,0 м.

Для восприятия тепловых удлинений на битумопроводах устанавливают сальниковые конденсаторы.

Диаметр труб для битума принимают 2,5—3,5". Для исключения застоя в трубах битумопроводу придается уклон, обеспечивающий сток битума из любой его части. В пониженных точках битумопровода устраивают отверстия с пробками для выпуска оставшегося в трубах битума.

Битумопровод и краны обогревают паром или электричеством. Битумопровод, который подает битум к асфальтосмесителю на АБЗ, устроен так, что обеспечивается циркуляция битума по двухоборотной трубе, по схеме установка для нагрева битума — асфальтосмеситель — установка.

Установки для обезвоживания и нагрева битума до рабочей температуры и битумные котлы подбирают по производительности в соответствии с паспортными данными по справочникам и каталогам.

*Охрана труда и противопожарные мероприятия.* Бензин, дизельное топливо, смазочные материалы следует хранить на отдельном складе.

В ряде случаев целесообразно такой склад выносить за пределы границы базы.

Основной материал, поступающий на базу, — вязкий битум с температурой воспламенения 200—230°С. Его относят к горючей жидкости.

Для тушения пожара предусматривают: пожарный водоем емкостью 100 м<sup>3</sup> (НЗ) из расчета потребности 10 л/сек, ручной пожарный насос, противопожарный инвентарь и химические огнегасители, ящики с сухим песком, лопаты.

Для создания безопасных условий труда на базе должно быть дополнительно следующее оборудование: ручная лебедка для опрокидывания бункеров железнодорожного вагона-самосвала, доставляющего битум на прирельсовую базу; инвентарный ограждающий борт, который служит для предупреждения возможного разлива битума на железнодорожном пути во время опрокидывания бункеров; защитные очки, рукавицы, комбинезон, аптечка первой медицинской помощи.

Для предупреждения вспенивания битума при нагреве в битумных котлах следует добавлять в него несколько капель пеногасителя СКТН-1, который ускоряет обезвоживание битума в 2—3 раза, улучшает условия труда — сводит к минимуму пожарную опасность и производственный травматизм (ожоги при вскипании битума), позволяет увеличить коэффициент наполнения котлов. СКТН-1 представляет собой диметилсилоксановый полимер, обладающий свойством погашать пену. Полимер — бесцветная мутноватая вязкая жидкость с удельным весом 0,95—1,0. Вязкость его по стандартному вискозиметру  $C_{20}^5 = 120—180$  сек.

## Глава XIX АСФАЛЬТОБЕТОННЫЕ ЗАВОДЫ

### § 122. Приготовление асфальтобетонных смесей

Асфальтобетонным заводом называют временное производственное предприятие, на котором приготавливают асфальтобетонные и различные битумоминеральные смеси.

Технологический процесс приготовления асфальтобетонной смеси на современном АБЗ состоит из следующих операций: приема и хранения материалов; обезвоживания и нагрева вяжущих; транспортирования материалов от складов к дозирочной установке грубого дозирования, сушки и нагрева минеральных материалов, сортировки горячего минерального материала по фракциям, точного дозирования материалов в соответствии с заданным составом; тщательного смешения минеральных материалов и органических вяжущих (а если нужно и с добавками); накопления замесов в накопительном бункере и выдачи готовой продукции.

На рис. 158 показана схема технологического процесса приготовления асфальтобетонной смеси на АБЗ с асфальтосмесителем циклического действия (применительно к Д-508). Процесс идет в следующей последовательности: песок и щебень поступают со склада каменных материалов в агрегат 10 предварительного дозирования материалов и направляются к сушильному агрегату 12. Просушенные и нагретые песок, щебень подаются многоковшовым горячим элеватором 14 на грохот 15, где сортируются на три фракции (0—5; 5—15; 15—35 мм). Каждая фракция попадает в свой отсек горячего бункера. Материал, который не прошел через верхнее сито грохота, отводится в отдельный бункер негабарита.

Песок и щебень дозируют по весу в соответствии с заданным составом смеси в агрегате весового дозирования 16 минеральных материалов. В этом же агрегате дозируется минеральный порошок.

Взвешенные минеральные составляющие замеса подают в двухвальную лопастную мешалку 18. Битум, нагретый в битумохранилище до 90° С, перекачивается насосом по битумопроводам непосредственно в установку для обезвоживания и нагрева или в обогреваемые расходные емкости.

В мешалку под давлением 6 кг/см<sup>2</sup> подают битум и активизирующие добавки.

Готовую смесь выгружают в автомобиль-самосвал или в накопительный бункер 23.

Дымовые газы из сушильного барабана и пыль из мест интенсивного пылеобразования отсасываются вентиляторами через агрегат сухого обеспыливания и дополнительно очищаются в агрегате мокрого обеспыливания.



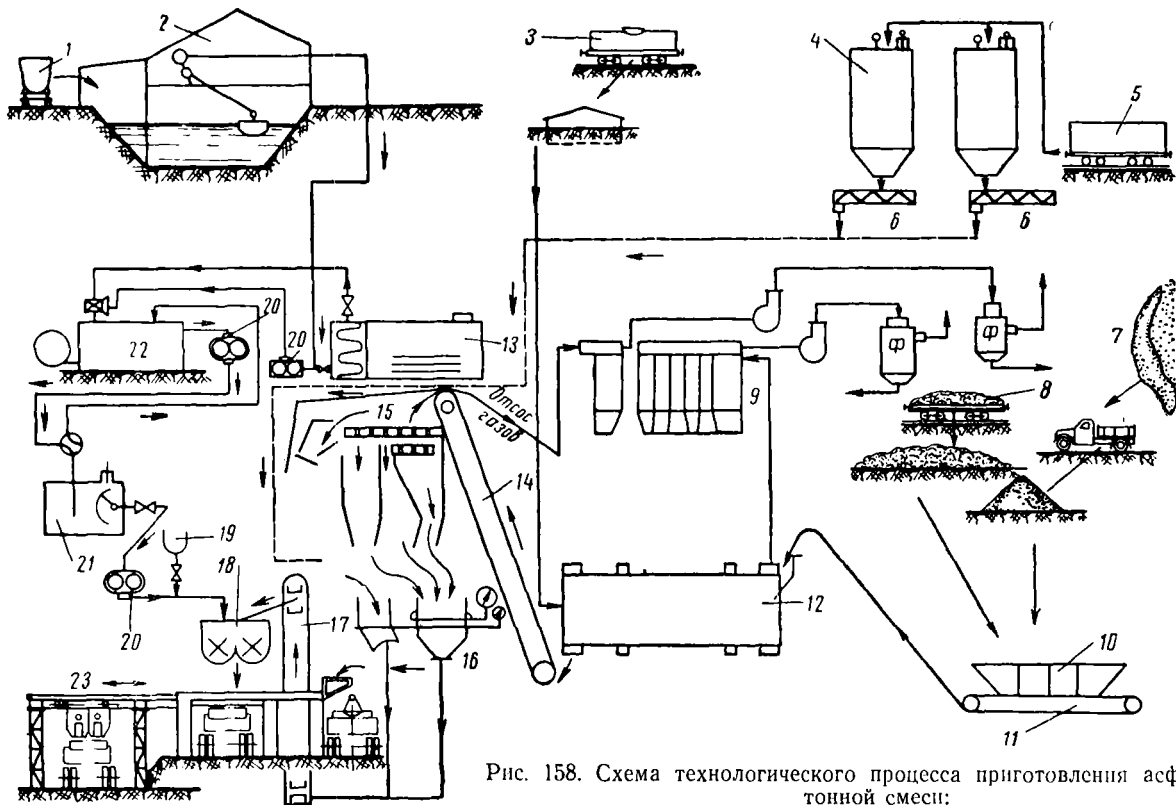


Рис. 158. Схема технологического процесса приготовления асфальтобетонной смеси:

1 — вагон-самосвал для перевозки битума; 2 — битумохранилище; 3 — цистерны с мазутом; 4 — силосы минерального порошка; 5 — вагон; 6 — шнеки; 7 — песчаный карьер; 8 — щебень; 9 — агрегаты сухого и мокрого обеспыливания; 10 — агрегат питания песком и щебнем; 11 — ленточный транспортер; 12 — сушильный барабан; 13 — обогреваемые расходные баки для битума; 14 — ковшовый элеватор; 15 — грохот для сортировки горячих минеральных материалов; 16 — агрегат для весового дозирования; 17 — ковшовый элеватор; 18 — лопастная мешалка; 19 — объемный дозатор активизирующих добавок; 20 — насос; 21 — дозатор битума; 22 — установка для разогрева битума; 23 — накопительный передвижной бункер гото-

## § 123. Выбор оборудования

Основное технологическое оборудование, предназначенное для приготовления асфальтобетонных смесей, включает установки для просушивания, нагрева, сортировки песка и щебня, обезвоживания и нагрева битума, для дозирования всех компонентов смеси и их перемешивания. В ряде случаев используют установ-

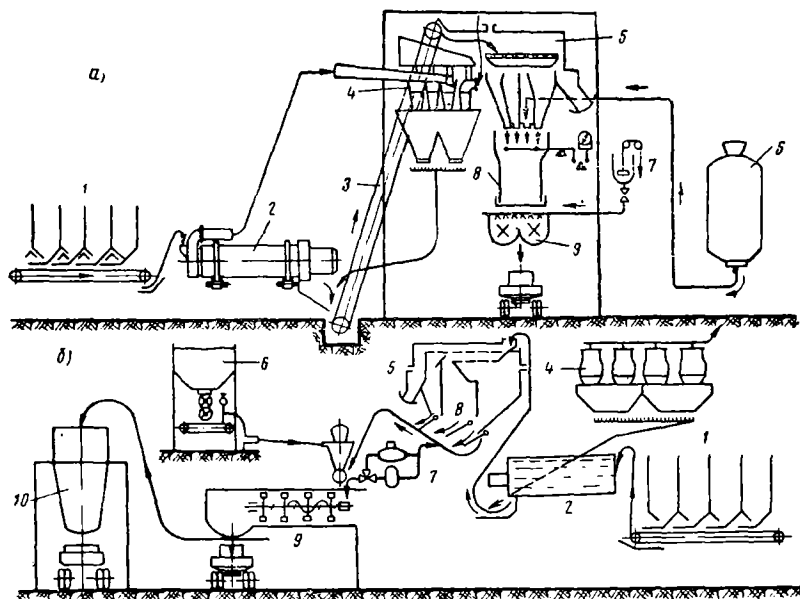


Рис. 159. Компоновка асфальтобетоносмесительных установок:

1 — агрегат грубого дозирования — питатель; 2 — сушильный барабан; 3 — ковшовый элеватор; 4 — устройство для обезпыливания дымовых газов; 5 — сортировочный агрегат; 6 — силос с минеральным порошком; 7 — дозатор битума; 8 — дозатор минеральных материалов; 9 — лопастная мешалка; 10 — накопительный бункер

ки для активации песка и приготовления добавок. Различают АБЗ с асфальтосмесителями циклического и непрерывного действия.

Оборудование для приготовления асфальтобетонных смесей классифицируют по производительности, конструктивной компоновке и способу перемешивания. Установлен ряд производительностей: 3, 6, 12, 25, 50, 100 и 200 т/ч.

Различают конструктивную компоновку с вертикальной и горизонтальной схемой движения материала по аналогии с ЦБЗ — башенное (рис. 159, а) и партерное (рис. 159, б) расположение оборудования. Для АБЗ лучшей компоновкой является горизонтальная (партерная), позволяющая монтировать завод из отдельных блоков, что уменьшает объем монтажных и демонтаж-

ных работ, облегчает перевозку оборудования, ремонт, сокращает время на ввод АБЗ в эксплуатацию.

Для перемешивания рекомендуются только мешалки принудительного перемешивания, обеспечивающие высокое качество приготовления мелко- и среднезернистых смесей. Свободное перемешивание допускают только для крупнозернистых смесей.

Различают мешалки периодического и непрерывного действия. Продолжительность перемешивания в мешалках периодического

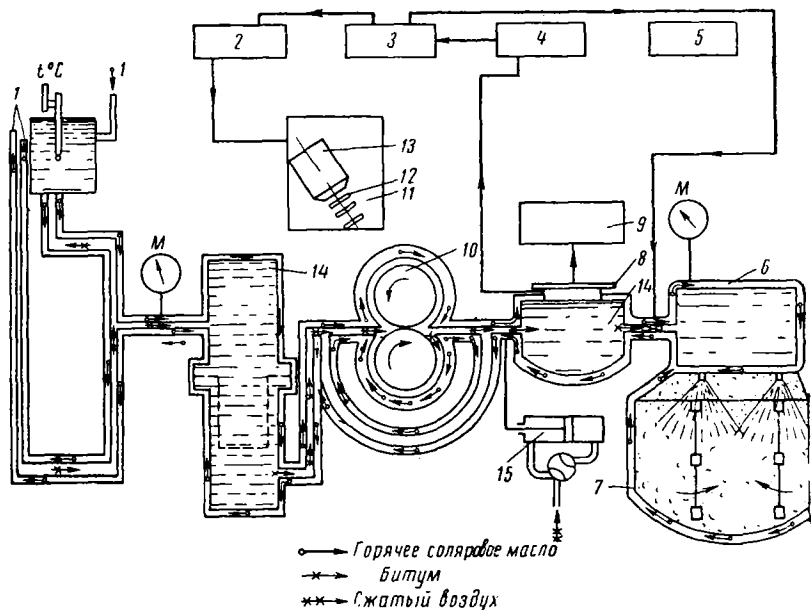


Рис. 160. Подача битума в мешалку при динамическом способе перемешивания асфальтобетонной смеси:

1 — трубы; 2 — блок управления приводом насоса; 3 — блок управления системы дозирования; 4 — дозатор; 5 — прибор учета суммарного расхода битума; 6 — распределительная труба с запирающимися соплами; 7 — мешалка; 8 — блок-датчик; 9 — приборы измерения мгновенного расхода битума; 10 — насос высокого давления; 11 — электромагнитный тормоз; 12 — электромагнитная муфта; 13 — электродвигатель; 14 — фильтр; 15 — гидроцилиндр

действия можно регулировать в больших пределах по сравнению с мешалками непрерывного действия. Если состав смеси необходимо часто менять, то также хороши мешалки периодического действия. Автоматизировать работу мешалок непрерывного действия проще.

Высокое качество смеси получают при использовании динамического метода перемешивания смеси (рис. 160).

Материал в мешалках не перемешивается, как обычно, а быстро подбрасывается вращающимися с большой скоростью лопастями над корпусом мешалки и поддерживается во взвешен-

ном состоянии — «парит». Битум вспрыскивается под высоким давлением (18—20 кг/см<sup>2</sup>). Распыленный под высоким давлением битум обволакивает зерна разрыхленной смеси в зоне взвешенного состояния и быстро покрывает ее частицы равномерной по толщине пленкой, чем достигается оптимальное распределение вяжущего даже при самых минимальных его количествах. За счет этого уменьшается продолжительность перемешивания при снижении расхода битума и повышается качество смеси.

Важным элементом мешалки динамического перемешивания является система подачи и дозирования битума под давлением в мешалку. Система обеспечивает высокодисперсное разбрызгивание горячего битума при точной дозировке его количества. Динамический метод приготовления асфальтобетонных смесей сокращает продолжительность перемешивания по сравнению с обычным способом примерно в два раза, улучшается удобоукладываемость смеси.

Смеси, приготовленные этим способом, можно укладывать в более холодную погоду, что удлиняет строительный сезон постройки дорог.

На современных АБЗ минеральные материалы подают со складов для просушки не в сушильный агрегат, а сначала на агрегат питания. Он служит для предварительного дозирования песка и щебня, в соответствии с заданным составом смеси, равномерной подачи материала к сушильному агрегату. Агрегат питания представляет собой многосекционные бункеры с дозаторами и транспортером. Дозаторы регулируют секторными затворами. Производительность таких агрегатов 12, 25 и 50 т/ч. Для обеспечения большей производительности количество 50-тонных агрегатов удваивают.

Важный элемент технологического процесса — сушка минерального материала, которую осуществляют в сушильных агрегатах. В состав агрегата входят: топочное устройство с форсункой и системой питания топливом, дутьевой вентилятор, контрольные приборы; сушильный барабан с загрузочной и разгрузочной коробками, силовая передача и газоотводящая система. Каждый АБЗ снабжают обеспыливающей установкой, в состав которой входят: вентиляторы, циклоны, фильтры.

Качество смеси зависит от того, насколько хорошо перемешаны ее составляющие между собой, насколько интенсивно произошло обволакивание битумом минеральных частиц. Перемешивание происходит в мешалке смесительного агрегата. Этот агрегат включает в себя: грохот, многофракционный дозатор, мешалку и накопительные бункера.

Многофракционный дозатор нужен для более точного дозирования составляющих, учитывая, что после сушки произошло изменение в составе смеси и одного грубого дозирования для приготовления горячих смесей недостаточно. Для дозирования минерального порошка используют дозатор щебня, песка или уста-

навливают отдельный дозатор, чем обеспечивают более высокое качество смеси.

Дозирование минеральных материалов может быть весовое и объемное, что определено типом асфальтосмесителя: периодического или непрерывного действия. Объемное дозирование, как правило, применяют при непрерывном процессе. Дозаторы битума бывают объемные и весовые, циклического и непрерывного действия (расходомеры).

В состав грохота (сортировочный агрегат) входит бункер, разделенный на отсеки для отдельных фракций минерального материала. Емкость бункера горячих материалов рассчитана на 10—15 мин (суммарная) работы асфальтосмесителя.

Зная мощность АБЗ, можно определить потребное количество минеральных материалов для приготовления смеси и необходимое оборудование. Мощность АБЗ определяется по формуле

$$P_{\text{АБЗ}} = \alpha F_{\text{н.с}} h_{\text{н.с}} \gamma_{\text{н.с}} + F_{\text{в.с}} h_{\text{в.с}} \gamma_{\text{в.с}}, \quad (123)$$

где  $\alpha$  — коэффициент, учитывающий неточность толщины слоя (1,10—1,15);

$F_{\text{н.с}}, F_{\text{в.с}}$  — общая площадь укладки нижнего и верхнего слоев,  $\text{м}^2$ ;

$h_{\text{в.с}}, h_{\text{н.с}}$  — толщина нижнего и верхнего слоев,  $\text{м}$ ;

$\gamma_{\text{н.с}}, \gamma_{\text{в.с}}$  — объемный вес смеси для нижнего и верхнего слоев,  $\text{т}/\text{м}^3$ .

Количество асфальтосмесителей равно

$$i_{\text{а-с}} = \frac{P_{\text{АБЗ}}}{P_{\text{а-с}} n_{\text{с}} T} k_{\text{н.п}}, \quad (124)$$

где  $P_{\text{а-с}}$  — производительность асфальтосмесителя,  $\text{т}/\text{ч}$ ;

$n_{\text{с}}$  — количество смен в сезоне (не менее двух);

$T$  — продолжительность смены,  $\text{ч}$ ;

$k_{\text{н.п}}$  — неравномерность потребления смеси (1,1—1,2).

При установке двух и более асфальтосмесителей их иногда специализируют по виду смеси (крупнозернистые, мелкозернистые).

## § 124. Составление технологической схемы

Для наглядного представления о последовательности операций, проходимых первичным сырьем в процессе переработки его в конечную продукцию, составляют технологическую схему.

При ее составлении необходимо выдержать прямолинейность и поточность движения сырья, минимальное расстояние транспортирования, наиболее компактный размер помещений и оборудования. Одновременно устанавливают, какие производственные цехи нужны, определяют номенклатуру и количество оборудования для каждого цеха. При этом надо отдавать предпочтение новым и совершенным конструкциям машин, которые следует

подбирать с одинаковым циклом по всей цепи производства во избежание устройства лишних промежуточных складов или бункеров.

Машины должны быть подобраны так, чтобы они использовались на полную мощность. Количество машин определяется подсчетом затрат машино-смен на заданный объем продукции за смену (на сменную выработку предприятия). Затем составляют схему размещения машин на площадке в соответствии с технологическим процессом и с учетом площади, необходимой для машины с ее приводом и для ее обслуживания. Это требование можно выразить формулой

$$F_{\text{общ}} = (F_{\text{маш}} + F_{\text{прох}} + F_{\text{обсл}}) k_{\text{нпп}}, \quad (125)$$

где  $F_{\text{общ}}$  — общая площадь,  $\text{м}^2$ ;

$F_{\text{маш}}$  — площадь, занимаемая машиной с приводом,  $\text{м}^2$ ;

$F_{\text{прох}}$  — площадь кругового прохода около машины (шириной не менее 0,8 м со стороны рабочего фронта и 0,6 м с других сторон),  $\text{м}^2$ ;

$F_{\text{обсл}}$  — площадь для обслуживания машин из расчета 1,5—2,0  $\text{м}^2$  на каждого машиниста,  $\text{м}^2$ ;

$k_{\text{нпп}}$  — коэффициент, учитывающий неизбежные непроизводительные участки (1,2—1,4).

Автоматизацией АБЗ достигают повышения качества приготовленной смеси, улучшения условий труда и сокращения количества обслуживающего персонала, улучшения условий работы машин и оборудования АБЗ. Система автоматизации позволяет быстро настраивать дозаторы материалов, работать с дистанционным управлением. Автоматизация охватывает процессы нагрева, дозирования, перемешивания, укладки и транспортирования.

Техническими средствами автоматизации являются: для дозирования минеральных материалов — весовые устройства с циферблатным указателем и дискретными задатчиками для АБЗ периодического действия, а для АБЗ непрерывного действия — объемные и весовые; для дозирования битума — дозаторы периодического и непрерывного действия; для управления транспортно-складскими операциями — датчики уровня в бункерах, весовой загрузки бункеров, наличия материалов на ленте; для управления работой сушильного барабана — термоэлектрические датчики; для управления мешалкой и всей программой работы АБЗ — программные временные устройства.

АБЗ могут работать по жетонам, перфокартам, могут быть переведены на режим ручного управления на случай ремонта, наладки оборудования, при работе на одинаковых составах смесей.

На рис. 161 показана типовая система автоматизации, разработанная ВНИИстройдоршамом применительно к смесителю Д-597. Она включает: 1) системы весовой дозировки минеральных составляющих — дозатор, весовая головка, соединения рычажной

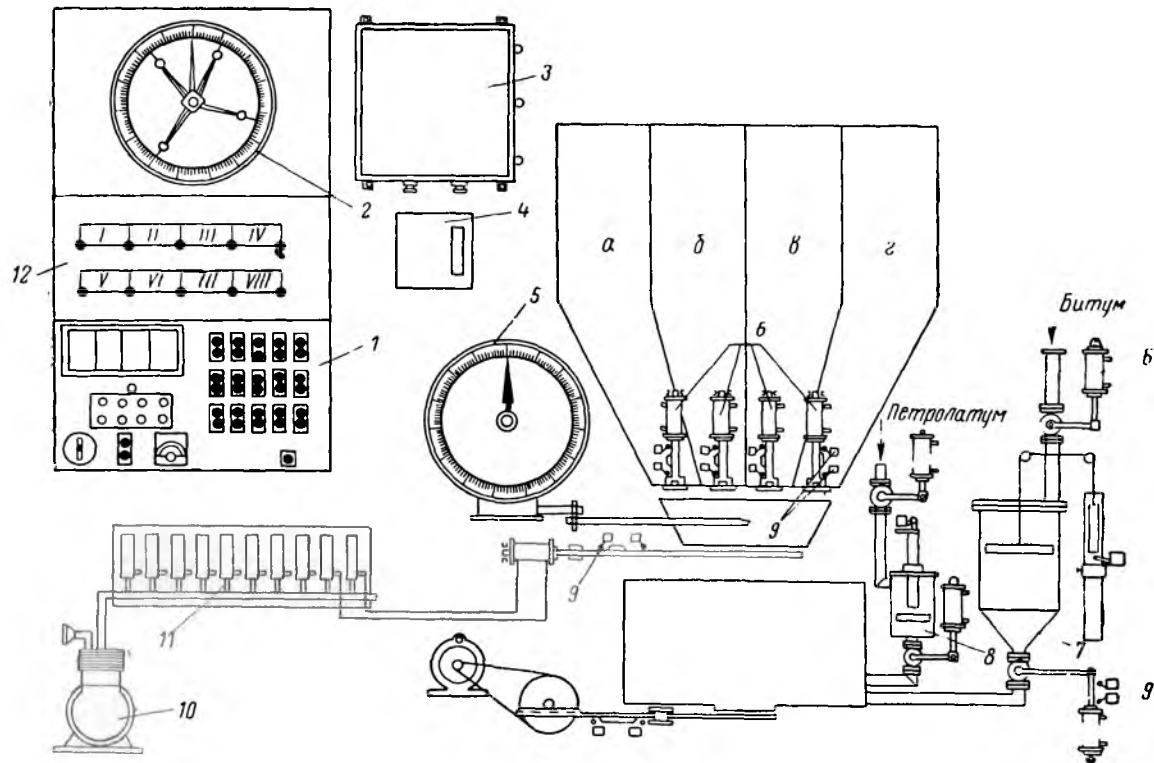


Рис. 161. Типовая схема автоматизации:

1 — пульт управления; 2 — дистанционная весовая головка; 3 — релейная панель; 4 — электрический прибор КЭП-12; 5 — весовая головка дозатора; 6 — пневмоцилиндр; 7 — дозатор битума; 8 — дозатор поверхностноактивного вещества — петролатума; 9 — колючие выключатели; 10 — компрессор; 11 — блок электровоздушных клапанов; 12 — мнемоническая схема

системы с весовым бункером или дистанционные головки, связанные с весовой электрической следящей системой. Весовая или дистанционная головки имеют четыре дозирующие стрелки с электронными датчиками; 2) систему объемной дозировки битума — мерный бак с поплавком, трос от которого перемещается противовес, воздействующий на передвижной конечный выключатель; 3) промежуточные реле, реле времени и электровоздушные клапаны, с помощью которых обеспечивают последовательность проведения отдельных операций и соблюдение продолжительности отдельных операций технологического процесса; 4) пневматические и электромоторные исполнительные механизмы для управления затворами и кранами; 5) пульт управления.

Цикл приготовления асфальтобетонной смеси на автоматизированном предприятии протекает следующим образом. Оператор включает главный рубильник. На пульте загорается лампа контроля напряжения (ЛКН), сигнализирующая о наличии требуемого напряжения в цепи управления. Получив подтверждение от дежурных о готовности завода, оператор дает предупреждающий сигнал. Начинается подача материалов в сушильный барабан, оборудованный независимой системой автоматического и дистанционного регулирования.

Для приготовления смеси щебень должен нагреваться до 200—225°С. Перегрев и недогрев одинаково вредны. Увеличение и уменьшение температуры достигается подачей большего или меньшего количества топлива в форсунку. Температуру нагретого материала регулирует прибор-автомат.

В наклонной течке сушильного барабана (рис. 162) установлены две малоинерционные термопары. В цепь одной из них включен пирометрический милливольтметр с градуировкой по ХК до 400°С. Вольтметр установлен на пульте управления и позволяет оператору контролировать температуру минеральных материалов, выходящих из сушильного барабана. Вторая термопара включена в цепь измерительного электронного регулятора, расположенного также в кабине оператора.

Электронный регулятор реагирует на отклонение э. д. с. термопары от заданной величины и подает сигналы на реверсивный магнитный пускатель двигателя исполнительного механизма. Перемещение рабочего органа исполнительного механизма вызывает соответствующие изменения напряжения в системе обратной связи, регистрируемые указателем положения.

При дистанционном управлении электронный регулятор отключают и сигналы управления на магнитный пускатель подаются оператором при помощи ключа.

При повышении влажности материалов необходимо снижать производительность сушильного барабана; оператор изменяет его нагрузку при помощи системы дистанционного регулирования. Оператор при помощи ключа управляет исполнительным



механизмом. Величину перемещения рабочего органа регистрируют указателем положения.

Основной измеряемый параметр при регулировании температуры — расход топлива. Сигнал от электронного регулятора температуры поступает на вход колонки дистанционного управления

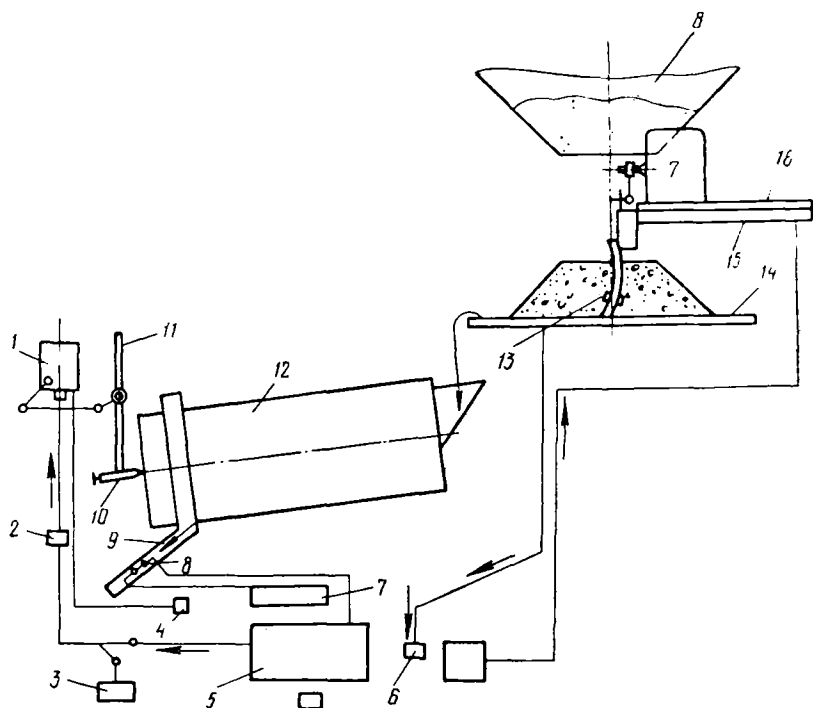


Рис. 162. Автоматическое регулирование нагрева щебня и песка в сушильном барабане:

1 — двигатель и исполнительный механизм, регулирующий подачу топлива; 2 — реверсивный магнитный пускатель; 3 — ключ управления; 4 — указатель положения топливного крана; 5 — электронный регулятор; 6 — указатель положения питателя; 7 — пирометрический милливольтметр; 8 — термопара; 9 — течка; 10 — форсунка; 11 — труба для подачи топлива; 12 — сушильный барабан; 13 — скребок; 14 — дисковый питатель; 15 — рычаг; 16 — опора; 17 — исполнительный механизм; 18 — бункер

и, пройдя через систему концевых выключателей, попадает на катушки управления реверсивного питания. В зависимости от повышения или понижения температуры соответствующие сигналы электронного регулятора подаются на соответствующую катушку реверсивного магнитного пускателя, вызывая вращение якоря электродвигателя, которое обуславливает уменьшение или увеличение подачи топлива насосом.

В системе дистанционного регулирования подачи топлива используют тот же исполнительный механизм, что и в системе автоматического регулирования, но сигналы управления пода-

ются не электронным регулятором температуры, а ключом дистанционного управления.

Дистанционной системой управления пользуются при неисправностях автоматического регулятора и при пуске сушильного барабана после его остановки.

Температурный режим можно регулировать с помощью изодромного регулятора (рис. 163) по двум температурам: основной (регулирующей) — импульс дает термопара на выходе сушильного барабана; второй (корректирующей) — импульс получается от второй термопары. Эта термопара измеряет температуру отходящих газов от топки. Второй импульс предваряет приближение нарушения нужного температурного режима.

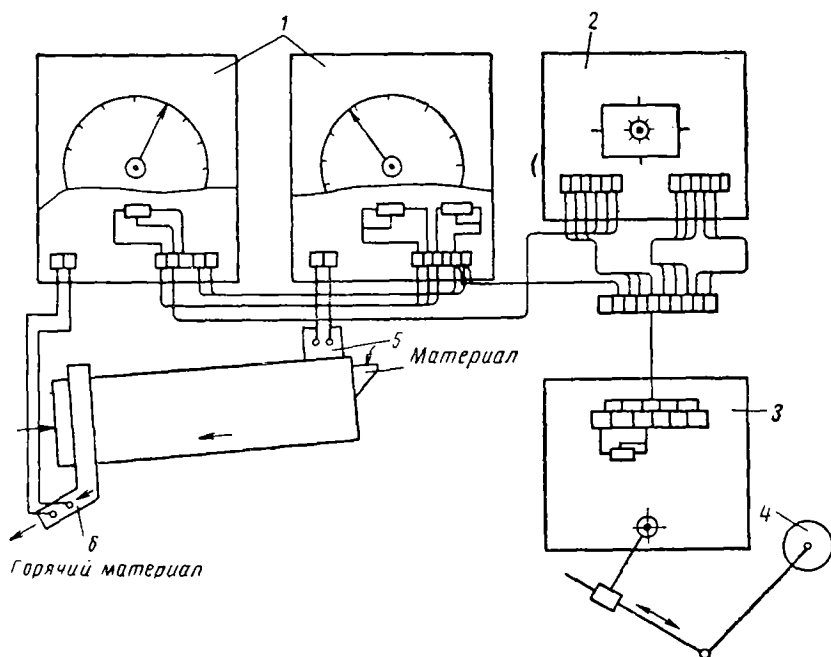


Рис. 163. Изодромный регулятор температурного режима в сушильном барабане:

1 — электронный потенциометр; 2 — изодромный регулятор; 3 — электрический исполнительный механизм; 4 — кран регулировки подачи топлива к форсунке; 5 — термопара, изменяющие температуру отходящих газов; 6 — термопары, измеряющие температуру минеральных материалов на выходе из сушильного барабана

Регулировать температуру в сушильном барабане можно за счет его загрузки влажным материалом. Механизм, регулирующий загрузку сушильного барабана установлен на тарельчатом питателе. Конструктивно он оформлен в виде скребка, к нижней кромке которого прикреплена полоса кордной ленты. Скребок соединен шарнирно с двумя подвижными в горизонтальной пло-

скости рычагами и касается нижней кромки диска питателя. При изменении угла поворота рычагов скребок перемещается от периферии диска питателя к центру и наоборот. Выше плоскости поворота рычагов консольно укреплена несущая плита, на которой установлен исполнительный механизм, имеющий поворотный рычаг. Палец этого рычага входит в паз вилки, приваренной к скребку. Изменением угла поворота рычага производится перемещение скребка в радиальном направлении относительно вращающегося диска питателя. Изменяя положение скребка, можно изменять величину загрузки барабана.

Исполнительный механизм имеет реостатный датчик угла поворота, включенный в цепь указателя положений на пульте управления.

Однофазный электродвигатель исполнительного механизма не нуждается в промежуточном пусковом устройстве. Двигатель включает оператор.

Просушенный материал подается на грохот для рассортировки на фракции, которые затем поступают в свои отсеки теплового бункера. В соответствующий отсек теплового бункера пневмотранспортом доставляется минеральный порошок.

Строгое соблюдение состава смеси зависит от точности дозирования минеральных материалов и битума. На рис. 161 показана схема автоматического дозирования материалов. Циферблатная весовая головка 5 соединена рычажной системой с весовым бункером и указывает общий вес последовательно дозируемых сыпучих материалов.

Материал подается из отсеков в весовой бункер автоматически путем открытия затвора. Показания весовой головки передаются на пульт управления 1, и оператор постоянно видит, как идет взвешивание.

На пульте смонтирована дистанционная весовая головка 2, при помощи которой диспетчер может задать любое количество минеральных материалов и наблюдать за процессом весового дозирования. Головка имеет четыре дозирующих стрелки, благодаря которым можно установить заданный состав смеси, пятая стрелка — указывающая. При повороте стрелок сигнал-команда дается весовой головке в цехе АБЗ.

Последовательность и продолжительность отдельных операций приготовления асфальтобетонной смеси регулируется командным электроприводом 4 (КЭП). Для отмеривания битума служит прибор (реле), который сигнализирует о наполнении и опорожнении весов бункера, подает команду для поступления горячего битума и прекращения подачи его после взвешивания.

Дозирование битума и поверхностноактивной добавки начинается с момента взвешивания минеральных составляющих. После окончания дозирования автоматически закрываются краны, подающие их в дозатор, и открывается кран слива в мешалку.

Кран подачи битума открывается автоматически, как только закроется кран слива.

Перемешиванием минерального материала с битумом и поверхностноактивной добавкой управляет командным прибором (КЭП). Он регулирует последовательность и продолжительность отдельных операций по заданному технологическому режиму.

Включение прибора и начало перемешивания может произойти только в том случае, если взвешены и отмерены все материалы, составляющие асфальтобетонную смесь, и закрыт затвор мешалки.

В течение каждого цикла перемешивания смеси автоматически проверяется загрузка и разгрузка мешалки. Автоматическая проверка разгрузки мешалки позволяет избежать высыпания минеральных составляющих следующего замеса в неразгруженную мешалку. Продолжительность перемешивания регулирует реле времени, которое настраивают заранее. Затвор мешалки открывается электрическим исполнительным механизмом.

Когда мешалка не работает, автоматы не загружают смесь. Если диспетчер с помощью переключателя не задает весового количества смеси, система автоматики не включается. Автомат выдачи заданного количества материала включают, если рецептура остается старой. Перед пуском автоматики диспетчер настраивает систему на выдачу асфальтобетонной смеси по заданному составу, затем по шкале дистанционной весовой головки устанавливает дозирующие стрелки на нужное количество минеральных материалов, регулирует дозирование битума и добавок, устанавливает прибор продолжительности перемешивания смеси. После такой наладки включается система автоматики и весь процесс идет в той последовательности, о которой было рассказано ранее.

Учет выданных замесов ведет специальный прибор, показания которого автоматически передаются на счетчик в диспетчерской.

На вертикальной панели главного диспетчера (см. рис. 161), кроме дистанционной весовой головки, размещается схема световой сигнализации. На наклонной передней панели, кроме электронных реле, размещены кнопки дистанционного управления агрегатами смесителя и пуска автоматики, переключатели бункеров и установки количества замесов, а также кнопки звукового сигнала и побудителей механизмов сводообрушения в бункерах.

*Особенности приготовления асфальтобетонной смеси в холодное время года.* Для приготовления асфальтобетонной смеси в осенне-зимний период используют поверхностноактивные вещества.

У асфальтосмесителей рекомендуется устраивать накопительные бункеры для готовой смеси с теплоизоляцией, емкость которых кратна грузоподъемности автомобилей-самосвалов, доставляющих смесь на место укладки.

В осенне-зимний период применяют только активированный минеральный порошок. Песок к смесителю подается предварительно просушенный.

Утепляют все трубопроводы и сушильный барабан; мешалку обертывают слоями листового асбеста и стеклянной ватой. Дозировочный битумный бак, бак жидкого топлива для форсунок оборудуют паровым обогревом (паровой рубашкой, змеевиками). Утепляют помещение котельной, бак с водой для питания котлов. Рабочее место форсунщика защищают от ветра и атмосферных осадков. Смесь при перевозке зимой укрывают сверху брезентом, войлоком или другими материалами; устраивают обогреваемые кузова автомобилей.

*Контроль качества* приготовления асфальтобетонной смеси включает: проверку качества материалов, поступающих на АБЗ; обеспечение правильных условий хранения материалов; строгий контроль принятого технологического процесса сушки, дозирования и перемешивания составляющих смесей; проверку качества готовой смеси.

Контроль качества ведется лабораторией АБЗ (не реже одного раза в час). Контролируют непрерывно температуру нагрева минеральных материалов, битума. Качество перемешивания контролируют по его длительности, а также однородности смеси, которую проверяют также по показателям водонасыщения образцов, изготовленных в разное время из разных замесов. Пробу берут при загрузке в автомобиль по норме одна проба от 50 т смеси. Определяют объемный вес, водонасыщение, прочность при сжатии. Проверяют состав смеси путем экстрагирования битума для определения его количества и гранулометрического состава минеральной части.

Температуру готовой смеси проверяют при выдаче накладной в трех точках массы смеси непосредственно в кузове автомобиля-самосвала.

## § 125. Приготовление минерального порошка

Приготовление минерального порошка может быть централизованным на заводе, с которого его транспортируют по железной дороге или автомобильным транспортом. Цех приготовления порошка устраивают на асфальтобетонном или камнедробильном заводе, в известняковом карьере. Сырье для приготовления порошка — известковый щебень размером 0—5; 0—20; 0—40 мм — доставляют в бункер, из которого тарельчатым питателем равномерно загружают сушильный барабан (рис. 164), сушат и нагревают до температуры 120—140° С. Из сушильного барабана материал поступает в накопительный бункер, а из него питателем — в шаровую мельницу. После помола порошок подают в расходные бункера или закрытый склад готовой продукции.

Для повышения качества порошка продукт помола поступает на сепаратор, который разделяет его на крупные и мелкие частицы. Крупные направляют обратно в шаровую мельницу для вторичного помола, а мелкий — в бункер или на склад.

Качество порошка повышают путем обработки его битумом, после чего порошок становится менее чувствителен к действию влаги. Это особенно важно в тех случаях, когда минеральный порошок поступает в асфальтосмеситель без подогрева. Транспортирование и хранение такого порошка на складах упрощается.

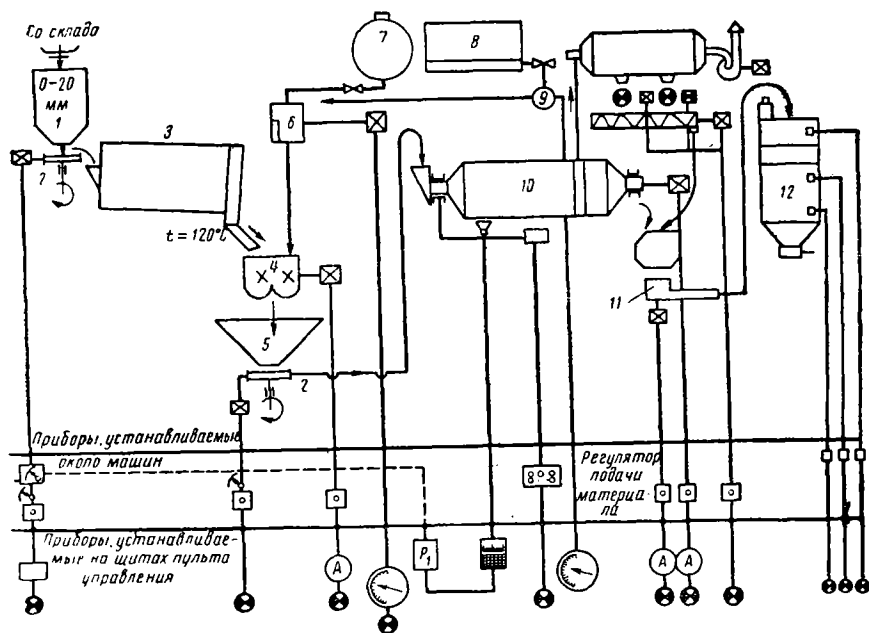


Рис. 164. Приготовление минерального порошка:

1 — расходный бункер; 2 — тарельчатый питатель; 3 — сушильный барабан; 4 — лопастная мешалка; 5 — сборный бункер; 6 — дозаторы; 7 — хранилище добавок; 8 — установка для обезвоживания и нагрева битума; 9 — насос; 10 — шаровая мельница; 11 — винтовой пневмонасос; 12 — силосный склад

Уменьшаются потери от распыла при погрузочно-разгрузочных операциях.

Минеральный порошок обрабатывают битумом после выхода его из шаровой мельницы или вначале обрабатывают битумом известковый щебень в мешалке, а затем уже производят его помол.

Последняя технология обработки обеспечивает большую равномерность, поскольку значительные механические усилия действуют на измельчаемый материал в течение всего времени.

За последние годы получает распространение активированный минеральный порошок. Особенность технологии пригото-

ния порошка состоит в том, что в процессе помола порошок обрабатывают поверхностноактивными веществами в смеси с битумом.

Активированный минеральный порошок — гидрофобный. Это позволяет хранить его в более простых складах или под навесом без опасения, что он будет слеживаться или комковаться. Большая подвижность (текучесть) порошка позволяет транспортировать его автоцементовозами на расстояние до 150 км. На месте приготовления активированного минерального порошка цементовозы загружают из накопительных бункеров.

Регулирование процесса приготовления минерального порошка из известнякового щебня в автоматическом цикле осуществляют с пульта управления.

Процесс сушки и помола регулируется подачей материала за счет скоростей вращения электродвигателей тарельчатых питателей, которое контролируют тахометры. Для того чтобы количество материала, подаваемого в сушильный барабан и мельницу, было пропорционально числу оборотов питателей, в бункерах поддерживают постоянный уровень. Загрузка мельницы материалом контролируется по частоте шума в барабане и измеряется при помощи электроакустического устройства, снабженного показывающим и самозаписывающим устройством.

Регулирование загрузки осуществляют групповые задатчики, позволяющие изменять общее число поступающих материалов в сушильный барабан и мельницу.

Перед пуском завода автоматически подается предупредительный сигнал. Затем включается система смазки машин. Комплекты приборов при достижении нормальных параметров масла автоматически подают импульсы на включение приводов всех машин завода.

Пуск питателей возможен только при работающих сушильном барабане, мельнице, мешалке. Их остановка вызывает отключение питателей и других машин. При самопроизвольном отключении какой-либо машины подается аварийный сигнал.

## § 126. Планировка АБЗ и внутризаводской транспорт

Общие требования к планировке АБЗ такие же, как и при планировке ЦБЗ: максимальное сокращение коммуникаций внутризаводского транспорта, приближение складов материалов к основному технологическому цеху — смесительному (рис. 165).

*Внутризаводской транспорт.* Требования к транспорту предъявляют такие же, как и на ЦБЗ. Склады минеральных материалов располагают по возможности ближе к агрегату грубого дозирования. Подачу материала к агрегату грубого дозирования из штабелей организуют ленточными транспортерами, универсальными одноковшовыми автопогрузчиками на пневматических шинах. Склад минерального порошка располагают ближе к сме-

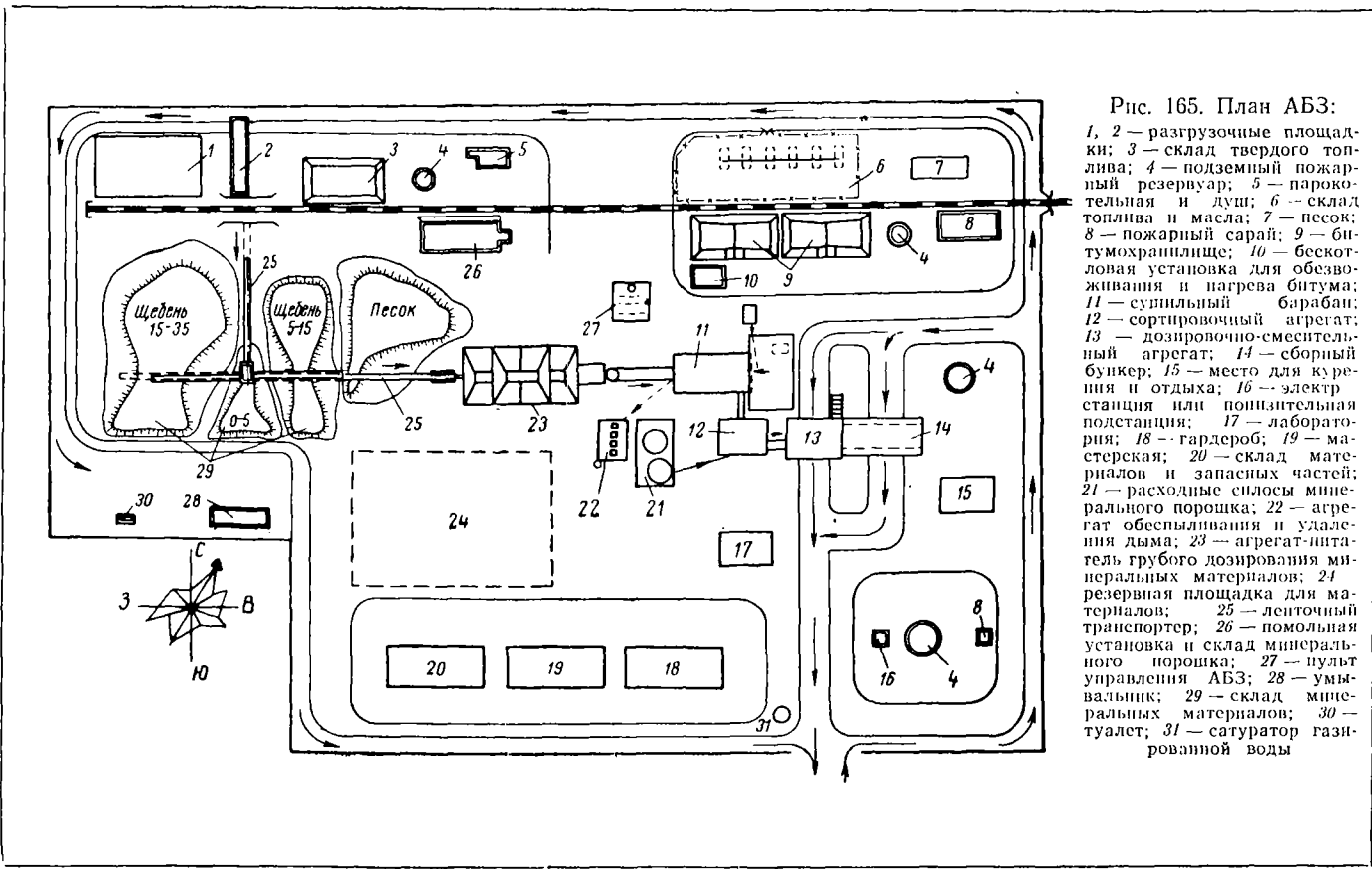


Рис. 165. План АБЗ:

1, 2 — разгрузочные площадки; 3 — склад твердого топлива; 4 — подземный пожарный резервуар; 5 — парокотельная и души; 6 — склад топлива и масла; 7 — песок; 8 — пожарный сарай; 9 — битумохранилище; 10 — бесколочная установка для обезвоживания и нагрева битума; 11 — сушильный барабан; 12 — сортировочный агрегат; 13 — дозировочно-смесительный агрегат; 14 — сборный бункер; 15 — место для курения и отдыха; 16 — электростанция или пониженная подстанция; 17 — лаборатория; 18 — гардероб; 19 — мастерская; 20 — склад материалов и запасных частей; 21 — расходные силосы минерального порошка; 22 — агрегат обеспыливания и удаления дыма; 23 — агрегат-питатель грубого дозирования минеральных материалов; 24 — резервная площадка для материалов; 25 — ленточный транспортер; 26 — помольная установка и склад минерального порошка; 27 — пульт управления АБЗ; 28 — умывальник; 29 — склад минеральных материалов; 30 — туалет; 31 — сагуратор газированной воды



сительной установке. Предпочтительно транспортирование порошка в закрытых трубопроводах, шнеках, аэрожелобах, пневмотранспортом.

Для пневматического транспортирования минерального порошка используют те же машины, что и для цемента на ЦБЗ. Для возможности заезда на АБЗ автомобилей-самосвалов предусматривают кольцевую дорогу с односторонним движением. Ее устраивают с таким расчетом, чтобы ширина была достаточной (3,5—4,0 м) для свободного подъезда к складам и агрегатам АБЗ.

Решение вопросов выбора машин и оборудования АБЗ, его технологической схемы, выбора места расположения АБЗ, целесообразность автоматизации решают технико-экономическими расчетами при сравнении нескольких вариантов.

Себестоимость и трудоемкость приготовления смеси на АБЗ определяют аналогично методике, используемой при приготовлении цементобетонной смеси. Себестоимость приготовления смеси на автоматизированных АБЗ уменьшается за счет повышения производительности труда, но увеличение идет за счет повышения уровня средней заработной платы, использования обслуживающего персонала более высокой квалификации.

## **§ 127. Охрана труда и противопожарные мероприятия**

Асфальтосмесители, битумохранилища, установки для обезвоживания и нагрева битума, битумные котлы, энергетические установки необходимо снабжать огнетушителями. При зажигании форсунок (лучше пользоваться электрозапалом) и регулировании горения форсуночку следует находиться сбоку во избежание ожогов. Форсунка должна быть снабжена экраном, предохраняющим форсуночку от ожогов.

Все лестницы и переходы надо содержать в чистоте. Особенно важно систематически очищать от битума лестницы и площадки асфальтосмесителя и битумоплавлен. Все лестницы, переходы и площадки должны иметь прочные перила высотой 1 м. При прекращении работы смесителя в сушильном барабане и мешалке не должен оставаться материал.

Для обеспечения удобного подъезда к основным цехам завода целесообразно строить кольцевую дорогу.

На всех проездах и площадках, а также площадках под склады щебня и песка следует устраивать щебеночное покрытие по песчаному подстилающему слою или покрытие из асфальтобетона.

Территорию АБЗ следует оградить канавой, изгородью из колючей проволоки, решетчатым или сплошным забором.

Для защиты от поражения электрическим током устраивают заземление в системе с заземленной нейтралью. В качестве заземляющих магистралей используют нулевые провода силовых и

осветительных сетей и металлоконструкций зданий. Заземлению подлежат все нетоковедущие металлические части электрооборудования, которые могут оказаться под напряжением.

Топливо и масла следует хранить в стороне от асфальтосмесителей в огнестойких или заглубленных помещениях, желательном вне территории АБЗ.

Вход посторонним на территорию склада топлива должен быть запрещен.

## Глава XX

### ПОСТРОЕЧНЫЕ ЗАВОДЫ И ПОЛИГОНЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

#### § 128. Общие положения

Номенклатура железобетонных изделий, применяемых на строительстве аэродромов, довольно разнообразна: элементы сборных водостоков, приемных колодцев, плит для покрытия аэродромов и подъездных путей к ним, детали зданий, бортовые камни. Эти изделия готовят на заводах и полигонах железобетонных изделий. Полигоны находят более широкое применение при строительстве аэродромов, чем заводы, так как для их сооружения требуется значительно меньше времени и капитальных вложений на 1 м<sup>3</sup> готовой продукции.

Заводы, как правило, создают для централизованного снабжения группы строек типовыми деталями и узлами и при строительстве аэропортов на линиях союзного значения.

Для ускорения и удешевления полигоны обычно делают открытыми или комбинированными. В комбинированных полигонах приготовление бетонной смеси и формование изделий производят в закрытом помещении, а тепловую обработку — вне помещения в стационарных или передвижных пропарочных камерах.

Как правило, полигоны приспособляют для круглогодичной работы. Различают полигоны: стационарные, полустационарные и передвижные. Стационарные полигоны бывают мощностью не менее 10—20 тыс. м<sup>3</sup> в год при круглогодичной работе и для изготовления изделий широкой номенклатуры.

Полустационарные полигоны также пригодны для круглогодичной работы; мощность их до 10 тыс. м<sup>3</sup> в год; однако на них готовят изделия ограниченной номенклатуры, типовые или индивидуального назначения.

Передвижные полигоны мощностью 5—10 тыс. м<sup>3</sup> в год и меньше обычно работают только летом. Номенклатура изделий примерно такая же, как и у полустационарных.

Различаются полигоны также капитальностью сооружения и мощностью оборудования, размерами складских площадей.

Изготовление железобетонных изделий складывается из следующих основных процессов: установки форм и подготовки их к загрузке бетонной смесью, загрузки смесью, заготовки арматуры, формовки и выдерживания изделий в период набора прочности, распалубки и хранения на складе.

В соответствии с этой технологией на заводе или полигоне создают цехи: бетоносмесительный, арматурный (или мастерские), формовочный, пропарочную камеру.

Все процессы тесно связаны с организацией приема и хранения сырья, складированием готовой продукции, а также с внутри-

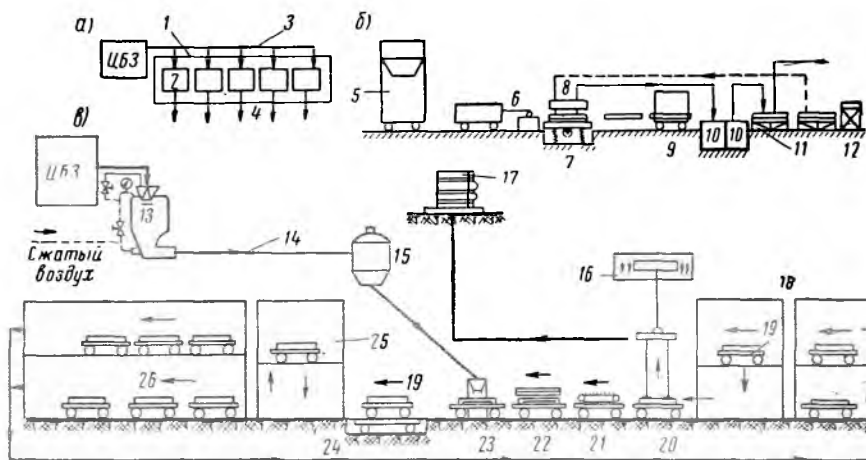


Рис. 166. Технологический процесс производства железобетонных изделий: 1 — стенд; 2 — форма; 3 — транспортер для подачи форм; 4 — транспортер для подачи готовых изделий на склад; 5 — самоходный бетоноукладчик; 6 — пустообразующая машина; 7 — виброплощадка; 8 — пригрузочный вибропитатель; 9 — самоходный укладчик форм; 10 — пропарочные камеры; 11 — столы для распалубки изделий; 12 — станок для натяжения арматуры; 13 — камерный питатель; 14 — бетоновод; 15 — гаситель; 16 — мостовой кран; 17 — склад готовых изделий; 18 — снижатель; 19 — форма-вагонетка с готовым изделием; 20 — пост распалубки; 21 — пост чистки и смазки форм; 22 — пост навивки напряженной арматуры; 23 — формовочный пост; 24 — передаточная платформа-вагонетка; 25 — подъемник; 26 — камера тепловлажной обработки непрерывного действия

заводским транспортированием сырья, полуфабрикатов и готовых изделий.

Обслуживающие помещения — общие, как и для всех производственных предприятий. Их наличие и количество зависят от мощности завода (полигона).

Технологический процесс производства железобетонных изделий может быть организован по трем схемам — стеновой (рис. 166, а); поточно-агрегатной (рис. 166, б) и конвейерной (рис. 166, в).

При стеновой технологии производство изделий осуществляют в неподвижных формах. Изделия твердеют на месте формования. При этом способе требуются большие производственные

площади, так как время оборота форм увеличивается, усложняется механизация и автоматизация процесса. Применяют эту технологию при организации сезонных предприятий небольшой производительности (5—10 тыс. м<sup>3</sup>) и при изготовлении крупногабаритных железобетонных элементов большого веса как на полигонах, так и на заводах железобетонных изделий.

Поточно-агрегатная технология характеризуется тем, что операции по изготовлению изделия выполняют на разных постах (в перемещающихся формах). Укладку арматуры, бетонной смеси производят на одном посту. Твердение происходит не на месте формования, а в специальных пропарочных камерах или автоклавах. При этом способе общий технологический процесс расчленяется на операции. Изделие перемещается с помощью грузоподъемных машин от одного рабочего места к другому.

Конвейерная схема технологического процесса наиболее расчленена по операциям. Каждую операцию выполняют на отдельных специальных постах. Изделие и формы-вагонетки перемещаются от одного поста к другому по конвейеру с принудительным ритмом, определяемым наиболее длительной операцией. При этом машины, изготовляющие эти изделия и оборудование остаются на своих местах, а формы-вагонетки проходят сначала подготовительные посты, где их смазывают, очищают, а затем направляют на основные посты. Это позволяет применить более совершенную технологию и автоматизацию процессов, но требует больших капитальных вложений.

### **§ 129. Изготовление форм и подготовка их к укладке смеси**

Железобетонные изделия формуют в специальных формах, обеспечивающих получение изделий заданной геометрической формы, определенных размеров с гладкими лицевыми поверхностями. Формы должны быть достаточно прочными и удобными в эксплуатации, длительное время сохранять правильность размеров; легко разбираться и подвергаться очистке и смазке.

По условиям работы их делят на стационарные (неподвижные), передвижные и переносные. По конструктивным особенностям — на неразъемные, сборно-разборные и с шарнирно открывающимися бортами или стенками. По расчленению изделий при формовании — на горизонтальные и вертикальные (кассетные); по материалу форм — на металлические, железобетонные, деревянные и комбинированные. По конструкции — на формы с поддонами, бортовые формы бортоснастки, формы-матрицы. По количеству одновременно формируемых изделий формы бывают одиночными, гнездовыми и пакетными.

Для предварительно напряженных конструкций формы делят на силовые (неподвижные и переносные), которые воспринимают усилия натяжения арматуры до момента достижения бетоном прочности, допускающей передачу усилия на бетон. В этих фор-

мах усилия натяжения передаются на бортооснастку или поддон и формы для стендов, в которых усилия от натяжения передаются на упоры стенда, а форма воспринимает только нагрузку от давления бетонной смеси и пара, если она снабжена паровыми рубашками.

Кассетную форму используют при кассетном способе изготовления изделий (рис. 167).

При кассетной технологии изделия формуют путем вибрационного воздействия в установке, состоящей из нескольких вер-

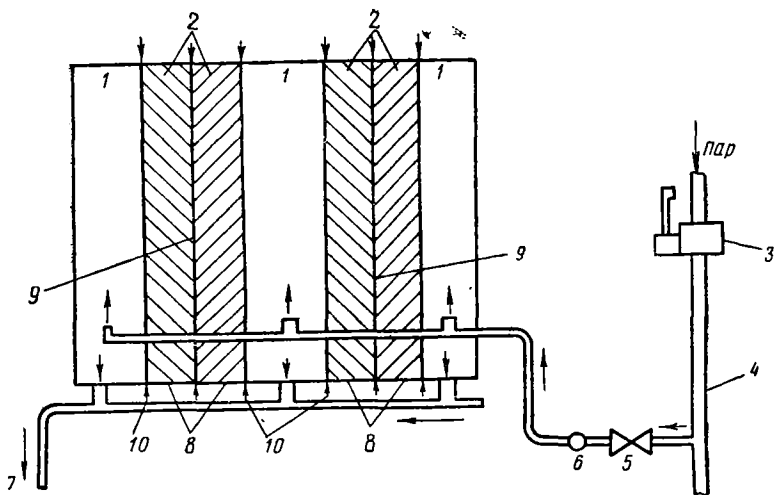


Рис. 167. Кассетный способ изготовления изделий:

- 1 — паровые отсеки; 2 — изделия; 3 — регулятор давления пара прямого действия;  
 4 — паропровод; 5 — вентиль; 6 — дроссельная диафрагма; 7 — конденсатопровод;  
 8 — вертикальная форма; 9 — разделительная стенка; 10 — вибраторы

тикальных металлических или железобетонных форм. После окончания формования в этих же формах, где имеются паровые рубашки, изделия подвергают тепловой обработке.

В форме изделия отделены друг от друга разделительными стенками. Для укладки и уплотнения бетонной смеси в форме имеются вибрирующие стенки, а для тепловой обработки — прогревающие, с паровыми рубашками или нагревательными регистрами. Формовочный отсек, в котором устанавливается арматура и укладывается бетонная смесь, ограничен двумя разделительными стенками и бортовой оснасткой. Для изготовления изделий по этой технологии используют подвижные и литые бетонные смеси.

Подготовка форм к работе заключается в ее наружном осмотре, форма не должна иметь вмятин и других неисправностей. Чистят форму лопаткой, скребком, стальной щеткой. На заводах этот процесс механизирован, и формы очищают стальными при-

водными щетками-волчками. От качества очистки формы и подготовки опалубки зависят точность размеров и внешний вид изделия.

Для того чтобы бетон не приставал к форме, ее смазывают ровным слоем смазки толщиной 0,1—0,2 м. Хорошими смазками для металлических форм являются: цементно-масляная эмульсия (1 вес. ч. отработавшего масла, 1 вес. ч. цемента, 0,3—0,4 ч. воды); смазку готовят за 1 сутки до применения; мыльно-глиняная (1 ч. мыла и 20 ч. по весу сиондиловой глины); масляная — смесь различных масел (солидола, автола, отработанного машинного масла и керосина).

На 1 м<sup>2</sup> поверхности форм расходуется 60—90 г смазки. Наиболее стойкими и экономичными являются водомасляные смазки, в частности приготовленные на базе кислого синтетического эмульсола ЭКС. Эмульсол — темно-коричневая жидкость, полученная из смеси 95% веретенного масла и 5% высокомолекулярных синтетических кислот. Смазку наносят вручную кистями или пистолетами-распылителями.

### § 130. Заготовка арматуры

Арматура — неотъемлемая часть железобетонных изделий. Для заготовки арматуры на заводах железобетонных изделий создают арматурные цехи, а на полигонах — арматурные мастерские. Проектируя цех или мастерскую, исходят из расхода арматуры не только для нужд завода или полигона, но и для всей строительной площадки.

Площадку под склад выбирают на сухом месте. На складе имеют месячный запас стали различных марок и размеров. Хранят арматурную сталь в закрытых сухих помещениях, под навесами на полках или стеллажах. Нельзя укладывать арматуру на земляной пол.

Склад арматуры следует связать с заготовительным отделением кран-балкой или узкоколейкой. Номенклатура изделий цеха или мастерской включает арматурные каркасы, сетки, подъемные петли, закладные части и другие детали, используемые при изготовлении железобетонных изделий.

Процесс изготовления арматуры состоит из следующих операций: подготовки арматурной стали, заготовки арматурных стержней и каркасов.

*Подготовка стали* включает сортировку, очистку от окалины или ржавчины, правку и в нужных случаях механическое упрочнение. Сталь, поступающую на предприятие, сортируют по маркам, диаметрам и профилям. Арматурную сталь делят на легкую диаметром 4—14 мм и тяжелую более 14 мм. Различаются и приемы обработки ее. Очищают арматуру в том случае, если она сильно заржавела, имеет легко сбиваемую ржавчину или покрыта слоем окалины, грязью. Для очистки легкой арматуры исполь-

зуют станок с группой очистных щеток, приводимых в движение электродвигателем.

Сталь, поступающую в мотках, правят и режут на правильно отрезных станках типа С-338. Сталь разматывается из мотка 1 и протягивается тянущими роликами 3 (рис. 168) через непрерывно вращающийся вокруг горизонтальной оси правильный барабан 4, выполненный в виде полого цилиндра, в котором укреплены правильные плашки. При вращении барабана плашки полностью выпрямляют протягиваемый через него стержень 5.

Стержень режут диски с ножами. Для отмеривания нужной длины стержня имеется счетчик. Он состоит из мерительного диска и прижимного ролика, приводимых во вращение проходящим между ними стержнем. Вращение от мерительного диска передается через систему передач кулачку, который замыкает электрическую цепь управления ножами и приводит последние в действие. Отрезанные стержни поступают в приемное устройство.

Тяжелую арматуру при больших объемах работ правят на приводных валковых станках.

*Упрочнение арматурной стали.* Металлургическая промышленность полностью обеспечивает промышленность сборного железобетона в необходимых марках стали. Если производство получает горячекатаную арматуру из мягких сталей, пластичности которых выше, чем у сталей, подвергнутых при изготовлении холодной обработке (твердых сталей), а прочность ниже, такую арматуру упрочняют вытяжкой, волочением.

Под влиянием пластических деформаций, создаваемых механическим путем, в стали возникают структурные изменения, при которых отдельные зерна металла меняют свою форму и сдвигаются относительно друг друга. Эти изменения называют наклепом или нагартовкой. Они не исчезают после прекращения механического воздействия и сталь приобретает повышенные свойства: предел текучести и предел прочности стали повышаются а пластические свойства понижаются.

В зависимости от способов холодной обработки, марок стали и диаметра прочность ее увеличивается в пределах 15—50%. В таких примерно пределах уменьшается расход арматурной стали.

Упрочнение вытяжкой заключается в том, что арматурные стержни, помещенные в зажимы установки, растягиваются до появления в них заранее заданных напряжений. Установка состоит из механизма натяжения, захватов для стержней и измерительной рейки, по которой определяют величину удлинения. Натяжение производят гидродомкратами, электродомкратами или грузовыми устройствами.

Упрочнение волочением применяется для арматурной стали класса А-1 (Ст. 3) гладкого профиля диаметром 3—8 мм. Проволоку, упрочненную волочением, называют холоднотянутой. Процесс заключается в протяжке проволоки через коническое

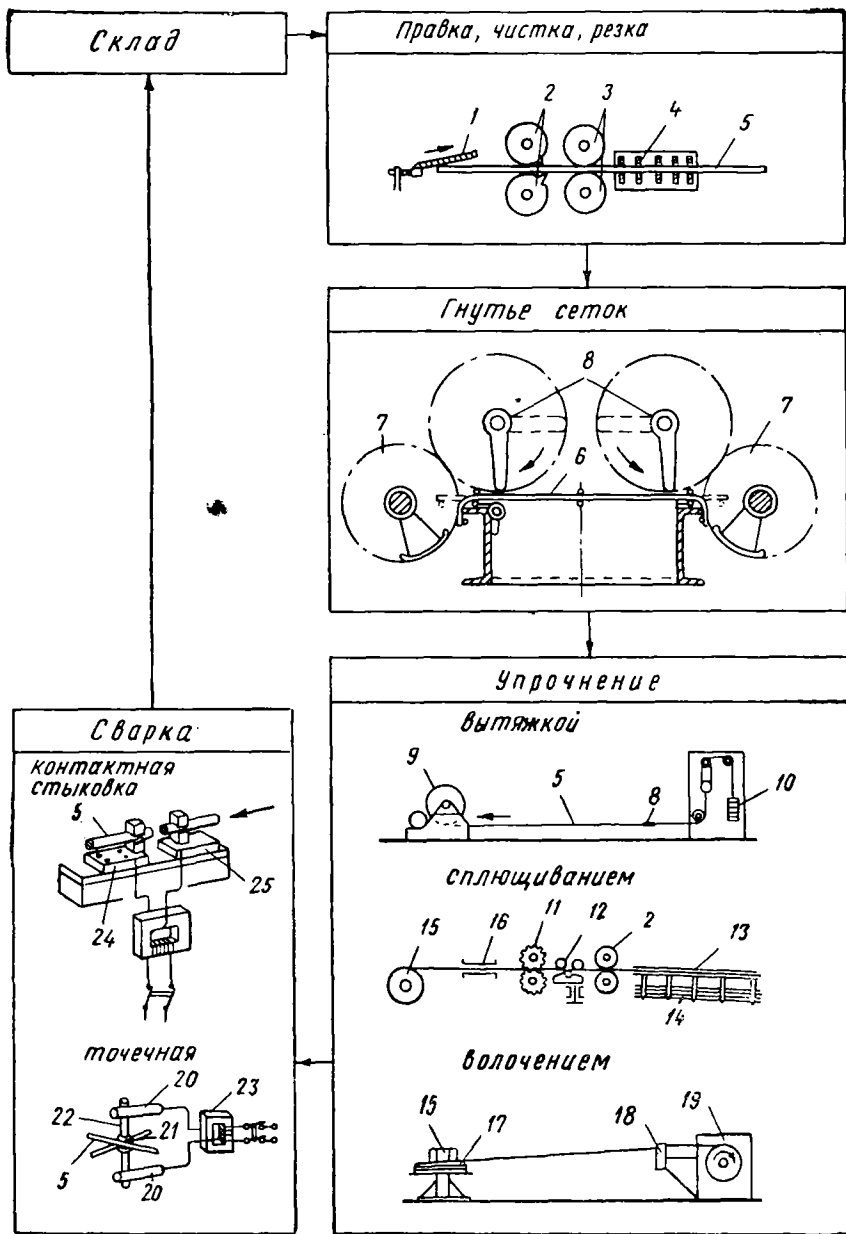


Рис. 168. Технология заготовки арматуры:

1 — трос для включения режущих роликов; 2 — режущие ролики; 3 — тянущие ролики; 4 — правильный барабан; 5 — стержень арматуры; 6 — сетка; 7 — изгибающие секторы; 8 — зажимы; 9 — лебедка; 10 — противовес; 11 — сплющивающие валики; 12 — устройство для правки; 13 — приемное устройство; 14 — нарезанные стержни; 15 — вертушка с арматурой; 16 — направляющее устройство; 17 — моток; 18 — фильер; 19 — электролебедка; 20 — хобот; 21 — электрод; 22 — электрододержатель; 23 — трансформатор; 24 — неподвижная контактная плита; 25 — подвижная контактная плита



отверстие фильеры-втулки из металлокерамического сплава. Степень упрочнения проволоки повышается с увеличением количества ее проходов через фильеры. Отверстие фильера — конусообразное; входная его часть больше выходной.

Реже для упрочнения применяют скручивание арматуры, холодное сплющивание, поскольку арматуру периодического профиля поставляют металлургическая промышленность.

Новый способ — термическое упрочнение стали — применяют главным образом для напрягаемой арматуры периодического профиля. Арматурные стержни нагревают электрическим током до температуры 900—1000°С, после чего быстро охлаждают в воде и получают закалку. Затем для снятия внутренних напряжений в стали и придания ей требуемой пластичности производят отпуск; охлажденный металл вторично нагревают до температуры 300—400°С и потом медленно охлаждают на воздухе.

*Заготовка арматурных стержней.* Резку стержней малого диаметра совмещают с правкой на правильно-отрезных станках. Перед резкой стержней большого диаметра их предварительно соединяют — стыкуют электросваркой. Используют контактную (наиболее распространенную) и дуговую электросварки.

Прогрессивный способ сварки — трением. Свариваемые стержни зажимают в патроны, в которых один из стержней вращается с большой скоростью, а второй неподвижен. Когда торцы стержней соприкасаются, возникает трение, сопровождающееся значительным повышением температуры металла и концы стержней оплавляются. В этот момент вращение прекращают и стержни быстро сдавливают, в результате чего они свариваются. Этот способ более экономичен, чем электросварка.

Для резки тяжелой арматуры применяют станки С-370, С-445 с кнопочным управлением.

Гнутье арматуры в последнее время почти не применяют, поскольку основной вид арматуры — сетки и каркасы, изготовленные точечной сваркой и состоящие преимущественно из прямых прутьев. К гнутью арматуры прибегают, когда она нужна для вспомогательных деталей (монтажные петли и др.). Арматуру гнут на станках с помощью вращающегося в горизонтальной плоскости диска, снабженного вертикальными штырями-пальцами. Второй конец прута удерживается установленные на станине опорным роликом.

*Изготовление арматурных сеток и каркасов.* Промышленность централизованно поставляет плоские и рулонные сетки в массовом количестве. При необходимости изготовлять их на полигоне используют точечную электросварку с применением сварочных аппаратов: одноточечных типа АТП и МТП.

Плоские арматурные каркасы можно изготовлять на автоматических машинах типа МТФ-2, а пространственные — способом изгиба плоских сеток или с использованием электросварочных машин, клещей типа МК-251.

*Укладка арматуры в форму.* Основное условие при укладке арматуры или арматурного каркаса в форму — правильное расположение стержней в форме, прочная фиксация каркаса и его деталей.

В производстве железобетонных изделий применяют большое количество закладных деталей. Фиксация закладной детали должна быть выдержана в пределах допусков и достаточно надежна, чтобы во время уплотнения бетонной смеси не происходило смещения детали. Наиболее надежную фиксацию закладных деталей осуществляют в бортоснастке, для чего в ней предусмотрены отверстия, через которые делают выпуски закладных деталей. Большого внимания требует установка петель для подъема и транспортирования железобетонных изделий. Лапки петель должны быть заведены под рабочие стержни арматуры, а сами петли установлены строго в соответствии с чертежом.

Для обеспечения защитного слоя нижней сетки под нее подкладывают куски затвердевшего бетона, щебень или изготовляють прессованные из раствора кольца и надевают их на стержни арматурного каркаса. Величина защитного слоя колеблется в пределах от 10 до 50 мм в зависимости от изготовляемой детали (для плит 10—15, для балок 20—50 мм).

Ненапряженную арматуру укладывают в форму вручную. Механизировать процесс можно при изготовлении арматурных каркасов на станках непрерывного армирования.

### **§ 131. Армирование предварительно напряженных железобетонных изделий**

При изготовлении предварительно напряженных изделий пользуются двумя способами армирования: с помощью отдельных стержней и проволок, натягиваемых на упорах стендов и стальных форм; с помощью непрерывной проволочной нити, наматываемой в напряженном состоянии на упоры формы или стенда.

Сущность метода предварительного напряжения состоит в том, что арматуру вначале сильно натягивают (напрягают) и закрепляют в таком состоянии на упорах. Затем в форму укладывают бетонную смесь. Когда бетон приобретет достаточную прочность, арматурные стержни отъединяют от упоров, передавая таким образом усилие от арматуры на бетон. При этом арматурные стержни стремятся сжаться, т. е. принять первоначальную длину. Так как арматура сцепляется с бетоном, то при ее укорачивании она сжимает связанный с ней бетон. В полученной таким образом конструкции заранее, т. е. до приложения внешней нагрузки, созданы сжимающие напряжения в бетоне и сопутствующие им растягивающие напряжения в арматуре.

Такой же результат можно получить, если заранее заготовить бетонную деталь с предельным каналом, куда затем пропустить

арматуру и натянуть, закрепив ее на торцах детали в напряженном состоянии.

Натяжение можно осуществить с помощью механических устройств и приспособлений, электротермическим и электромеханическим способами, а также за счет использования расширяющегося цемента. К числу механических приспособлений относятся гидравлические и винтовые домкраты, грузовые устройства, лебедки с динамометрами, машины непрерывной навивки и т. д.

При электротермическом способе используют свойства стали удлиняться при нагреве во время пропускания электрического

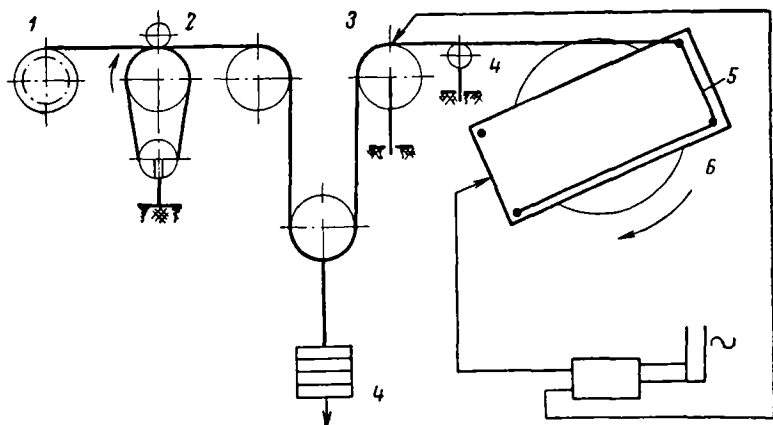


Рис. 169. Непрерывное армирование с электротермическим натяжением:

1 — бунтодержатель; 2 — подающий механизм; 3 — натяжная станция; 4 — механизм распределения проволоки; 5 — форма; 6 — намоточный механизм

тока. Нагретые стержни укладывают в упоры форм или поддоны. Охлаждаясь, арматура стремится сократить свою длину, но этому препятствуют упоры формы (рис. 169). В результате арматура напрягается. Электромеханический способ представляет собой совокупность электротермического и механического способов натяжения арматуры. Он применяется главным образом при непрерывной навивке напрягаемой арматуры.

Натяжение арматуры за счет расширяющегося цемента осуществляется с помощью напрягающего цемента, способного при расширении развивать давление до  $40-50 \text{ кг/см}^2$ , что используется для натяжения арматуры.

В соответствии с этими способами организуется технология изготовления предварительно напряженных изделий. Технологический процесс армирования предварительно напряженных железобетонных изделий с помощью проволок, натягиваемых на упорах стендов или стальных форм до бетонирования, включает сле-

дующие операции: размотку, чистку, правку и резку арматурной проволоки; укладку проволоки в формы, закрепление в зажимах; натяжение проволоки; контроль натяжения, бетонирование; тепловлажную обработку; разрезание проволоки; а при напряжении после бетонирования — правку арматурной проволоки и резку на отдельные стержни; силовую калибровку для проверки прочности; изготовление трубок из кровельной стали для размещения в них пучков арматуры; приготовление проволочных пучков; установки станков и укладки пучков в формы; бетонирование; натяжение проволочных пучков, установку крепления (шайб).

Для образования пакетов из высокопрочной проволоки используют различные зажимы.

Для массовых изделий используют способ непрерывного напряженного армирования железобетонных изделий с механическим и электротермическим напряжением. Сущность непрерывного армирования заключается в том, что арматурный каркас изготавливается не из отдельных стержней, а путем наматывания непрерывной нити с заданной силой натяжения. В качестве арматуры используют холоднотянутую высокоуглеродистую проволоку периодического профиля.

### § 132. Формование изделий

Формовка изделия состоит из операций: укладки бетонной смеси в форму и уплотнения ее.

*Укладка смеси.* После укладки арматуры, закладных частей и петель форму заполняют бетонной смесью вручную, бадьями с раскрывающимся днищем, весовыми дозаторами, бетоноукладчиками.

Из бетоносмесительного цеха ЦБЗ к месту бетонирования смесь транспортируют при помощи ленточных транспортеров, самоходных бункеров, бадей и пневматического транспорта.

Подачу бетонной смеси к месту формовки по трубам пневматическим транспортом практикуют при пластичных смесях с осадкой конуса более 4 см. Смесь из бетоносмесителя (рис. 170) выгружают в питатель, откуда она сжатым воздухом выдавливается в бетоновод. У места выгрузки смесь предварительно поступает в гаситель, диаметр которого значительно больше, чем диаметр бетоновода.

Скорость движения воздуха и бетонной смеси при этом снижается, что создает безопасные условия работы и не вызывает разбрызгивания бетонной смеси.

Бетоноукладчики транспортируют смесь от места ее загрузки к форме, разгружают и укладывают смесь в форму.

*Уплотнение бетонной смеси.* Выбор способа и режима уплотнения бетонной смеси имеет важное значение для получения железобетонных изделий требуемого качества. Для уплотнения применяют различные способы: вибрирование, вибровакуумиро-

вание, виброштампование, центрифугирование, гидропрессование, прокат (рис. 171).

Наиболее эффективно вибрирование. Продолжительность вибрирования зависит от жесткости бетонной смеси, размеров изделия, насыщенности его арматурой и от интенсивности колебания. Под интенсивностью колебания понимают амплитуду и частоту колебания вибрационного механизма. Для изделия толщиной не более 15—20 см, средней насыщенностью арматуры при амплитуде колебаний 0,35 мм и частоте 2800 колебаний в минуту продолжительность вибрирования, необходимая для полного уплотнения бетонной смеси, примерно равна показателю жесткости

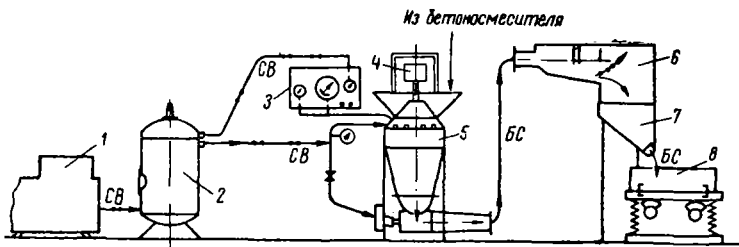


Рис. 170. Пневматическое транспортирование цементобетонной смеси: 1 — компрессор; 2 — ресивер; 3 — пульт управления; 4 — пневмоцилиндр открывания и закрывания колоколообразного затвора; 5 — пневматический нагнетатель; 6 — гаситель; 7 — бункер с затвором; 8 — форма, устанавливаемая на виброплощадке; СВ — сжатый воздух; БС — бетонная смесь

бетонной смеси в секундах, увеличенному на 30 сек. Излишняя продолжительность вибрирования вредна, так как дальнейшее перемещение частиц может вызвать расслоение бетонной смеси, ухудшающее однородность бетона.

При вибрировании отдельные частицы смеси, перемещаясь, стремятся занять положение, при котором объем смеси был бы наименьшим. При этом воздух, содержащийся в бетонной смеси, вытесняется и смесь значительно уплотняется.

Так как в бетонной смеси имеются частицы разной крупности, то наилучшего уплотнения в минимальное время можно достигнуть, применяя вибрационные устройства с несколькими частотами колебаний — поличастотные вибраторы.

Для уплотнения бетонной смеси вибрированием используют вибраторы, виброплощадки, вибронасадки, вибробалки при непрерывном прокате. Для уплотнения бетонной смеси на полигонах и заводах железобетонных изделий наиболее распространены вибрационные площадки. Их выпускают нескольких типоразмеров: грузоподъемностью 10, 15, 24 т с частотой колебания соответственно 2000—3000 в минуту.

Процесс виброштампования представляет собой комбинацию способов вибрации и прессования. При опускании виброштампа

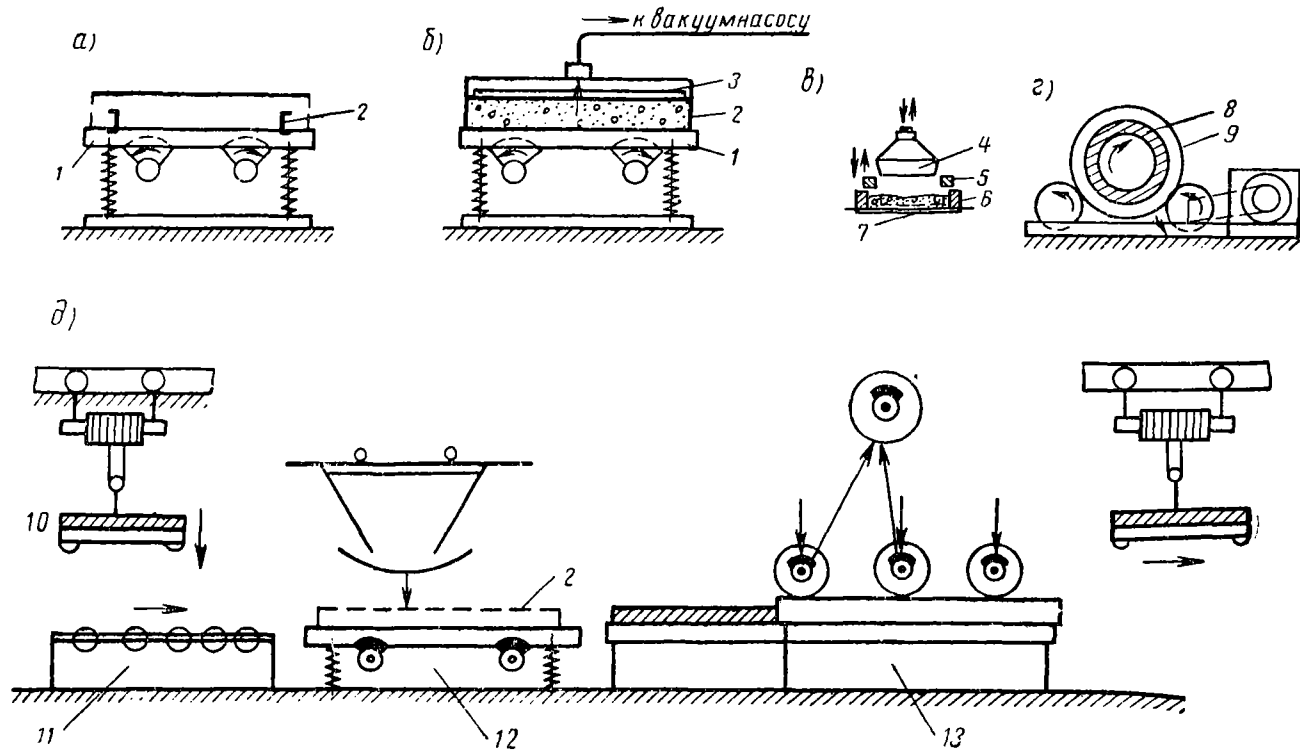


Рис. 171. Уплотнение бетонной смеси и изготовление железобетонных изделий: а — вибрированием; б — вибровакuumированием; в — вибропрессованием; г — центрифугированием; д — вибропрокатом; 1 — вибростол; 2 — форма; 3 — вакуумцист; 4 — вибротамп; 5 — прижимная рама; 6 — бортовая оснастка; 7 — поддон; 8 — железобетонная труба; 9 — центрифуга; 10 — автозахват; 11 — приводной рольганг; 12 — виброплощадка; 13 — стан силового вибропроката

в бетонную смесь, уложенную в форму, происходит ее уплотнение с одновременным приданием изделию заданного профиля.

Центрифугирование, как правило, применяют при изготовлении железобетонных изделий трубчатого сечения. Бетонная смесь, загруженная в быстро вращающуюся форму, под действием центробежных сил отбрасывается к ее стенкам, распределяется по ним слоем равномерной толщины и уплотняется. Для приготовления изделий методом центрифугирования применяют подвижную смесь. Часть воды при вращении формы отжимается, что ведет к повышению плотности и прочности бетона.

Гидропрессование применяют при изготовлении напорных железобетонных труб. При этом способе в пространстве между наружной и внутренней формами, в котором натянута продольная арматура и установлен спиральный каркас, винтовым бетоноукладчиком подается бетонная смесь.

Смесь уплотняют при помощи пневматических вибраторов, установленных на наружной форме. После окончания укладки смеси форму устанавливают на пост гидропрессования. Здесь в внутреннюю форму, состоящую из двух обечайек, под давлением подают подогретую воду. В наружной обечайке внутренней формы имеются отверстия, через которые вода проходит под резиновый чехол, надетый на внутреннюю форму. Резиновый чехол расширяется, уплотняет бетонную смесь и удаляет из нее лишнюю влагу.

Вибропрокат — способ уплотнения бетонной смеси с помощью одновременного или последовательного воздействия на нее вибрации и давления при прокате между вальцами или под действием пригруза.

Вибропрокат повышает прочность бетона при сжатии на 5% и плотность — на 1%. Его осуществляют по различным технологическим схемам на различных станах: вибропрокатных, силового вибропроката (рис. 172) и вибропрокатных сегментных.

Производство изделий на вибропрокатных станах характеризуется непрерывностью процесса, формованием изделия на движущейся транспортной ленте в сочетании с ускоренной тепловой обработкой. Для изготовления бетонных плит сборных покрытий аэродромов наиболее пригоден стан силового вибропроката РНС-1500. Технология силового вибропроката основана на сочетании уплотнения особо жестких бетонных смесей (30 сек) с одновременным интенсивным механическим давлением при помощи вибровальцов, передающих смеси вибрационные колебания. Технологический процесс изготовления плит идет следующим порядком: очищенная и смазанная форма устанавливается на подающий механизм автоматической траверзы. Этот механизм перемещает форму в зону дозировки, где подъемный стол опускает форму на виброплощадку. Дозировочно-весовой передвижной бетоноукладчик, получив бетонную смесь, распределяет ее равномерно при помощи скребка. После этого включается вибропло-

щадка и смесь подвергается предварительному уплотнению в течение 30 сек. После этого подъемный стол снимает форму с виброплощадки и цепной подающий механизм перемещает ее на тележку с подпружиненной верхней рамой. Тележка с формой на рабочей скорости 35—40 м/ч подается под силовой вибропрокатный стан, где за счет интенсивных давлений вибрирующих валков бетонная смесь обжимается. После выхода из-под стана форму с прокатанным изделием снимают с тележки и направляют

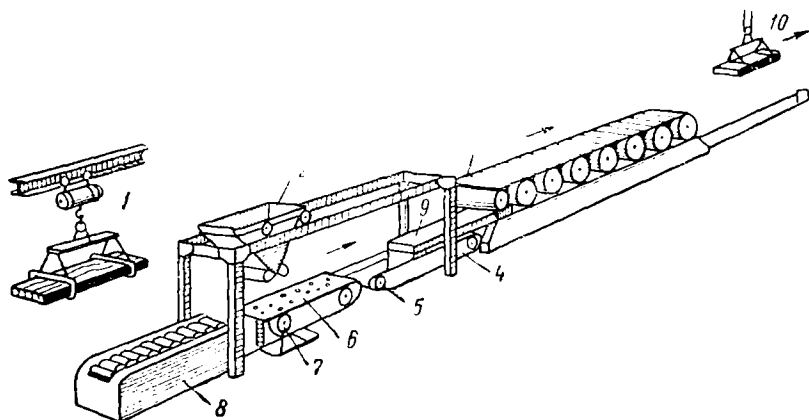


Рис. 172. Технологическая линия силового вибропроката для изготовления бетонных плит покрытий аэродромов:

1 — автоматический захват формы; 2 — распределительно-дозировочное устройство с весовым дозированием; 3 — стан силового вибропроката; 4 — тележка; 5 — натяжная станция ходовой части; 6 — виброплощадка; 7 — передаточный подъемный ролик; 8 — входной ролик; 9 — плита; 10 — захват для подачи плит в пропарочную камеру

ют на тепловлажную обработку. После кратковременной тепловой обработки (3 ч) изделие вынимают из формы и складывают штабель для дозревания, а очищенный поддон устанавливают на тележку, которая возвращается к виброплощадке, и цикл повторяется. Применяется бетонная смесь В/Ц=0,30—0,35. Режим тепловлажной обработки: повышение температуры до 50° С — 1,5 ч, выдерживание при 50° С — 1,5 ч. В зимнее время после распалубки изделие выдерживают в цехе в течении 20 ч.

### § 133. Выдерживание изделий в период набора прочности (тепловая обработка железобетонных изделий)

До отправки потребителям изделие должно приобрести необходимую прочность.

Способов твердения свежесформованных изделий два: естественный и искусственный. Естественный способ — изделие твердеет до получения заданной прочности на открытом воздухе



при относительной влажности среды 95—100%. Для этого изделие поливают водой и защищают от высыхания в течение 5—15 суток в зависимости от требуемой прочности и вида цемента.

Для ускорения процесса и сокращения длительности цикла, а соответственно повышения выработки предприятия применяют искусственное твердение изделий в установках периодического и непрерывного действия. К установкам периодического (циклического) действия относят камеры ямного типа, формовочные кассетные машины и стендовые установки; к непрерывным — туннельные и вертикальные камеры, прокатные станы. Теплоносителями могут быть острый пар, паровоздушная смесь, инфракрасные лучи с источниками от газа или электричества, токи высокой и низкой частоты. Наиболее распространены камеры ямного типа периодического действия, использующие в качестве теплоносителя пар. Камера состоит из железобетонных стен, бетонного пола с трапом для стока конденсата в канализацию или водоотводную канаву и крышки. Крышку лучше делать двухскатной с углом наклона скатов 8°. При таком наклоне конденсат стекает по стенкам камеры, не попадая на изделия. Крышка камеры теплоизолирована и паронепроницаема с каркасом из швеллеров. В качестве утеплителя применяют шлаковату. Верх крышки деревянный или бетонный по стальной сетке. Снизу она обшита стальными листами толщиной 1,5—2,0 мм.

Пар в камеру подают через перфорированные трубы: одна наверху, а вторая внизу. Может быть только одна нижняя труба. Для сообщения с наружным воздухом и обеспечения свободного выхода пара и паровоздушной смеси установлена обратная труба, на которой имеется гидравлический клапан или водяной затвор, позволяющие поддерживать в камере избыточное давление.

Процесс пропаривания при атмосферном давлении состоит из следующих стадий: разогрева изделий в камере до температуры изотермического прогрева, собственно пропаривания при постоянной наивысшей температуре (изотермический прогрев) и охлаждения изделий в камере. Повышают температуру в пропарочной камере плавно, не более чем на 20—25° С в час. Для изделий из жестких бетонных смесей температуру повышают на 35—40° С в час. Слишком быстрый подъем температуры может повести к разрыхлению структуры бетона, что значительно понизит его прочность и морозостойкость.

Оптимальная температура прогрева изделий на портландцементе составляет 70—80° С, а на шлакопортландцементе и пуццолановом — 90—95° С. Относительная влажность в камере должна приближаться к 90—100%. Длительность изотермического процесса для бетонов на портландцементе — 6—8 ч. Дальнейшее пропаривание малозффективно.

Камеры непрерывного действия выполняют в виде горизонтального туннеля, в котором непрерывно двигаются вагонетки с изделиями. Загружают камеры с одного конца, а выгружают с

другого. В камере различают три зоны: подогрева, изотермической выдержки и охлаждения. Соответственно конструктивно оформляется и подача пара. Туннельные камеры могут быть одноярусными и многоярусными.

Для тепловой обработки изделий при давлении выше атмосферного используют автоклавы — цилиндрический горизонтальный котел, изготовленный из листовой стали и рассчитанный на рабочее давление 8—25 кг/см<sup>2</sup>. С одного или двух концов устраивают крышки. Пар поступает в автоклав снизу и распределяется по нему через перфорированную трубу, уложенную вдоль автоклава по дну. Внутри автоклава положены узкоколейные пути для передвижения вагонеток с изделиями. Снаружи он покрыт слоем теплоизоляционного материала. Автоклавы оборудуют предохранительными клапанами, манометрами, термометрами. Применяют автоклавы для твердения изделий из бетона на смешанном вяжущем — с добавкой молотого кварцевого песка или золы и известково-песчаных изделий.

Автоклавная обработка изделий состоит из следующих стадий: подъема давления и температуры в автоклаве, пропаривания при постоянном давлении и температуре (изотермический прогрев) и спуска пара.

Более быстро происходит твердение бетона при электропрогреве изделий. Бетон прогревается значительно равномернее по всей толще изделия. Сокращается срок тепловой обработки. Достигается более низкая влажность прогретого бетона и тем самым улучшаются его теплотехнические свойства. Улучшаются санитарные условия производства работ.

Электропрогрев изделий производят, пропуская ток через стальные электроды, которые закладывают в тело изделий или прикладывают к его поверхностям. Энергия электрического тока, превращаясь в тепловую, разогревает изделие, когда ток преодолевает сопротивление свежееуложенного бетона. Электропрогрев удобен при изготовлении изделий на полигоне. Следует, однако, учитывать, что проходящие через изделие токи концентрируются в арматуре, вызывают повышенный нагрев и тем самым ослабляют ее сцепление с бетоном и пересушивают его. Здесь нужны медленные и мягкие режимы электропрогрева, при которых температура в бетоне не превышала бы 60° С, что приводит к удлинению процесса твердения до 1—1,5 суток и становится неэкономичным.

Прогрев изделий, насыщенных арматурой, не имеет большого распространения.

Большие возможности при производстве сборного железобетона представляет метод прогрева свежееотформованных изделий инфракрасными лучами. Этот метод допускает автоматизацию термообработки.

Сущность его состоит в том, что тепло от генераторов передается изделию непосредственно в виде направленного потока

лучистой энергии, который поглощается поверхностью бетона и превращаясь в тепло, нагревает изделие.

Ускорения твердения, повышения качества изделия при строгом контроле теплового режима термообработки достигают при автоматизации.

Наиболее прогрессивны камеры тепловой обработки с применением программного электронного регулятора температуры. На рис. 173 приведена принципиальная схема автоматики. Регулирование теплового режима в камере достигается за счет изменени

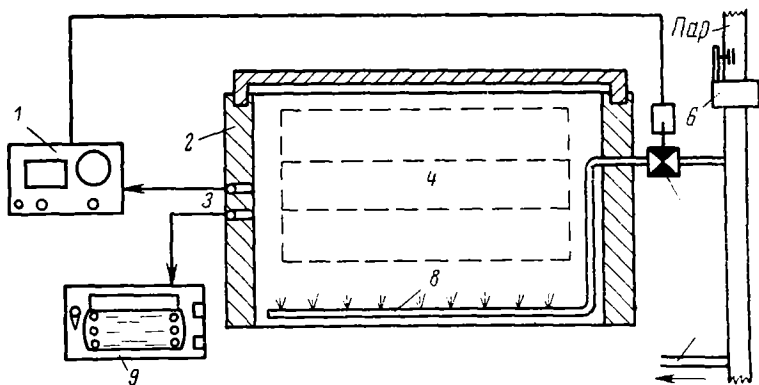


Рис. 173. Схема системы автоматики с программным регулированием температуры в камере пропаривания:

1 — программный регулятор температуры; 2 — камера пропаривания; 3 — термоминдикаторы; 4 — изделия; 5 — регулирующий орган; 6 — регулятор давления; 7 — к следующей камере; 8 — паровые регистры; 9 — автоматический уравновешенный регистрирующий мост для контроля и регистрации температуры

количества пара, подаваемого в периоды повышения температуры и изотермического прогрева. Регулирующий орган 5 установлен на паровом вводе в камеру. Он получает командные импульсы от программного регулятора температуры 1, который установлен на центральном щите пульта управления. Контроль и регистрация регулируемой температуры осуществляется автоматическим уравновешенным мостом 9. Датчики 3 программного регулятора 1 и автоматического моста установлены в рабочем пространстве камеры. Они измеряют температуру паровоздушной среды, характеризующую с практической степенью точности среднюю температуру пропариваемого бетона. Датчики установлены в нише продольной стенки камеры, что защищает их от механических повреждений. Стабилизация давления пара осуществляется с помощью регулятора давления 6, установленного на магистральном паропроводе, подводящем пар к камере.

Твердение бетона из жестких бетонных смесей без тепловлажной обработки можно ускорить применяя химические ускорители, которые через сутки твердения на воздухе позволяют получить бетон прочностью до 150—200 кг/см<sup>2</sup>.

*Распалубка железобетонных изделий.* После выхода изделия из пропарочной камеры его извлекают из формы при помощи крана. Распалубщик раскрывает борта формы, затем закрепляет крючки строп за петли поднимаемого изделия и грузит на транспортные средства.

*Склады железобетонных изделий.* Склады для хранения готовых железобетонных изделий оборудуют мостовыми, башенными и автомобильными кранами, кранами на пневмоколесном ходу. Площадка для хранения изделий должна быть спланирована с уклоном 1—2° для отвода поверхностных вод, уплотнена или забетонирована. Проезды между штабелями должны обеспечивать сквозное и кольцевое движение автомобилей, а также маневренность погрузочно-разгрузочных машин. Изделия хранят в таком положении, чтобы была исключена возможность появления в них трещин. Большинство изделий хранится в горизонтальном положении.

Изделия надо укладывать монтажными петлями вверх, а заводской маркой — в сторону проездов; односторонне армированные изделия укладывают арматурой вниз.

У каждого штабеля устанавливают таблицу с указанием марки и количества изделий в нем, вес одного изделия в килограммах. Каждое изделие, укладываемое в нижний ряд штабеля, опирают на две инвентарные деревянные подкладки длиной на 10 см больше детали с каждой стороны. Строго по одной линии кладут прокладки между изделиями.

### **§ 134. Организация работ на внутризаводских полигонах**

Полигоны создают при заводах железобетонных изделий (ЖБИ) в качестве дополнительной производственной мощности, а также на отдельных площадках в качестве самостоятельного предприятия простейшего типа. Внутризаводские полигоны снабжают арматурой, бетонной смесью, электроэнергией, паром и водой.

Полигоны как самостоятельные предприятия сооружают в районе, где до строительства завода необходимо организовать выпуск сборного железобетона. При строительстве аэродрома чаще всего организуют временные внутризаводские полигоны, имеющие централизованные для всего строительства арматурные мастерские, бетоносмесительный цех, а также общее энергетическое и транспортное хозяйство (рис. 174). В ряде случаев целесообразно полигон организовать на территории ЦБЗ или неподалеку от него.

Полигоны при заводах ЖБК изготовляют крупноразмерные изделия, допускающие только стендовый способ производства, а также малосерийную продукцию.

Основное оборудование полигона — башенный или козловый кран, с помощью которого устанавливают формы, подают бадьи

с бетонной смесью, производят распалубку, подачу изделий на склад и отгрузку их для отправки на стройплощадку. Подкрановые пути укладывают параллельно линии формирования и твердения изделий.

Пропарочные камеры ямного типа используют заглубленные ниже уровня земли и снабженные крышками. Площадки бетонирования оборудуют съемными колпаками для пропаривания. Бе

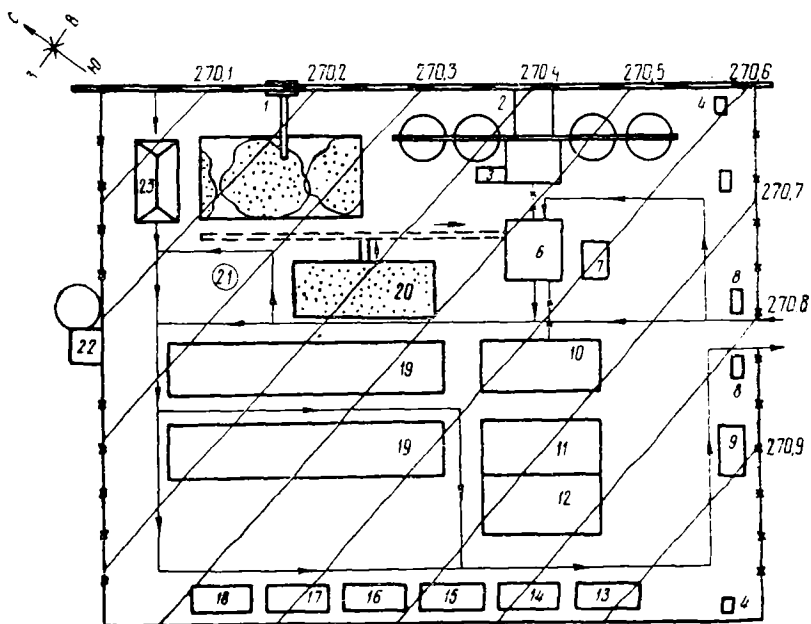


Рис. 174. План полигона для изготовления железобетонных изделий:

- 1 — разгрузочная машина; 2 — силосный склад цемента; 3 — компрессор; 4 — туалет; 5 — трансформаторный киоск; 6 — бетоносмесительный цех; 7 — лаборатория; 8 — проходная; 9 — контора мастера полигона; 10 — формовочный цех; 11 — арматурные мастерские; 12 — склад арматуры и форм; 13 — контора мастера РММ; 14 — раздельная; 15 — душ; 16 — материальный склад; 17 — передвижные ремонтные мастерские; 18 — кузница; 19 — склад готовых изделий; 20 — склад песка; 21 — резервуар с водой; 22 — склад топлива и масел; 23 — склад щебня

тонные площадки могут быть оснащены оборудованием для электропрогрева бетона. Можно использовать прогреваемые железобетонные матрицы, которые служат поддонами для формирования изделий различного профиля. Бетонную смесь в неподвижных формах уплотняют при помощи переносных вибраторов.

В летнее время можно бетонировать изделия на открытой площадке без пропаривания, а также сократить сроки твердения изделий в пропарочных камерах за счет «дозаривания» бетона на складе готовой продукции. Изделие тщательно поливают водой с расходом 20—50 л/м в день.

При организации полигона как самостоятельного предприятия изделия можно изготавливать стендовым методом, а изделия, размер которых допускает формование на виброплощадках, изготавливают поточно-агрегатным методом.

В закрытом помещении организуют формовочный цех, оборудованный виброплощадками и мостовым или козловым краном. Из формовочного цеха изделия вывозят на полигон для пропаривания в ямных камерах, глубина которых должна быть достаточной для укладки форм в несколько ярусов (1,6—2,0 м).

*Автоматизация изготовления железобетонных изделий* успешно может быть решена, если изделия типизированы и номенклатура их невелика.

Полную автоматизацию изготовления железобетонных изделий можно осуществить при поточно-агрегатном и конвейерном производстве железобетонных изделий. При стендовом методе в ряде случаев автоматизируют операции изготовления арматуры, вибрирования и режима пропаривания.

Большую экономическую эффективность дает автоматизация тепловой обработки железобетонных изделий, которая занимает 70—80% продолжительности общего технологического цикла. При автоматизации процесса повышается качество изделий за счет точного соблюдения и контроля за режимом обработки, сокращается продолжительность тепловой обработки, что повышает производительность завода в целом.

### **§ 135. Контроль производства и качества готовых изделий**

Производство железобетонных изделий и их качество контролируют лаборатории производственного предприятия и центральная лаборатория Управления строительством, треста в соответствии с ГОСТ 8829—58 «Детали железобетонные сборные. Методы испытаний и оценки прочности и трещиностойкости» и техническими условиями на изготовление изделия.

Контроль должен быть организован так, чтобы была исключена возможность поставки изделий, не отвечающих государственному стандарту или техническим условиям на изделие.

Пооперационный контроль осуществляет технический персонал завода железобетонных изделий или полигона, который отвечает в первую очередь за соблюдение технологической последовательности и качество изделий.

Контроль качества материалов, бетонной смеси и бетона в готовых изделиях осуществляют лаборатории предприятия и центральная лаборатория. Он заключается в испытании и проверке их в соответствии с требованиями ГОСТа и технических условий на каждый вид материала.

Контроль качества готовых железобетонных изделий включает проверку их внешнего вида, формы, размеров и толщины защитного слоя; испытание прочности и других требуемых свойств

бетона, а также прочности и трещиностойкости изготовленных деталей и конструкций. Фактические размеры изделий определяют измерительными инструментами: стальными линейками или рулетками, шаблонами, скобами. Искривление поверхности изделия контролируют металлической рейкой, прикладывая ее ребром и измеряя просвет между рейкой и изделием. Отклонения допускают не более  $\pm 5$  мм.

Толщина защитного слоя в изделиях должна соответствовать величине, указанной в рабочих чертежах изделия. Допуск  $+3$  мм. Толщину защитного слоя определяют непосредственным измерением, вырубая в изделиях борозды с последующей заделкой, или магнитными приборами. Принцип действия таких приборов основан на изменении магнитного поля при приближении их к арматуре. Прибор устанавливают на ровную поверхность изделия и передвигают по ней. Отклонение стрелки на шкале прибора будет тем больше, чем ближе арматура к прибору, т. е. чем меньше толщина защитного слоя. Этим прибором можно с достаточной точностью определить толщину защитного слоя бетона без разрушения.

В особо ответственных случаях для определения толщины защитного слоя используют гамма-лучи, которые, проникая сквозь изделие, дают на рентгеновской пленке отчетливое изображение арматуры в железобетонном изделии.

Прочность бетона изделий контролируют, испытывая кубики-образцы, а также непосредственно в изделиях.

Более быстрые современные методы контроля без разрушения изделия — электрофизические. Их делят на акустические, радиометрические и электрические. Различают акустический резонансный метод, ультразвуковой импульсный и звуковой ударный.

Резонансный метод применяют только при испытаниях в лабораторных условиях. Им оценивают динамические характеристики бетона, кинетику изменения прочностных и упругих характеристик бетонов. Сущность этого метода измерений заключается в возбуждении в испытываемом образце звуковых колебаний. Колебания создаются генератором и преобразуются в упругие волны электродинамическим громкоговорителем. Механические колебания образца, преобразованные в электрические, создают на экране осциллографической трубки вертикальную линию, которая в момент резонанса образца будет иметь максимальную высоту, так как величина ее пропорциональна снимаемому напряжению.

Посредством штыря, укрепленного на звуковой катушке преобразователя и соприкасающегося своим острием с торцом бетонного образца, в последнем возбуждаются звуковые волны, которые воспринимает приемный преобразователь. Преобразователь представляет собой звукосниматель, игла которого касается торца испытываемого изделия.

Снимаемые с приемного преобразователя электрические колебания подводятся к входу усилителя, с выходом которого свя-

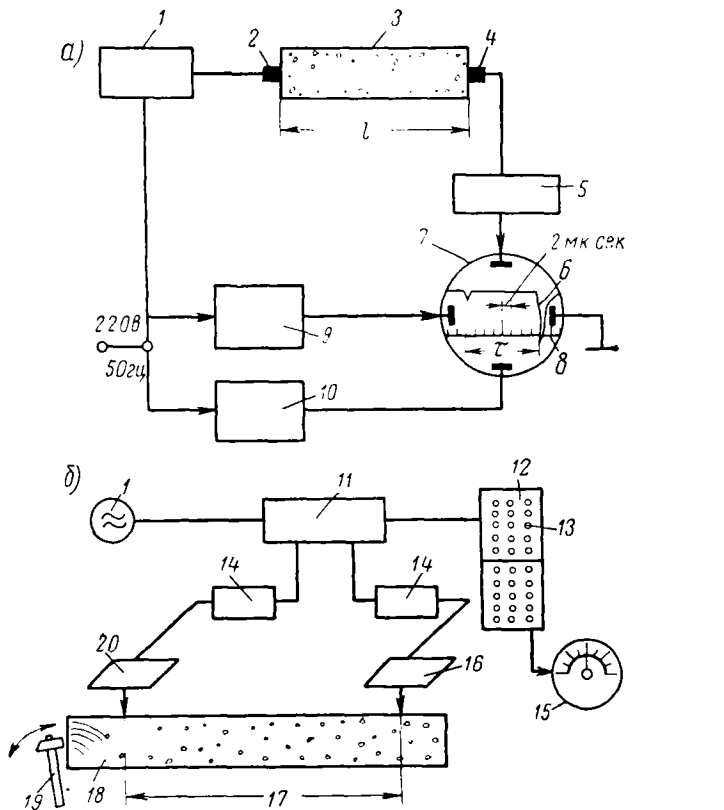
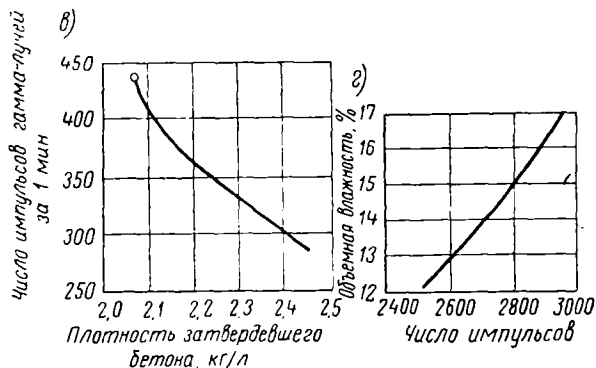


Рис. 175. Неразрушающие (адекватные) методы испытания изделий:

а — ультразвуковой; б — ударный; в — эталонная кривая зависимости между плотностью затвердевшего бетона и количеством импульсов гамма-лучей; г — кривая зависимости объемной влажности бетонной смеси от количества импульсов гамма-лучей;

1 — генератор импульсов; 2 — излучатель ультразвука; 3 — бетон; 4 — приемник ультразвука; 5 — усилитель-нормализатор; 6 — изображение принятого сигнала; 7 — экран индикатора; 8 — метки времени; 9 — развертка, ждущая задержания; 10 — генератор меток времени; 11 — усилитель; 12 — микросекундомер; 13 — лампочки-индикаторы; 14 — стопорящий звукоприемник; 15 — база; 16 — ударная волна; 17 — ударное устройство; 18 — звуковой приемник





заны пластины вертикальной развертки электронно-лучевой трубки.

Механические колебания образца, преобразованные в электрические, создают на экране трубки вертикальную линию, которая в момент резонанса образца будет иметь максимальную высоту, так как величина ее пропорциональна величине снимаемого напряжения.

Резонансный метод дает особо хорошие результаты при изучении морозостойкости. Динамические характеристики бетона определяют этим методом по измерению резонансной частоты изгибных, продольных и крутильных колебаний образца, сравнивая их с эталонами.

Наибольший интерес представляет ультразвуковой импульсный метод (рис. 175, а), основанный на измерении скорости распространения ультразвукового импульса в бетоне как показателя прочности бетона в самом изделии.

Генератор прибора вырабатывает кратковременные электрические импульсы. Импульс подводится к пьезоэлектрическому преобразователю, который вмонтирован в шуп. Пьезоэлектрический излучатель, преобразовав электрический импульс в механический, посылает в исследуемый бетон пакет упругих колебаний ультразвуковой частоты.

Колебания, прошедшие через изделие, воздействуют на приемный шуп, который преобразует акустический сигнал в электрический и после усиления подводится вновь к электронно-лучевой трубке, где появляется изображение принятого сигнала. Расстояние между принятым и посланным сигналом будет зависеть от скорости звука и длины изделия.

Время распространения ультразвукового импульса определяют по меткам на экране электронно-лучевой трубки. Скорость распространения ультразвуковой волны зависит от упругости и плотности среды, что позволяет определять этим методом динамический модуль упругости.

Между динамическим модулем упругости  $E$  в  $\text{кг/см}^2$  и скоростью распространения ультразвука  $v$  для стержня имеется функциональная зависимость.

$$E = \rho v^2, \quad (126)$$

где  $\rho$  — плотность материала образца.

Для неограниченной среды динамический модуль упругости находят из выражения

$$v = \sqrt{\frac{E(1-\mu)}{\rho(1+\mu)(1-2\mu)}}, \quad (127)$$

где  $\mu$  — коэффициент Пуансона, который определяют из выражения

$$\left(\frac{v}{2f_{\text{он}}l}\right)^2 = \frac{f-\mu}{(1-2\mu)(f+\mu)}, \quad (128)$$

где  $f_{оп}$  — собственная частота продольных колебаний образца, *гц*;  
 $l$  — длина образца, *см*.

Измеряя скорость распространения ультразвука, получают две упругие характеристики бетона: модуль упругости и коэффициент Пуассона.

Прочность бетона контролируют этим методом, сопоставляя данные с тарировочными зависимостями «скорость распространения ультразвука — прочность бетона при сжатии».

Ударный метод (рис. 175, б) отличается от предыдущего тем, что акустические волны в бетоне возбуждаются нанесением ударов по испытываемому образцу. Используются низкие звуковые частоты, а не ультразвуковые, где рабочая частота лежит за пределами слышимости.

Радиометрические методы основаны на измерении поглощения гамма-лучей при определении степени уплотнения бетонной смеси или плотности бетона в конструкциях и на замедлении быстрых нейтронов с последующим их преобразованием в тепловые нейтроны при взаимодействии с ядрами водорода для измерения влажности материала.

Радиотехнический метод контроля плотности позволяет проверять степень уплотнения бетонной смеси (толщиной до 600 мм) и в процессе формования. В качестве источника излучения используют радиоактивный кобальт или цезий. В качестве электронной аппаратуры — приборы Б-2, «Флокс».

В процессе контроля бетонную смесь помещают между источником и детектором. В качестве детектора используют счетчик Гейгера-Мюллера, фотоэлектронный умножитель со сцинтилляционным преобразователем.

Число поглощенных гамма-квантов регистрируют на механическом счетчике импульсов, стрелочном индикаторе или на самопишущем гальванометре.

Кроме контроля плотности бетонной смеси, с помощью гамма-лучей проверяют плотность бетона непосредственно в изделиях (рис. 175, в). Полученные данные сравнивают с данными тарировочных кривых.

Радиометрический контроль влажности бетонной смеси и заполнителей нейтронным способом — важное звено в цепи автоматизации производства железобетонных изделий, наиболее действенный способ повышения качества изделий.

Нейтронный метод позволяет контролировать не только влажность заполнителей, но и водосодержание бетонной смеси (дистанционно).

Физическая сущность этого метода сводится к замедлению под воздействием изотопов берилия и полония быстрых нейтронов на ядрах атомов водорода, который в бетонной смеси и ее составляющих находится в виде воды.

Замедленные нейтроны захватываются фольговым приемником, в котором возникают наведенные гамма-излучение, пропорциональные влажности материала и измеряемые вышеописанными счетчиками (рис. 175, з).

При использовании радиоактивных изотопов необходимо строго соблюдать все требования охраны труда, изложенные в специальной инструкции.

Поступающая от заводов-поставщиков арматурная сталь подлежит обязательной проверке путем сопоставления результатов внешнего осмотра и замеров, а также данных, приведенных в сертификатах и результатов контрольных испытаний с требованиями соответствующих государственных стандартов или технических условий.

Контрольные образцы арматурной стали испытывают на растяжение, загиб или перегиб в холодном состоянии (согласно требованиям ГОСТ и СНиП).

Арматурную и бухтовую сталь перевозят в пучках или пакетах, плотно перевязанных и снабженных бирками. Строповка пучков или пакетов должна исключать возможность искривления отдельных прутков.

Поступающую арматурную сталь размещают на складе отдельно по партиям и хранят с соблюдением необходимых мер против ее коррозии и загрязнения.

Стержневую арматуру хранят на стеллажах в закрытом помещении или под навесом, а проволочную арматуру — в сухом помещении. Запрещается укладка мотков, рулонов и пакетов на земной пол.

В процессе изготовления деталей проверяют правильность и точность дозирования материала, соблюдение технологического процесса, исправность форм, режим тепловлажной обработки, уход за изделием и за хранением на складе.

Исправность форм проверяют по точности их размеров, наличия в них технологических приспособлений (углублений, отверстий, закруглений).

*Технико-экономические показатели работы заводов и полигонов аналогичны таким же показателям, как и для ЦБЗ, только вместо  $1 \text{ м}^3$  принимают  $1 \text{ м}^2$  или количество штук при однотипных изделиях, например, железобетонные плиты покрытий аэродромов.*

## § 136. Охрана труда и противопожарные мероприятия

*Заготовка и обработка арматурной стали.* Арматурную сталь разгружают только при помощи подъемно-транспортных машин. На станках для изготовления арматуры разрешается работать

только при закрытых кожухах на правильной барабане, на тянущих роликах и шестернях. При контактной и дуговой сварке запрещается зачищать электроды при включенном аппарате. Допуск к работе на точечных аппаратах без защитных очков, рукавиц и фартука не разрешают.

Формы смазывают на специально отведенном месте. Для уменьшения шума при работе виброагрегатов необходимо обеспечивать крепление форм к вибрирующим машинам и систематическую проверку плотности всех креплений и специальных амортизирующих прокладок. Запрещается эксплуатация форм с неисправными замками и петлями. Перед укладкой бетонной смеси в формы должна быть проверена правильность и надежность монтажных петель, закрепленных в арматуре. Монтажные петли готовят из мягкой проволоки, имеющей паспорт металлургического завода.

Стоять на форме или на бетонной смеси при ее уплотнении, а также на виброплощадке, вибровкладышах при их работе категорически воспрещается.

К работе на вибромашине нельзя приступать, не убедившись в полной ее исправности.

*Камеры пропаривания.* Ремонт паропроводов и вентилях, находящихся под давлением, не разрешается. Допуск рабочих в камеры пропаривания производится только после того, как температура в камере снизилась до 40° С. Запрещается съем незастропленных за все подъемные петли крышек ямных камер пропаривания, форм и готовых изделий.

При необходимости спуска рабочих в ямные камеры пропаривания следует держать в них постоянные или съемные лестницы.

*Электропрогрев.* В местах, где производится электропрогрев бетона, должны быть вывешены предупредительные надписи «Опасно», «Ток включен», «Правила оказания помощи при поражении током», а также оборудована световая сигнализация о включении напряжения.

Место работ должно быть ограждено и в ночное время хорошо освещено.

Временные электролинии для подачи тока к электронагреваемому участку выполняют из изолированных проводов и подвешивают к переносным деревянным опорам — стойкам или козлам высотой не менее 0,6 м от земли.

Электропроводка по земле должна проходить в резиновых шлангах или стальных трубах.

В местах проездов и проходов провода защищают деревянными настилами.

Увлажнять бетонные изделия в процессе их прогрева под напряжением запрещено.

*Склады готовой продукции.* Каждый тип железобетонного изделия укладывают в отдельный штабель высотой не более

2,5—2,8 м. Разрывы между штабелями — не менее 50 см. Ширина вспомогательных проходов между группой штабелей — не менее 1 м. Приближение габаритов автомобилей к штабелям — не менее 1 м.

При строповке готовых изделий необходимо полностью вводить крюк в петли изделия и зацеплять за все имеющиеся петли. Если при строповке полный ввод крюков траверс в петли не возможен, такелажник обязан дополнительно охватить изделие контрльным тросом.

## Глава XXI

### КАРЬЕРЫ

#### § 137. Классификация карьеров

В общем комплексе необходимых строительных материалов для сооружения аэродромов значительную часть составляют каменные материалы, гравий и песок. Их добывают в карьерах и перерабатывают в дробильно-сортировочных установках. Часть добываемых пород используется на строительстве без переработки.

Строительство аэродромов обеспечивают каменными и гравийно-песчаными материалами по нескольким вариантам в зависимости от геолого-географических и транспортно-экономических условий.

При строительстве аэродрома в районах, где по геологическим условиям отсутствуют месторождения минеральных строительных материалов, камень, щебень, гравий и песок доставляют централизованно из промышленных карьеров крупными партиями по железной дороге, речными путями и автомобильным транспортом.

При этом варианте снабжения задача строителей сводится в основном к складыванию и контролю качества поступающей продукции, для чего необходимо знать элементы процесса добычи и переработки каменных и гравийно-песчаных материалов в промышленных карьерах.

При строительстве аэродрома в районе, обеспеченном природными ресурсами строительных материалов, возникают два варианта снабжения: материалы доставляют из местных карьеров, которые разрабатывают промышленностью строительных материалов; каменные и гравийно-песчаные материалы полностью или частично добывают и перерабатывают в карьерах, организованных управлением строительства в районе транспортного тяготения к стройплощадке.

В данном варианте обеспечения весь процесс подготовки и разработки карьера, дробления и сортировки материалов обычно

производится непосредственно строителями, в связи с чем им необходимо знать организацию работ в местных карьерах. Карьеры строительных материалов классифицируют по производственной мощности, сроку существования и транспортной связи на три основные группы:

I — *карьеры промышленные* с производственной мощностью более 100 тыс. м<sup>3</sup> в год щебня, камня или гравия и песка. Все установки для добычи и переработки — стационарные и рассчитываются на продолжительный срок работы (не менее 10 лет).

Карьерную продукцию отправляют централизованно крупными объемами на различные расстояния к месту строительства, преимущественно железнодорожным или водным транспортом;

II — *карьеры промышленные местные* существуют длительное время со стационарными установками для добычи и переработки материалов. Производственная мощность карьеров от 100 тыс. м<sup>3</sup> и менее материалов в год. Такие карьеры обеспечивают потребности строительства в пределах экономического района с отправкой карьерной продукции всеми видами транспорта на строительные площадки;

III — *карьеры строительные*, предназначенные для обеспечения материалами только данного строительства в течение срока возведения всех сооружений.

Строительные карьеры отличаются близостью к возводимым сооружениям (обычно не свыше 30 км), наличием различного, главным образом передвижного, оборудования и производственной мощностью в пределах строительной потребности.

Карьерную продукцию доставляют на строительство автомобильным транспортом.

### § 138. Запасы минеральных строительных материалов

До начала разработки месторождения производят геолого-разведочные работы и составляют проект карьера. Возможность механизации разработки и себестоимость карьерной продукции зависят в значительной мере от формы залегания горных пород в месторождениях (табл. 64).

Основная задача геолого-разведочных работ заключается в выявлении запасов природных строительных материалов. Запасы по степени детальности разведки классифицируются тремя категориями: *A*; *B*; *C* (буквы латинского алфавита). Условия отнесения запасов к какой-либо из категорий в основном обуславливаются частотой расположения геолого-разведочных скважин или шурфов и количеством испытанных проб.

Категории запасов *A*, *B* и *C* отвечают стадиям проектирования карьеров. Категория запасов *C* дает предварительную оценку запасов, при которой можно обосновать схему строительства. Эта категория служит также для перспективы дальнейшего развития горных работ в карьере. Точность подсчета запасов по этой кате-

Группы горных пород	Форма залегания	Наименование горных пород
<i>Каменные породы</i>		
I	Массивы большого распространения, удобные для разработки	Изверженные: граниты и другие массивные породы
II	Слоистые, залегающие горизонтально, значительного простирания, удобные для разработки	Осадочные: известняки, доломиты, песчаники и изверженные пластовые (базальты, диабазы)
II а	Те же, но с прослойками пустых пород в толще (глин, мергелей, сланцев), неудобные для разработки	Осадочные: известняки, доломиты, песчаники
III	Наклонно залегающие, слоистые, сложные для разработки	Известняки, доломиты, песчаники и другие осадочные породы
IV	Линзообразные, неудобные для разработки в большом объеме	Песчаники
<i>Гравийно-песчаные породы</i>		
I	Большого площадного распространения, удобные для разработки	Отложения на пойме и в руслах рек, а также послеледниковые отложения
II	Ограниченные по распространению, но четко выраженные в рельефе местности, удобные для разработки, но требующие отделения гравия от песка	Ледникового происхождения (озы, холмы и др.)
III	Распространенные узкой полоской, ограниченные для разработки по соображениям защиты берегов	Морского происхождения (валы, пляжи, косы)
IV	Линзообразного залегания, неудобные для разработки	Любого происхождения, чаще речные отложения

горни неопределенная, так как условия залегания и качество пород выявляются приближенно или принимаются по аналогии с соседним участком месторождения, подвергнутого детальной разведке.

Категория *B* устанавливается не только по данным геологической разведки, но также и по экстраполяции от контура подсчета запасов по категории *A*. Запасы по категории *B* подсчитываются как вероятные для стадии проектного задания карьера, а также добавляются к общему объему запасов при составлении технического или рабочего проекта и при разработке карьера. Запасы минеральных строительных материалов считаются обоснованными по категории *B*, если: определены условия залегания; выявлены включения непригодных пород, пустот и определено

примерное распределение зерен по крупности (для гравия и песка) или слоев слабых и крепких пород (для каменных пород); определены водоносные горизонты, их количество, глубина и дебит; установлен объем вскрышных пород. Запасы подсчитываются внутри контура, проведенного по выработкам и в зоне экстраполяции до половины расстояния от контура подсчета запасов по категории А.

Категория А устанавливается детальной разведкой и необходима при составлении технического проекта разработки карьера и для ведения горных работ. Для этой категории должны быть установлены следующие показатели: определены условия и фор-

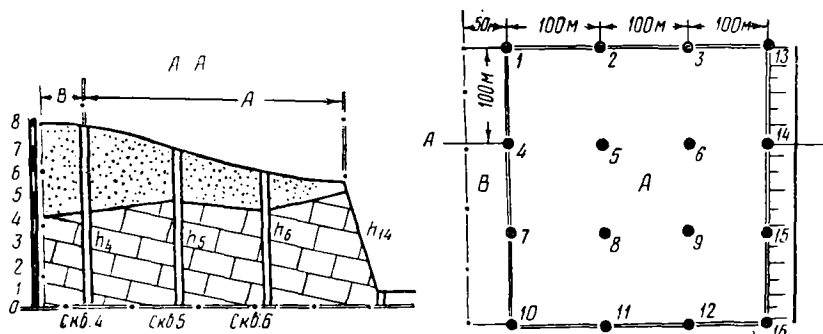


Рис. 176. Схема подсчета запасов известняка в карьере по категориям А+В (при детальной разведке). Разведочные скважины расположены через 100 м. Подсчет запасов по категориям А на площади (S) 9 га, окон-  
туренной по 12 скважинам и 4 обнаружениям карьера и по экстраполяции по категориям В на площади 1,5 га

ма залегания горных пород; выявлены прослойки непригодных для строительства горных пород и карстовые пустоты; выделены однородные слои или пачки пород, пригодных как строительные материалы; качество пород оценено по каждому блоку согласно требованиям ГОСТа или по заданным кондициям, и выделены сорта, оконтуренные по площади и в глубину; детально изучены технологические свойства минерального сырья и выход его из горной массы; указана возможность использования горных пород для определенных видов строительных материалов; установлено содержание примесей (валунов в гравии, гравия в песке, слабых зерен в щебне, прослоек глин, мергелей и кремней в известняках); выявлены гидрогеологические условия залегания полезного ископаемого и рассчитан ожидаемый приток воды в карьер, определены категории, мощность и условия залегания вскрышных пород. Запасы категории А подсчитываются только внутри контура, проведенного по геолого-разведочным выработкам (рис. 176).

Запасы полезного ископаемого и объемы вскрыши для месторождений строительных материалов подсчитывают простым, но



достаточно точным среднеарифметическим методом. Для такого подсчета необходимо знать среднюю мощность полезного ископаемого или пород вскрыши ( $H$ ), которая представляет собой частное от деления суммы мощностей каждой разведочной выработки ( $h$ ) на количество всех этих выработок ( $n$ ): скважин, шурфов или расчисток, т. е.

$$H = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n}{n}. \quad (129)$$

Запасы, т. е. объем полезного ископаемого ( $V$ ), вычисляются как произведение средней мощности ( $H$ ) на площадь ( $S$ ) подсчета:

$$V = HS. \quad (130)$$

Подсчет запасов производится только в плотном теле и выражается в тыс.  $m^3$ .

Запасы минерального сырья для проектирования и разработки промышленных и крупных строительных карьеров утверждаются в Государственных территориальных комиссиях по запасам полезных ископаемых (ТКЗ).

Запасы стройматериалов, разведанные по всем категориям ( $A+B+C$ ), должны превышать потребность строительства на 20—30%. Необходимость в таком превышении возникает в связи с тем, что при разработке карьера часть запасов неизбежно будет уменьшаться за счет оставления предохранительных целиков в откосах и при невозможности разработки неровной подошвы месторождения при значительном ее уклоне (свыше 4—5°).

### § 139. Этапы разработки карьера

После утверждения проекта карьер разрабатывают последовательными операциями:

оформляют отвод участка земли, необходимый для размещения карьера, дробильных установок, отвалов, складов и других сооружений, а также горный отвод на разработку недр. Иногда эти отводы оформляют в процессе рабочего проектирования;

разбивают контур карьера в пределах площади подсчета запасов; выносят в натуру площади сооружений с учетом техники безопасности ведения взрывных работ;

подготавливают поверхность месторождения — осушают заболоченные участки, корчуют кустарники и лес, прокладывают подъездные пути, подводят энергосеть и организуют водоснабжение;

сооружают склад взрывчатых веществ, жилые и служебные помещения, гараж;

вскрывают въездными и разрезными траншеями часть месторождения; устраивают водоотвод и дренаж;

производят вскрышные работы со значительным опережением добычных уступов; зачищают кровлю полезного ископаемого — камня или гравийно-песчаных пород. Породы из вскрышных уступов транспортируют и размещают в отвалы или сбрасывают в выемки.

Только после окончания предыдущих видов подготовки приступают к добычным работам:

в каменных карьерах производят бурение и взрывы скважин, шпуров и камер. Разрыхленную взрывами горную массу погружают экскаваторами в автомобили-самосвалы и вывозят за пределы карьера на дробильно-сортировочную установку или к месту потребления, на строительство;

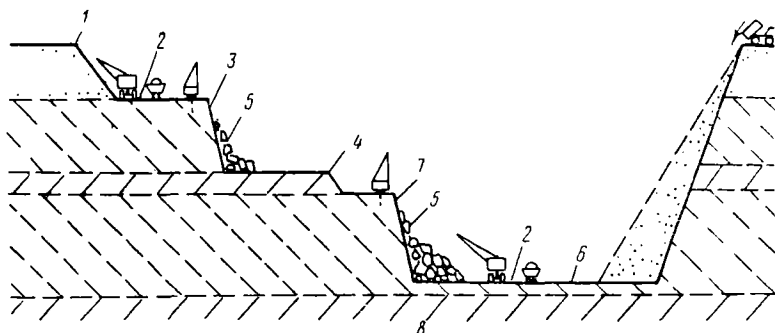


Рис. 177. Элементы каменного карьера

в гравийно-песчаных карьерах, совмещая разработку и погрузку, горную массу добывают и погружают экскаваторами в автомобили-самосвалы или подают ее из забоев на поверхность карьера транспортерами, гидромеханическим путем по трубам и направляют на сортировочные установки, а затем на склады.

При разработке выделяют следующие элементы карьера (рис. 177): слои полезного ископаемого, разрабатываемые и транспортируемые самостоятельно и выраженные в рельефе двумя обнаженными плоскостями, называются уступом; маломощный уступ, разрабатываемый самостоятельно, именуется подуступом 4. Горизонтальные поверхности уступов называются площадками, причем те, на которых расположено горнодобычное оборудование, считаются рабочими площадками 2.

Забоем называется тот участок откоса уступа, где производится выемка породы. Пространство, образовавшееся на месте изъятия из недр полезного ископаемого, именуется выработанным пространством 6, место пересечения откоса уступа его верхней площадкой — бровкой уступа 7, а пересечение с нижней площадкой — его подошвой 8.

Подошвой также называется нижняя площадка карьера, из которой не производится выемка породы. Откосы и площадка

отдельных уступов по вертикали все вместе образуют борт карьера.

По составу и возможности использования пород уступы делятся на вскрышные *I* и добычные *З*, а их простираение называется фронтом работ. Параллельные полосы, которыми идет разработка уступов, называются заходками.

#### § 140. Горно-подготовительные и вскрышные работы

Горно-подготовительные работы в карьере начинаются с проходки въездных (капитальных) траншей. Продолжением и углублением их служат разрезные горизонтальные траншеи. Такой процесс вскрытия производится наиболее часто на месторождениях камня с плоским рельефом. В случае холмистого рельефа

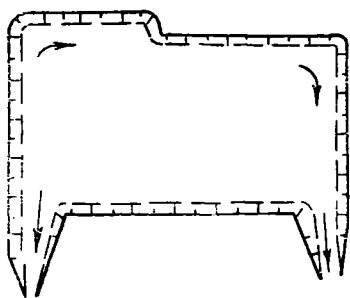


Рис. 178. Парная траншея

или обрыва на берегу реки или оврага, которые служат естественным фронтом работ, разработка иногда начинается сразу с горца обнажения. Однако не везде при этом способе вскрытия месторождения фронт работ бывает достаточным. Поэтому вскрытие месторождения траншеями применяется наиболее часто.

При проходке въездных наклонных траншей величина уклона соблюдается в зависимости от видов намечаемого транспорта;

при автомобильном транспорте грузовой уклон допустим до 100‰.

Траншеи могут быть одинарными или парными. В одинарной траншее подъем горной массы и спуск порожняка осуществляются одновременно. В парных траншеях (рис. 178) грузовое и порожняковое движение производится раздельно.

Глубина траншей определяется высотой и количеством уступов карьера. Проходка траншей в рыхлых породах осуществляется с помощью экскаваторов. Породу, изъятую из траншей, размещают одним из трех способов: вывозкой автомобилями-самосвалами в специальные отвалы; размещением пород на бортах траншей с последующей перевалкой их экскаваторами; комбинированным способом, при котором верхняя часть траншей проходит по безтранспортной схеме, а нижняя — с вывозом породы за пределы карьера.

Каменные породы разрыхляют с помощью буровзрывных работ, затем разрабатывают, убирают и вывозят. Вскрытие горизонтально залегающих каменных месторождений производится одной или двумя отдельными траншеями. Во втором случае одна из траншей вскрышная, а вторая добычная. Для разбивки тран-

шей на местности используют план их трассы с указанием точек примыкания длины участков, углов поворота, радиусов кривых. При проходке траншей необходимо иметь продольный профиль с учетом проектных отметок дна. При вскрытии месторождений камня проходка траншей иногда осуществляется взрывом на выброс.

Вскрышные работы заключаются в удалении непригодных для использования пород вскрыши, залегающих над полезным ископаемым. В зависимости от плотности породы вскрыши разделяются на скальные, полускальные, рыхлые и связные.

Вскрышные работы могут быть сезонные в течение теплого времени года, что наиболее рационально, и круглогодичные. Но при всех обстоятельствах съем вскрышных пород должен заблаговременно опережать добычные работы, создавая для них фронт подготовленных к выемке запасов полезного ископаемого — камня, гравия или песка. Качество вскрышных работ определяется в первую очередь степенью зачистки кровли полезного ископаемого. Это особенно важно при разработке каменных месторождений с неровной кровлей или покрытых корой выветривания.

Опережение вскрыши должно идти равномерно по всему фронту карьера, обеспечивая в крупных карьерах не менее чем месячный объем добычи, а в строительных большей частью сезонный объем в зависимости от возможности использования машин в течении года. Опережение вскрыши  $A$  определяют по формуле

$$A = \frac{Qn}{\gamma hl} + B, \quad (131)$$

где  $Q$  — добыча полезного ископаемого в месяц,  $m^3$ ;  
 $n$  — продолжительность вскрышных работ, месяцы;  
 $\gamma$  — объемный вес полезного ископаемого;  
 $h$  — высота добычного уступа,  $m$ ;  
 $l$  — длина фронта работ,  $m$ ;  
 $B$  — ширина рабочей площадки вскрышного уступа,  $m$ .

Между бровкой добычного и подошвой вскрышного уступа обязательно должна располагаться рабочая площадка достаточной ширины для размещения машин при вскрышных работах и автомобильного транспорта для вывозки пород вскрыши. Эта площадка сокращается только к концу выработки запасов.

Как и при обычных земляных работах, на разработке пород вскрыши может быть применена бестранспортная система разработки, при которой породы вскрыши разрабатывают экскаваторами и размещают на бровке вскрышного уступа с последующей перевалкой их за контур разработки.

В строительных карьерах применяются различные системы вскрышных работ. В зависимости от мощности и состава вскрышных пород их разработка и перемещение может осуществляться бульдозерами, скреперами, экскаваторами с погрузкой в автомобили гидромеханизацией и транспортерами.

Характер этих работ, оборудование для удаления рыхлых пород не отличаются от обычных земляных работ, но в размещении отвалов могут быть следующие варианты:

порода погружается в автомобили-самосвалы и вывозится за пределы карьера, где размещается в оврагах и других пониженных рельефа;

порода вывозится автомобилями-самосвалами на площадку, где формируется в отвалы;

порода транспортируется в выработанное пространство карьера. Это возможно лишь в том случае, когда один борт карьера не разрабатывается, находясь на контуре подсчета запасов. Продвижение фронта добычных работ в этом случае идет в сторону от нерабочего борта, образуя выработанное пространство, т. е. выемку, где полезное ископаемое уже изъято до подошвы подсчета запасов. Порода, добытая из вскрышного уступа, направляется в выработанное пространство с бровки нерабочего борта. Площадь отвала при этом постепенно увеличивается по мере продвижения фронта добычных работ. Но при таком размещении вскрышных пород должна быть обеспечена достаточно большая, свободная от отвалов площадь подошвы карьера для работы людей и машин в нормальных условиях.

Удаление скальных пород из вскрыши усложняется, так как необходимо рыхлить породы с помощью буровзрывных работ. Поэтому в тех карьерах, где имеются два слоя вскрышных пород — рыхлых и скальных, — разработку ведут отдельными уступами. Скальный (обычно нижний) уступ вскрышных пород разрабатывают так же, как и добычный уступ каменных пород. Для бурения применяют перфораторы, а иногда буровые станки для проходки взрывных скважин, осуществляя полный цикл таких же добычных и транспортных работ, как и на уступе полезного ископаемого. Высота и ширина забоя вскрышных пород рассчитывается в зависимости от наличного оборудования, главным образом от емкости ковша экскаватора и категории грунтов, соблюдая требования охраны труда к высоте и углу откоса забоя.

### **§ 141. Буровзрывные работы в каменных карьерах**

Разработка камня в крупных объемах невозможна без проведения буровзрывных работ, задача которых состоит в правильном размещении взрывчатых веществ (ВВ) на добычном уступе и развалке его после взрыва.

Буровзрывные работы проводятся последовательно тремя этапами. Сначала производится проходка горных выработок: бурение скважин и шпуров или проходка рукавов и камер; затем переходят к зарядке их взрывчатыми веществами (ВВ) различного состава при разном расположении зарядов, к которым подводят средства взрывания (СВ). Все этапы буровзрывных работ завершаются взрывом всех заряженных выработок.

Условия применения буровзрывных работ (табл. 65) в каменных карьерах меняются в зависимости от высоты уступов и связаны с видом бурения и способами размещения и взрыва зарядов взрывчатых веществ в выработках.

Таблица 65

Высота уступа или место применения	Вид горной выработки	Способ размещения зарядов ВВ	Способ взрыва
До 3 м; негабаритный камень, валуны	Мелкие шпуры глубиной до 3 м	Сплошной	Огневой
От 3 до 5 м	Глубокие шпуры, "рукава" и мелкие скважины	Сплошной, рассредоточенный, котловой	Огневой, электрический, детонирующий шнуром
Более 5 м	Скважины ударного пневматического или вращательного бурения	То же	То же

Взрывные скважины пробуривают станками канатно-ударного, пневмоударного, вращательного и очень редко термического действия. Станки канатно-ударного действия типа БУ-2, БУ-20-2 широко распространены во многих карьерах. Их недостатки — малая скорость проходки, ограниченность направления скважины только в вертикальном положении, быстрый износ бурового снаряда — вынуждают переходить к станкам пневмоударного и вращательного бурения.

Процесс бурения станками канатно-ударного бурения (рис. 179) заключается в следующем. Долото, поднимаясь на высоту 0,8—1,0 м, а затем падая, разрушает породу в забое скважины. При каждом подъеме долото поворачивается, что обеспечивает при многократных ударах цилиндрическое сечение скважины.

При бурении в скважину подливается вода, которая, смешиваясь с раздробленной породой, образует шлам. Через определенные промежутки времени вместо долота в скважину опускается желонка, с помощью которой буровой шлам вычерпывается и скважина очищается для дальнейшего бурения.

В пневмоударниках удар и вращение осуществляется двумя работающими механизмами, причем вращение производится штангами от бурового станка.

Для пневмоударного бурения в СССР выпущены несколько типов станков: БМ-150К и П-31. Станок БМ-150К — самоходный электрический агрегат, позволяющий бурить скважины диаметром до 155 мм, глубиной до 20 м под углом от 0 до 90°. Скорость

проходки до 150 м/смену в породах X—XI категории крепости. Бурение производится погружным пневмоударником с непрерывной автоматической подачей при 2200 ударов о забой в минуту. Для обеспечения подачи сжатого воздуха к станку необходим компрессор производительностью 18 м<sup>3</sup>/мин.

Станок П-31 предназначен для бурения погружными пневмоударниками (П-2) вертикальных и наклонных взрывных скважин в породах различной крепости. На большие расстояния станок П-31 передвигается при помощи автомобиля или трактора.

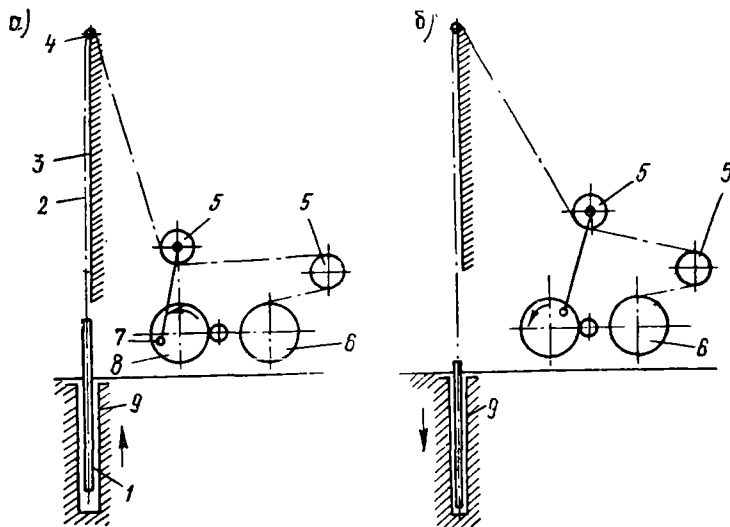


Рис. 179. Схема станка ударно-канатного бурения:  
*a* — подъем бурового снаряда; *б* — падение бурового снаряда;  
 1 — рабочий инструмент; 2 — стальной канат; 3 — вертикальная стойка рамы машины; 4 — головной блок; 5 — ролик; 6 — лебедка; 7 — эксцентрик; 8 — инструментальный барабан; 9 — шнур

Во время бурения к станку подводится сжатый воздух по шлангам из магистральной сети или от передвижного компрессора. Бурение производится воздушно-водной смесью с продувкой скважин при расходе воды 10—20 л/мин.

Для вращательного бурения каменных пород различной крепости успешно применяется станок БТС-2, снабженный шарошечным долотом. При вращении долота шарошки, насаженные на шариковые опоры в нижней его части, обкатываются по забою скважины и при этом наносят удары зубьями.

Забой очищают от шлама через штанги продуванием воздуха или водой через отверстие в долоте.

Станок БТС-2 выполнен в виде навесного оборудования на тракторе С-100 и может бурить скважины диаметром до 225 мм в скальных породах глубиной до 25 м. Бурение возможно под раз-

ным углом — от 0 до 90° Производительность бурения в породах VII—XI категории составляет 20—58 м/смену.

Буровые станки термического действия типа СБО (станок буровой огнеструйный) предназначены для бурения взрывных скважин только в очень твердых кварцевых породах. Их применение в карьерах строительных материалов еще не освоено; это новый скоростной способ буровзрывных работ, но пока еще высокой стоимости.

Сущность термического бурения состоит в том, что буровой снаряд (термобур с горелкой) подает в забой скважины газовые струи, образованные при сгорании смеси керосина, бензина или солярового масла с кислородом или другим окислителем. Газовые струи, имеющие температуру от 2200 до 3500° С, истекают через сопло горелки со скоростью до 2 тыс. м/сек и мгновенно прогревают поверхностный слой породы в скважине, за счет чего происходит разность термических напряжений и возникает шелушение породы.

Горелка охлаждается водой, которая, превращаясь в пар, вместе с продуктами сгорания выносит на поверхность частицы разрушенной породы.

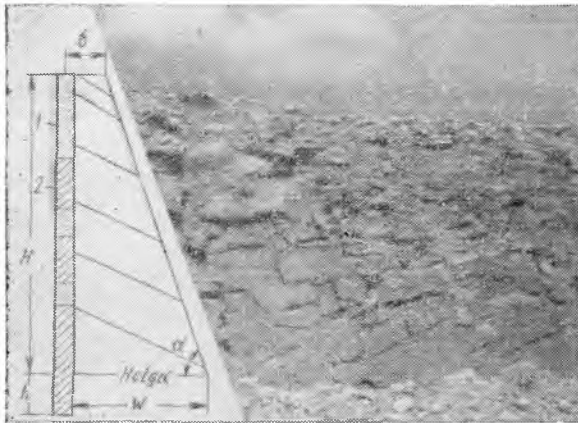


Рис. 180. Расположение заряда ВВ в скважине:  
1 — забойный материал; 2 — взрывчатое вещество

Станок типа СБО состоит из термобура, подвешенного на мачте механизма его подачи и вращения, системы питания и охлаждения горелки и вентиляционной установки. Станок смонтирован на гусеничной тележке. Производительность станка — 3 м скважины в час.

Взрывные скважины (рис. 180) располагают на площадке добычного уступа параллельного забоя в одну или две линии.



Глубина их равна при вертикальном бурении высоте уступа  $H$  плюс перебур  $h$  для преодоления взрывом сопротивления нижней части уступа по подошве. Расстояние от бровки уступа  $b$  и между скважинами  $a$  зависит от высоты  $H$  и угла откоса  $\alpha$ . Но обычно определяющей величиной служит расчетная линия сопротивления по подошве  $W$ , которая определяет собой расчет заряда ВВ, т. е. взрывчатых веществ. В общем виде

$$Q = KHWa, \quad (132)$$

где  $K$  — удельный расход ВВ на дробление взрывом  $1 \text{ м}^3$  каменной породы данной категории крепости в плотном теле, кг.

Наибольшая величина заряда ВВ зависит от крепости камня. Удельный расход взрывчатых веществ для рыхления  $1 \text{ м}^3$  камня в плотном теле определяется по табл. 66, составленной по опытными данным.

Таблица 66

Наименование породы	Категория крепости породы по ЕНиР, 1960 г.	Аммонит № 6, тротил		Аммонит № 9, игданит	
		Удельный расход сосредоточенного заряда для рыхления $1 \text{ м}^3$ породы			
		в шпуре	в скважине	в шпуре	в скважине
Песчаники, известняки и доломиты слабые и средней плотности . . . . .	VI—VII	0,50	0,35	0,60	0,40
Известняки и доломиты плотные; песчаники на карбонатном цементе	VII—VIII	0,60	0,70	0,70	0,45
Известняки тонкокристаллические, кварцево-полевошпатовые песчаники .	VIII—IX	0,70	0,50	0,75	0,60
Граниты мелкозернистые	IX—X	0,70	0,50	0,80	0,60
Кварциты . . . . .	X	0,60	0,45	0,70	0,50
Базальты, порфириты	X—XI	0,75	0,55	0,85	0,65

Необходимый диаметр взрывной скважины в основном определяется тем расчетным количеством взрывных веществ, которое должно быть помещено в нее в зависимости от глубины:

Диаметр скважины, мм . . . . .	75	100	125	150	175	200	225	250
Вес заряда аммонита на м скважины, кг	4,0	7,0	11,0	15,8	21,6	28,2	35,3	43,2

Таким же образом можно определить вес взрывных веществ, размещаемых в шпурах, в зависимости от их диаметра:

Диаметр шпура, мм	25	32	36	42	46	52	55	60	66	72	75
Вес заряда аммонита на 1 м шпура, кг	0,44	0,72	0,92	1,24	1,49	1,92	2,15	2,54	3,11	3,66	3,96

Взрыв — второй этап в цикле буровзрывных работ на каменных карьерах и производится сразу же после зарядки шпуров или скважин.

Накладные заряды взрываются непосредственно на поверхности камня (валуны, негабарит) с помощью взрывчатых веществ и средств взрывания.

Взрывчатые вещества, служащие для разрыхления массива камня, представляют собой смесь аммиачной селитры в разных пропорциях (85—90%) с добавками тротила (5—8%) или без него, с мучнистым наполнителем из древесных опилок, составляющего до 7—8% смеси. Эти ВВ называются аммонитами и имеют марки, например: аммонит № 9 или 10 и т. д. За последние годы выпущены более дешевые и эффективные ВВ: игданиты и гранулиты, которые состоят из аммиачной селитры с добавками солярового масла и припудривающих веществ.

Для взрывания зарядов ВВ необходим внешний импульс — детонация небольшого инициирующего заряда в форме капсуля — детонатора или электродетонатора, возбуждаемых искрами огнепроводного шнура или электровоспламенителя. Капсюль-детонатор представляет собой металлическую или бумажную гильзу диаметром 6—7 мм, длиной 47—51 мм, снаряженную зарядами первичного и вторичного инициирующего ВВ. Огнепроводный шнур состоит из слабопрессованного дымного пороха, завернутого в нитяные оплетки с гидроизоляционными прослойками. Диаметр шнура равен 5—6 мм при длине отрезков по 10 м. Вставленный в детонатор шнур поджигается тлеющим фитилем, зажигательными свечами или отрезками подожженного спичкой шнура.

Электродетонаторы бывают мгновенного, замедленного и короткозамедленного действия. Они состоят из капсуля-детонатора, электровоспламенителя, проводников с изоляцией и без изоляции, мостика накаливания и воспламенительного состава. Когда включается постоянный электрический ток, мостик накаливается, воспламеняет состав и возбуждает взрыв первичного инициирующего ВВ детонатора. В электродетонаторах замедленного и короткозамедленного действия между ВВ и электровоспламенителем помещен столбик замедляющего состава, сгорающего в течение строго определенного времени, после чего вызывается взрыв инициирующего ВВ. Выпускаются электродетонаторы с замедлением 0,5; 0,75; 1; 1,5; 2; 4 сек и более и с короткозамедленным действием 25, 50, 75, 100, 150 и 250 мсек, позволяя взрывать группы зарядов в шпурах или скважинах с такими интервалами, при которых наиболее успешно осуществляется действие взрыва на

массив камня: улучшается дробление породы, уменьшается ширина развала и трещиноватость в глубине массива, увеличивается выход горной массы.

Для передачи детонации от капсуля-детонатора к заряду ВВ на расстояние в десятки метров применяется также детонирующий шнур (типа ДШ-А), имеющий сердцевину из мощного детонирующего ВВ (12 г/м). Этот шнур, завязанный узлом, вводится в заряд скважины. От него даются разветвления ко всем взрываемым зарядам с помощью подсоединения отрезков. Шнур ДШ выпускается отрезками по 50 м.

Капсюли-детонаторы, электродетонаторы, шнуры и фитили объединяются в группу «средств взрывания».

Для электрического взрывания электродетонаторы соединяют с проводами с взрывной сетью. Источником тока являются взрывные машинки, аккумуляторы и электросеть напряжением 110—220 в постоянного тока или 127, 220 и 380 в переменного тока.

Взрывные машины-конденсаторы работают на принципе накопления заряда с мгновенным разрядом тока напряжением до 450 в во взрывную сеть. Взрывные машины-динамо дают ток от динамомашин с пружинным заводом. При увеличении тока до максимума он автоматически включается во взрывную сеть. Для измерения сопротивления электровзрывной сети и детонаторов применяются омметры. Электровзрывание производится в такой последовательности: подбирают и проверяют электродетонаторы; составляют расчет и схему взрывной сети; изготавливают патроны-боевики; заряжают скважины; монтируют и проверяют электросеть; подают ток и, наконец, взрывают. Недостаток этого типа взрывания состоит в сложности сети: прокладывают магистральные провода от источника тока, затем участковые провода вдоль фронта взрыва и концевые провода, соединяющие концевики электродетонаторов с участковыми проводами.

Наиболее широко в карьерах применяется взрывание с помощью детонирующего шнура. Этот способ снижает опасность по заряданию и ликвидации отказов в скважинах и шпурах (так как в зарядах нет чувствительных к внешним воздействиям детонаторов) и отличается простотой выполнения работ при мгновенном и короткозамедленном взрывании зарядов.

Но его недостатками являются невозможность контроля исправности взрывной сети приборами и высокая стоимость ДШ.

Взрывчатые материалы (взрывчатые вещества и средства взрывания) хранят в специальных складах: базисных и расходных. Для ежедневного использования ВМ выдаются взрывникам из расходных складов. Склады устраивают углубленными, полууглубленными и наземными, а по сроку существования на постоянные, временные (до 2 лет) и кратковременные (до 0,5 года).

Предельная емкость расходного склада — 75 т ВВ, 250 тыс. шт детонаторов, 15 тыс. м детонирующего шнура. Приход и расход ВМ учитывается по специальной учетной книге.

В отличие от взрывных работ в скальных выемках, где производится взрыв на выброс, буровзрывные работы в каменных карьерах должны дать разрыхление породы в массиве. Поэтому расчет зарядов производится для разрушения породы в объеме воронки взрыва на заряды рыхления.

Взрывные работы проводятся по данным, изложенным в паспорте буровзрывных работ, в котором отмечаются: физико-механические свойства взрывааемых пород; вид и направление скважины, шпура или камеры и схема их расположения; радиус опасной зоны; тип ВВ; величина заряда и забойки в каждом шпуре, скважине или камере; способ и очередность взрывания зарядов; технико-экономические показатели.

Буровзрывные работы в результате должны обеспечить дробление (рыхление) породы в массиве на куски не свыше заданных размеров (габарита) с шириной и высотой развала породы по заданию, причем высота не должна превышать радиус черпания экскаватора (но не ниже чем 1,5—2,0 м). Габаритные куски камня для возможности погрузки экскаватором должны иметь наибольшие размеры  $a$  в следующем соответствии с емкостью ковша  $q$ :

$$a = 0,75 \sqrt{q} \quad (133)$$

с учетом загрузочных отверстий  $b$  в дробильном оборудовании  $a = 0,8 b$ . Качество буровзрывных работ в первую очередь характеризуется наименьшим содержанием негабарита (кусков больше заданного размера) и отходов (мелочи).

При малом объеме взрывных работ, небольшой высоте уступа, дроблении негабарита и при отсутствии станков для бурения скважин применяется шпуровой метод буровзрывных работ. Шпуры представляют собой цилиндрические углубления в горной породе, образуемые в результате работы буровых молотков (перфораторов), которые устроены по принципу ударного действия, возникающего от сжатого (до 4,5—6 кг/см<sup>2</sup>) воздуха, и состоят из цилиндра, поршней и сменного бурового наконечника.

Буровую мелочь удаляют из шпуров продувкой или промывкой путем подачи воды через молоток по специальной трубке. Для предотвращения выпадения бура при работе и удобного извлечения его из шпура служит буродержатель.

В карьерах для негабарита применяются легкие ручные буровые молотки весом до 23 кг. Колонковые молотки, применяемые на специальных тележках, позволяют бурить шпуры глубиной до 10 м и диаметром 60—75 мм.

Инструмент для ударного бурения шпуров состоит из штанг, изготовленных из пустотелой шестигранной или круглой буровой стали, и съемных буровых колонок долотчатой или крестовой формы, армированных пластинками или цилиндрическими вставками твердого сплава ВК8В и ВК15. Диаметр шпуров составляет от 32 до 75 мм при глубине до 5 м. Шпуры пробуриваются в раз-

ном направлении — вертикальном и горизонтальном. Их располагают на уступе в зависимости от требуемой степени дробления в один или несколько рядов, причем расстояние между шпурами  $a$  в ряду должно исключать возможность взаимной подбойки. При электрическом взрывании  $a_1 = (1,0—1,3)W$ . При многорядном (шахматном) расположении шпуров, взрывааемых одновременно, расстояние между рядами  $b$  принимается  $0,85W$ . Величина заряда в шпурах при двух плоскостях обнажения определяется по формуле

$$Q = 0,7qa_1WH, \quad (134)$$

где  $Q$  — вес заряда, кг;

$q$  — расчетный удельный расход ВВ, кг/м в плотном теле;

$W$  — сопротивление взрыву по подошве (от забоя скважины до подошвы уступа);

$H$  — высота уступа, м.

В практике пользуются таблицами Союзвзрывпрома для определения величины заряда.

Взрывные работы при шпуровом методе проводят в следующем порядке: шпуры очищают от шлама продувкой сжатым воздухом или ложечкой — чищалкой; засыпают порцию порошкообразного ВВ весом 150—200 г, уплотняют забойником и по достижении 80—85% веса заряда в него помещают патрон-боевик; остальную часть заряда досыпают без уплотнения; свободную верхнюю часть шпура заполняют песком, глиной или каменной мелочью, которую уплотняют по мере приближения к устью. При огневом взрывании поджигают отрезок огнепроводного шнура, после чего взрывник уходит в укрытие. При электрическом взрывании подсоединяют участковые провода к магистрали, проверяют сеть и включают ток из укрытия. При использовании детонирующего шнура проверяют монтаж сети перед взрывом.

При высоте уступа более 7—10 м для взрывных работ используют скважины, которые в крепких породах перебуривают на 0,1—0,2 от высоты уступа для возможности размещения заряда большей величины на преодоление наибольшего сопротивления  $W$  по подошве (если в подошве уступа залегают прослойки слабых пород, то перебур не производится). По условиям охраны труда

$$W = H \operatorname{ctg} \alpha + C, \quad (135)$$

где  $\alpha$  — угол откоса уступа  $H$ , град;

$C$  — ширина площадки перед буровым станком до бровки уступа, равная 2—3 м.

На практике  $W$  равно 30—40 диаметрам скважины, с учетом свойств породы.

При обычном способе взрывания скважины располагают в один ряд, при короткозамедленном способе применяют и много-

рядное расположение, но расстояние между скважинами сохраняется одинаковым.

Заряжение и взрывание скважин проводят в такой последовательности: замеряют глубину скважины; готовят материал для забойки; порошкообразные ВВ засыпают из мешков через воронку в скважину. При рассредоточенных зарядах (разделенных забоечным материалом или воздушной прослойкой) в каждый заряд опускается патрон-боевик с детонатором, но если применен детонирующий шнур, то его пропускают вдоль заряда, а боевик помещают в самый нижний заряд. Затем скважину заполняют забоечным материалом и производят монтаж и проверку взрывной сети.

После подачи боевого сигнала зажигают шнуры контрольной и зажигательных трубок и уходят в укрытие.

Если необходимый заряд не помещается в скважине, то забой скважины простреливают взрыванием небольших зарядов, причем образуется котел — расширение, в которое после очистки от шлама можно поместить увеличенный заряд ВВ. Такие скважины называются котловыми. Их недостаток — сложность в получении нужного объема котла.

Успех проведения буровзрывных работ оценивается не только величиной полученного объема разрыхленной горной массы, но также формой и размерами получаемых обломков камня.

На каменных породах, характеризующихся слоистостью, сланцеватостью или плитчатостью, буровзрывные работы дают значительное количество плоских, плитчатых частей, усложняющих получение щебня стандартной, кубообразной формы. Кроме того, для определения производительности дробильно-сортировочных установок необходимо заранее знать состав горной массы, полученной в карьере после взрыва массива.

Для этой цели проводятся опытные взрывные работы.

Рассредоточенные заряды ВВ с воздушными промежутками и короткозамеренным взрыванием обеспечивают равномерное рыхление каменной породы, уменьшая выход негабаритного камня.

Опыт разработки карьера прочного доломита в Латвийской ССР показал, что выход по крупности кусков из взорванной горной массы составляет:

Размеры, мм	Более 450	450—170	170—100	100—40	40—20	20—10	10—5	Отходы 5—10
Выход, %	10	10	20	27	5	10	6	6

Для рыхления трещиноватых карбонатных каменных пород применяются тракторные рыхлители. Рабочий орган рыхлителя — стальной зуб внедряется с поверхности в слой камня на глубину 0,5 — 1,2 м и слой тяги трактора последовательно скалывает пласт шириной до 1,5 м.

Основные требования охраны труда при буровзрывных работах сводятся к следующему:

буровые станки во время бурения должны располагаться от бровки уступа не менее чем на 3 м,

расстояние от складов ВВ до населенных пунктов должно быть не менее чем 0,7 км для складов емкостью 5 т с возрастанием до 1—1,5 км в зависимости от увеличения емкости. Радиус опасной зоны взрыва в карьерах зависит от формы заряда и составляет для накладных зарядов не менее 300 м, для шпуровых и скважных — не менее 200 м.

Перед началом взрывных работ на карьере определяют границы опасной зоны и выставляют посты предупреждения.

## § 142. Организация работ в каменном карьере

Уступ карьера, где проводятся буровзрывные работы, разделяется на три участка, следующие один за другим (рис. 181). На первом участке с помощью экскаваторов ведут очистные (добычные) и погрузочные работы ранее взорванной горной массы. Одновременно бульдозеры подгребают развал камня к экскаватору, создавая отвал достаточной высоты для черпания. Второй участок является резервным после взрыва; здесь экскаватором выбирается негабаритный камень и ведутся шпуровые работы. На третьем блоке после зачистки кровли уступа проводятся буровые работы. Все эти циклы горных работ сменяют друг друга, прерываясь на время заряжания и взрыва скважин или шпуров.

Количество уступов и подступов карьера определяется в первую очередь условиями залегания породы, а также тем оборудованием, которое имеется для разработки. Если, например, месторождение известняков, залегающих горизонтально, разделено прослойкой глины, то в этом случае карьер должен быть рассечен двумя добычными уступами камня и одним (вскрышным) подступом глины.

Если для буровзрывных работ применяются только ручные перфораторы, позволяющие получить шпур глубиной до 3 м, то в этом случае количество уступов будет определяться не только условиями залегания, но и заданной производительностью карьера.

Разработка уступов ведется в зависимости от формы залегания месторождения. Холмистый рельеф позволяет вести разработку с нижней выемкой и погрузкой; но разработка слоев пород залегающих ниже уровня поверхности, производится с верхней погрузкой. Каждый уступ разрабатывается последовательными заходками, которые образуют вскрышной и добычный фронт работ карьера. Продвижение фронта работ  $P_{\phi}$  определяется годовой производительностью карьера  $Q_k$ , средней длиной фронта  $L_{\phi}$  и средней высотой уступов  $H$ :

$$P_{\phi} = \frac{Q_k}{L_{\phi} H}. \quad (136)$$

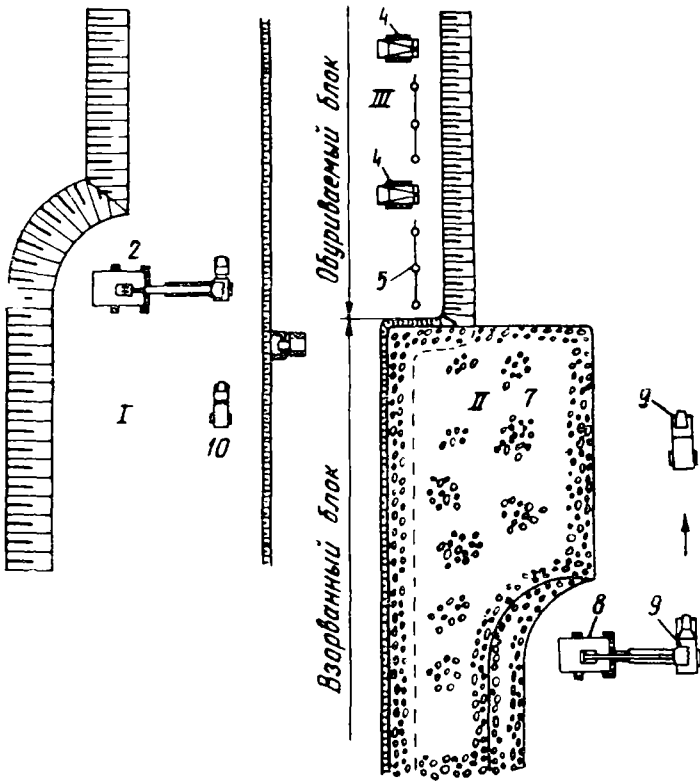
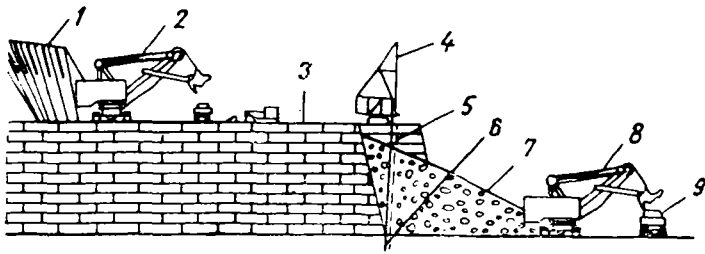


Рис. 181. Технологическая схема разработки каменного карьера:  
I—III — участки карьера;

1 — вскрышной уступ; 2 — экскаватор; 3 — добычный уступ; 4 — буровой станок; 5 — скважины; 6 — перебур; 7 — разрыхленная горная масса; 8 — экскаватор; 9 — автомобиль-самосвал для вывозки по грузовому направлению к дробильно-сортировочной установке; 10 — порожний автомобиль-самосвал, направляющийся под погрузку



Продвижение фронта вскрышных и добычных работ может быть веерным (рис. 182, а), параллельным (рис. 182, б) и смешанным (рис. 182, в).

Параллельное продвижение фронта работ чаще применяют при отработке уступов заходками постоянной ширины одноковшовыми экскаваторами.

Ширина рабочей площадки карьера зависит от ширины двух участков, из которых состоит площадка: для проезда автомобильного транспорта в одном или в двух направлениях; для размещения развала горной массы после взрыва с учетом радиуса черпания и разгрузки экскаватора. В случае разработки двумя уступами к ним добавляются еще два участка: для ведения буровых работ и берма безопасности.

Продвижение фронта добычных работ в каменном карьере обычно идет параллельно уступу, высота которого по условиям охраны труда ограничивается 20—25 м при угле откоса до  $80^\circ$  в скальных и до  $60^\circ$  в песчаных породах.

Транспортирование горной массы из карьера до погрузочных площадок или дробильно-сортировочных установок занимает наибольший удельный вес в стоимости (50—70%) и затратах труда (40—60%). Транспортные пути в карьерах бывают постоянными, например в капитальных траншеях и на поверхности и

временными, например, у забоев, на рабочих площадках или на отвалах.

Руководящий подъем в грузовом направлении для автомобильного транспорта допускается до 100% при радиусе закруглений до 20 м. По профилю пути различаются три участка: внутрикарьерный, почти горизонтальный с малыми радиусами закругления, траншейный с различным уклоном; поверхностный горизонтальный.

Основным видом транспорта для карьеров служат автомобили-самосвалы. По сравнению с железнодорожным транспортом в этом случае возрастает производительность экскаваторов; можно дать меньшие радиусы закруглений и большие уклоны, что

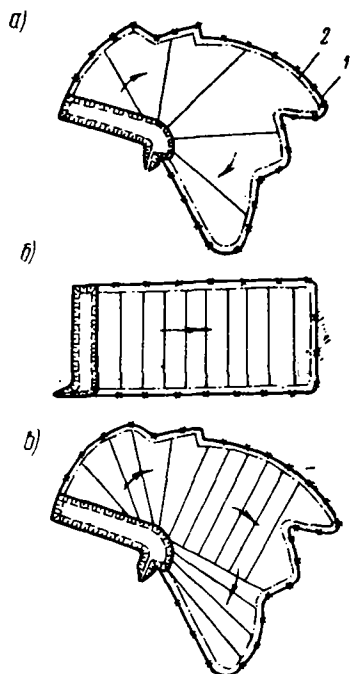


Рис. 182. Формы подвигания фронта работ:

1 — граница карьера по вскрыше; 2 — граница карьера по полезному ископаемому

снизит длину путей в карьере и повысит маневренность транспорта. С учетом коэффициента использования сменного времени  $k_B$  сменная производительность  $\Pi$  автомобиля составляет:

$$\Pi = \frac{T k_B Q k}{t}, \quad (137)$$

где  $k_B = 0,80 - 0,90$ ;

$Q$  — грузоподъемность;

$k$  — коэффициент загрузки;

$t$  — продолжительность рейса с учетом погрузки и разгрузки;

$T$  — продолжительность смены.

На карьерах, обеспеченных электроэнергией, применяется конвейерный транспорт (рис. 183) в том случае, если горная масса не содержит кусков породы крупнее 250—300 мм.

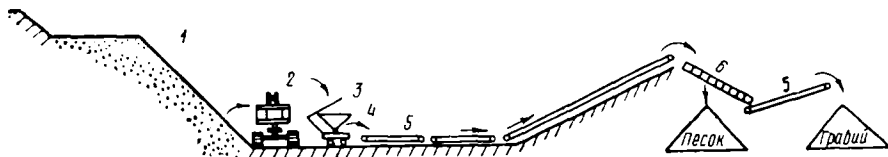


Рис. 183. Транспортирование песка ленточным транспортером из карьера: 1 — забой; 2 — экскаватор; 3 — передвижной погрузчик; 4 — бункер; 5 — ленточные транспортеры; 6 — грохот

Ленточные транспортеры разделяются по назначению на четыре группы: забойные передвижные, располагаемые вдоль забоя карьера; сборочные, на которые подается горная масса забойными конвейерами; подъемные стационарные с углом подъема до  $18^\circ$ ; магистральные стационарные, доставляющие горную массу от подъемных на поверхность. Ленточные транспортеры состоят из приводной и натяжной станций, несущих секций с роlikоопорами, конвейерной ленты в виде бесконечной цепи, обхватывающей два барабана станций, и электродвигателя. Лента состоит из тканевого каркаса и резиновой обкладки шириной от 600 до 2200 мм. В карьерах применяются транспортеры типа РТ-60, КЛЗ-300 и КРП-300 со скоростью движения ленты в 1,5—1,8 м/сек, подающие до 300 т/ч груза.

### § 143. Разработка гравийно-песчаных карьеров

Гравийно-песчаные карьеры можно разрабатывать по нескольким вариантам в зависимости от условий залегания и наличного оборудования.

Гравий и песок в необходимых карьерах разрабатывают экскаваторами, автопогрузчиками, скреперами с погрузкой горной массы в автомобильный транспорт.

В тех карьерах, где нижняя часть месторождения обводнена за счет притока грунтовых вод, разработка проводится комбинированно: верхние необводненные слои разрабатывают экскаваторами, нижние обводненные слои добывают драглайнами, которые подают добытую горную массу в штабеля с последующей перегрузкой ее экскаваторами с прямой лопатой либо непосредственно в автомобили.

Когда мощность обводненной нижней части гравийно-песчаной толщи превышает 3 м, причем отмечается значительный приток грунтовых вод, применяется комбинированный способ разработки (рис. 184). Он состоит из ряда последовательных операций

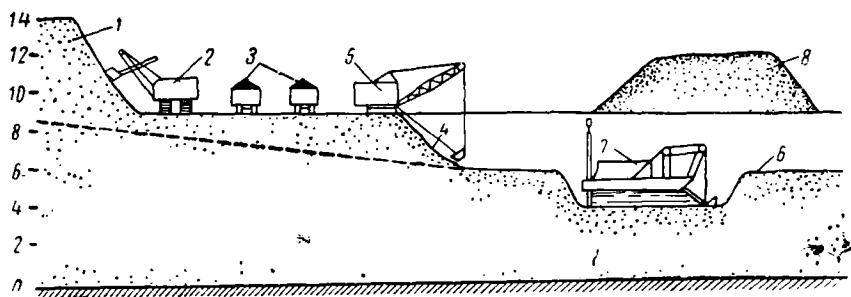


Рис. 184. Комплексная разработка гравийно-песчаного карьера:  
1 — сухой уступ; 2 — экскаватор — прямая лопата; 3 — автомобиль-самосвал; 4 — обводненный уступ; 5 — драглайн; 6 — подводный уступ; 7 — землесосный снаряд; 8 — отвал

по добыче, транспортированию и погрузке горной гравийно-песчаной массы. После того как необводненная часть месторождения выработана экскаваторами с прямой лопатой, продолжается дальнейшая разработка карьера драглайном ниже уровня грунтовых вод (на 2—3 м).

Затем в образовавшийся котлован, постепенно заполненный в процессе разработки грунтовой водой, доставляют землесосный снаряд. Он разрабатывает и подает по трубам гравийно-песчаную пульпу за границы котлована, на карту намыва. Отсюда вода самотеком через отстойники поступает обратно в котлован, а вся гравийно-песчаная масса, намываемая в отвалы высотой 4—6 м, постепенно обезвоживается. Затем образовавшиеся штабеля разрабатывают и гравийно-песчаную промытую смесь грузят автопогрузчиками в автомобили-самосвалы.

Такая система разработки рациональна в тех гравийно-песчаных карьерах, которые расположены на поймах рек, где наблюдается постоянный приток грунтовых вод. В случае же недостаточного объема и высоты грунтовых вод в котловане организуют дополнительную подачу воды из реки, перекачивая воду по трубам в котлован до заданного уровня, который обеспечивает работу земснаряда.

На месторождениях гравия и песка, приуроченных к руслам рек, где постоянное и значительное количество непрерывно текущей воды исключает все способы добычи, кроме подводного, применяют два способа разработки: первый — землесосный с рыхлением добываемого гравийно-песчаного грунта или в случае малой плотности грунта без рыхления; второй — грейферный с погружением грейферного ковша, подвешенного к тросу плавучего крана. Кран обычно устанавливают на самоходной барже, которая в зависимости от выработки участка гравия передвигается катером на новое место для добычи.

Наиболее распространены плавучие самоходные грейферные краны грузоподъемностью 5 т, имеющие годовую (сезонную) производительность до 200 тыс. м<sup>3</sup>.

*Гидромеханическая разработка карьеров* выполняется двумя основными способами: гидромониторным и землесосным. Гидромониторы, служащие для создания напорной компактной струи воды, размывают породу, отделяя ее от целика. Землесосные плавучие снаряды всасывают разрыхленные породы из-под воды и применяются только при наличии естественных или специально созданных водоемов.

Возможность применения гидромеханизации в карьерах зависит от плотности пород и глубины их залегания, обеспечения водой, электроэнергией и от наличия свободной территории для размещения отвалов. Климатические условия обуславливают продолжительность гидромеханических работ и в значительной мере определяют экономическую целесообразность введения гидромеханизации.

## § 145. Дробление и сортировка щебня, гравия и песка

Главная масса добываемых в карьерах каменных и гравийно-песчаных пород поступает для дробления, сортировки или обогащения на дробильно-сортировочные установки, где превращается в строительный материал — фракционированный щебень, гравий и песок.

Наиболее трудоемкий процесс — дробление и сортировка каменной горной массы, а также крупного гравия на щебень. В горной массе камня, доставляемой из карьера для дробления, не допускают крупных кусков, величина которых превышает размеры приемного отверстия дробилки первичного дробления. Такие куски камня должны быть отделены от горной массы в карьере до погрузки в автомобили.

При небольшом содержании в горной массе крупного, негабаритного камня его отделяют во время погрузки экскаватором на колосниковых решетках, под которые подают автомобили, куда сыпается горная масса.

При дроблении должна быть установлена степень измельчения исходной горной массы, которая определяется отношением

размеров частиц камня до и после дробления ( $i = \frac{D}{d}$ ) и по отношению предельных размеров ячеек сит грохотов ( $i = \frac{A}{a}$ )

Для достижения высокой степени измельчения, которая возникает при дроблении крупных кусков камня (400 мм) на щебень, например фракции 20 мм ( $i = \frac{400}{20} = 20$ ), необходимо многостадийное дробление, т. е. такое, при котором в процессе разрушения камня с доведением его до нужной фракции применяют несколько последовательно расположенных дробилок. На одной дробилке практически невозможно достичь нужной степени измельчения.

Применяются четыре типа дробилок: щековые, конусные, валковые и роторные ударного действия.

В зависимости от требуемой точности фракций щебня дробилки работают в открытом цикле, когда камень однократно проходит через дробилку, или в замкнутом цикле, при котором отсеянные на грохотах частицы большого размера возвращаются для повторного дробления.

Для первой стадии дробления всех видов каменных пород служат щековые дробилки. Во второй стадии располагаются дробилки других типов, выбираемые в зависимости от крепости пород. При дроблении карбонатных пород во второй стадии применяют роторные дробилки ударного действия; а при дроблении твердых (силикатных) пород — конусные и валковые дробилки.

Грохочение как следующая операция после дробления камня должно быть построено с учетом наименьшей загрузки дробилок и грохотов общей массой, не проходящей дробления.

Поэтому целесообразно до поступления общей горной массы в первичную дробилку отделять мелочь, идущую на отдельный цикл грохочения и промывки, что особенно важно для пород малой твердости (известняки и доломиты), а также для каменных пород, загрязненных глинами, суглинками и песками.

Разделение дробленого камня или гравия производится на грохотах с ситами разных отверстий, соответствующих заданным фракциям. Материал, остающийся после отсева на сите (надрешетный) и прошедший через отверстия сита (подрешетный), является продукцией, т. е. фракционированным щебнем, а число его фракций всегда на одну больше числа сит грохотов.

В шкале размеров сит от большего к меньшему принимается модуль (отношение их размеров). Для щебня, служащего заполнителем в бетоны, модуль равен 2 (5—10, 10—20, 20—40, 40—70 (80)).

Производительность грохотов с промывкой щебня или гравия по сравнению с сухим грохочением возрастает вдвое и втрое. Расход воды зависит от содержания пылевато-глинистых частиц и достигает от 1,5 до 3 м<sup>3</sup> воды на 1 м<sup>3</sup> горной массы.

Форма отверстий оказывает влияние на производительность грохочения и крупность зерен. Наибольший размер зерен, которые могут пройти через круглое отверстие, составляет 80—85% от проходящих через квадратное отверстие.

Установлено, что при прямоугольных отверстиях сит просеиваются частицы такого размера, как и через круглые отверстия, имевшие диаметр на 30—35% больше прямоугольного. При этом сита с прямоугольными отверстиями по сравнению с ситами, имеющими круглые или квадратные отверстия, имеют большой коэффициент живого сечения, весят легче, имеют большую производительность и меньше заливаются влажным материалом.

В процессе приготовления щебня в ряде случаев его необходимо промывать. Способы промывки и ее интенсивность зависят от вида пород и степени засоренности щебня после дробления. При дроблении гранитов, диабазов и других изверженных пород промывка ограничивается подачей воды с разбрызгиванием ее на верхнюю треть грохота. Вода, стекая на нижнюю часть грохота, уносит с собой пыль. Только при расसेве мелких фракций щебня промывка ведется по всей площади грохота с установкой для обезвоживания дополнительных грохотов.

При дроблении карбонатных каменных пород, имеющих прослойки глин, мергелей, кору выветривания и включения слабых разностей промывка производится в специальных корытных мойках.

При проектировании дробильного хозяйства в карьерах одним из главных вопросов является определение выхода заданных фракций щебня, величина которого изменяется в зависимости от ширины выходной щели.

Увеличение ширины щели в щековых дробилках влечет за собой увеличение количества крупных щебенков, причем часто возрастает количество частиц лещадной формы.

Для определения выхода фракций щебня при дроблении используют графики, которые позволяют рассчитать в каждом случае ожидаемый средний выход фракций в зависимости от ширины выходной щели (рис. 185).

Например, проектируется дробление известняков VII категории в щековых дробилках для получения щебня с наибольшей крупностью 80 мм. Избыточное количество фракции 40—80 мм дополнительно дробят в конусной дробилке.

Для этой цели ширина выходной щели в щековой дробилке согласно графику (рис. 185, а) принимается 70 мм. Выход щебня по фракциям составит:

Фракции, мм:	Меньше 20	20—40	40—80	Более 80
Содержание, %	22	25	50	3

При дополнительном дроблении щебня размером более 40 мм в конусной дробилке для получения фракции от 40 и меньше согласно графику (рис. 185, б) необходимо принять для конусной

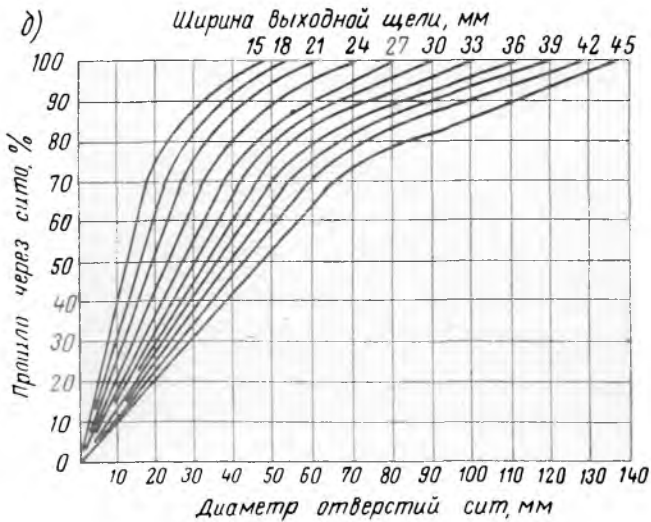
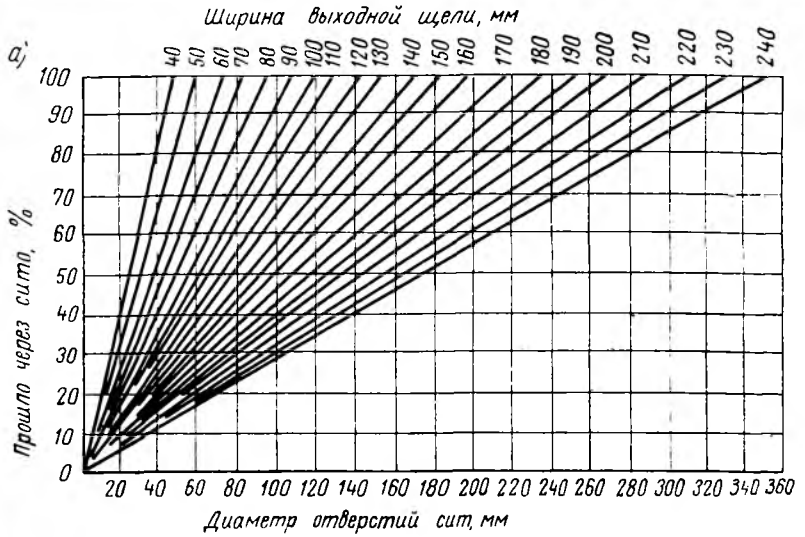


Рис. 185. Графики для определения заданного гранулометрического состава щебня при дроблении известняков в зависимости от размера выходного отверстия:

а — в щековых дробилках; б — в конусных дробилках

дробилки размер выпускной щели 15 мм, в этом случае выход щебня известняка из конусной дробилки по фракциям составит:

Фракции, мм:	0—10	10—20	20—40	Более 40
Содержание, %	38	37	25	4

*Дробление и сортировка на передвижных установках.* Для возможности организации производства щебня непосредственно в строительных карьерах, промышленностью выпускаются передвижные установки. Они предназначаются для дробления и сортировки щебня из камня различной крепости и гравия.

В зависимости от назначения и заданной производительности оборудование установок размещается на прицепных тележках. На установках можно дробить в одну или в несколько стадий, затем мыть и сортировать щебень, гравий или песок.

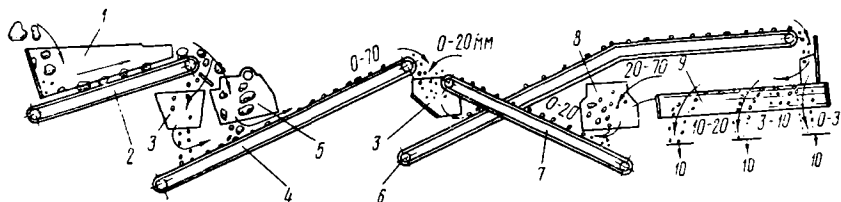


Рис. 186. Схема технологического процесса дробления камня на передвижной дробильно-сортировочной установке ПДСУ-25:

1 — бункер; 2 — питатель; 3 — течка; 4 — транспортер; 5 — щековая дробилка; 6 — верхний транспортер; 7 — транспортер возврата; 8 — конусная дробилка; 9 — грохот; 10 — транспортеры отвала

Все сортировочные устройства оборудованы плоскими вибрационными грохотами, ленточными транспортерами и ротационными элеваторами.

По производительности все передвижные установки разделяются на три группы, из которых средняя группа с производительностью 10—50 м<sup>3</sup>/ч приемлема для карьеров на строительстве аэродромов.

Такой передвижной дробильно-сортировочной установкой является ПДСУ-25 (рис. 186) производительностью до 25 м<sup>3</sup>/ч. Она состоит из двух самостоятельных агрегатов — СМ-739 для первичного дробления и СМ-740 для вторичного дробления и сортировки. Если для получения намечен несортированный щебень размерами до 70 мм, тогда работает один агрегат СМ-740. При необходимости получения мелкого щебня подключается второй агрегат СМ-738, и тогда технологический процесс сводится к следующим операциям.

Автомобиль-самосвал въезжает на специально устроенный над установкой пандус. При разгрузке горная масса попадает в бункер 1 агрегата СМ-739 и по пластинчатому питателю 2 на-



правляется на колосниковую решетку. Мелкий каменный материал (менее 70 мм) проваливается через решетку и направляется в течку 3, откуда попадает на транспортер 4. Куски камня размерами от 70 до 340 мм скатываются по колосниковой решетке в приемный зев щековой дробилки 5, имеющей выходную щель 55—60 мм. Отсюда после дробления щебень попадает на транспортер 4, где смешивается с уже имеющимся мелким материалом и направляется на агрегат СМ-740 для дополнительного дробления и сортировки.

Если же горная масса, доставленная из карьера, загрязнена пылью и глинистыми примесями, то в этом случае течка 3 снимается и загрязненная масса как отходы выводится из технологической цепи дробления и направляется в отвалы специальным транспортером. В данном случае горная масса содержит допустимое количество пылеватых примесей и может использоваться полностью.

Первично дробленный материал направляется в агрегат СМ-740 следующим образом: транспортер 4 подает материал в приемную воронку агрегата СМ-740, откуда ссыпается на транспортер 6. Далее материал поступает через течку на горизонтальный двухситный инерционный виброгрохот 9. Здесь происходит разделение материала на три фракции щебня: 0—3, 3—10 и 10—20 мм. Щебень фракции 20—70 мм, остающийся на верхнем сите, поступает на додробливание в конусную дробилку 8 СМ-561 с приемным зевом в 75 мм и выпускной щелью 18 мм. После дробления щебень поступает на передаточный транспортер 7 и снова попадает на транспортер 7 для направления на сортировку в замкнутом цикле.

Равномерность загрузки всех звеньев агрегатов обеспечивается автоблокировкой пластинчатого питателя и щековой дробилки, в которой реле максимального тока отключает двигатель дробилки и питателя.

## § 145. Обогащение щебня и гравия

При дроблении и последующем рассеве осадочных разнопрочных каменных пород, преимущественно известняков и доломитов, а также гравия, содержащего зерна слабых и выветрелых пород, в щебень наряду с крепкими попадают и слабые частицы. При расसेве щебня и гравия (дробленого и естественного) зерна слабых и выветрелых пород обычно скапливаются в мелких фракциях и ухудшают качество материала. Для удаления этой вредной примеси разработаны следующие способы.

*Удаление слабых частиц при погружении щебня в сепаратор с тяжелой жидкостью* (рис. 187). Эта жидкость состоит из смеси воды и порошка магнетита и ферросилиция. Частицы с малым удельным весом (слабые) в такой жидкости всплывают и сливом удаляются; прочные (тяжелые) частицы — тонут, а затем выгру-

жаются ковшами элеватора со дна сепаратора и направляются на склад щебня или гравия. Слабые частицы направляются в склады или идут в отвал.

*Удаление слабых частиц из щебня на барабанном или плоском металлическом сепараторе.* Это удаление основано на том, что прочные частицы, обладая большей упругостью и меньшей шероховатостью, чем слабые, отскакивают дальше. Прочные частицы во время работы сепаратора отскакивают против вращения барабана, а слабые частицы щебня или гравия направляются по вращению барабана и попадают в отдельные отсеки, из которых уже раздельно направляются на склад продукции.

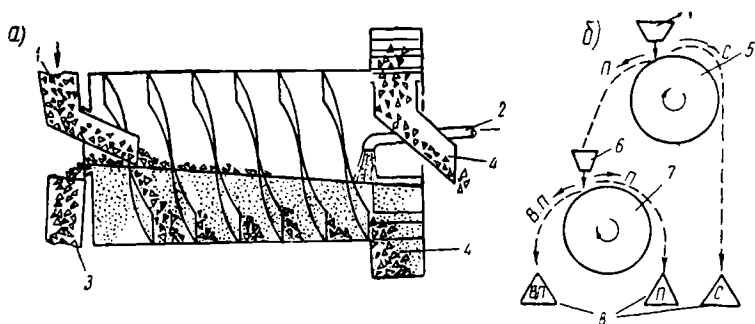


Рис. 187 Процессы отделения слабых (легких) частиц щебня от прочных (тяжелых) частиц:

*а* — отделение слабых частиц в тяжелой жидкости (суспензии); *б* — отделение слабых частиц на барабанном сепараторе;

*1* — исходный материал (щебень); *2* — труба для подачи суспензии; *3* — всплыв (легкие щебенки); *4* — осадок (прочные тяжелые щебенки); *5* — верхний барабан для разделения щебня на слабые (*с*) и прочные (*п*) частицы по отскоку против вращения барабана; *6* — бункер с исходным материалом для повторного обогащения — прочные частицы (*п*) щебня; *7* — нижний барабан для отделения высокопрочных (*в. п.*) и прочных (*п*) частиц; *8* — щебень, разделенный по прочности

Одно- и двухбарабанные классификаторы разделяют щебень на три сорта — высокопрочный, прочный и слабый.

*Воздушное обогащение в «кипящем слое».* Этот способ состоит в следующем: слой мелкодробленого магнетита крупностью 0,15—0,30 мм под напором воздушного потока находится во взвешенном («кипящем») состоянии, приобретает как бы свойства жидкости. Мелкий щебень, фракции 5—40 мм, погруженный в эту воздушно-минеральную суспензию, распределяется по объемному весу: более мелкие частицы (слабые) «плавают» на поверхности суспензии и выгребаются скребками транспортера, а более тяжелые опускаются и падают на движущуюся сетку.

*Отсадка слабых частиц в струе воды переменной скорости.* Обогащение щебня и гравия с помощью отсадки заключается в следующем. Струя воды периодически под напором подается с переменной скоростью вверх и вниз или только вверх. В поток

воды погружается щебень или гравий фракции 5—20 мм, который необходимо обогатить. Непрерывно поступающий в обоганительную установку поток воды уносит верхний слой, состоящий из более легких частиц щебня или гравия.

Разница в объемном весе у легких частиц по сравнению с более тяжелыми составляет не менее 0,5 г/см<sup>3</sup>. Тяжелые, а следовательно, и более прочные частицы оседают и удаляются специальными приспособлениями. Обогащение производится при частоте 120 пульсаций воды за 1 мин. При высоте слоя щебня или гравия на решетке 70 мм расход воды составляет около 4 м<sup>3</sup> на 1 т обогащаемого материала.

В щебне, обогащенном при помощи отсадочных машин, уменьшается количество слабых и низкопрочных частиц до 1—9% по сравнению с 7—20% этих частиц в исходной горной массе. Одновременно щебень и гравий освобождается от примесей пыли и глины.

*Избирательное дробление с обогащением.* В способе избирательного дробления использовано изменение интенсивности дробления в зависимости от разной прочности исходных пород. Слабые разности, имеющиеся главным образом в карбонатных породах, в процессе дробления отходят в мелочь, а прочные частицы пород скапливаются в крупных фракциях. Избирательность дробления наиболее высока у роторных дробилок ударного действия, приспособленных для дробления карбонатных пород. Интенсивность обогащения усиливается еще и тем, что после дробления щебень сыпается в барабан, вращающийся на катках диаметром 2 м, собранный из секций сит, снабженных полками. При вращении барабана щебень попадает на полки и поднимается, а затем сбрасывается вниз. При многократном падении слабые частицы щебня дополнительно измельчаются, просеиваются через сита и выпадают из процесса обогащения, тем самым улучшая качество остающегося на ситах щебня.

*Разделение частиц щебня по объемному весу воздушной струей* основано на том, что щебень (одной из фракций) продувается воздушной струей с помощью вентилятора. Частицы щебня с малым объемным весом (слабые) уносятся воздушной струей дальше по сравнению с тяжелыми (более прочными). На дальность отлета частиц влияет высота установки вентилятора над местом падения частиц, время нахождения частиц в струе воздуха и скорость движения самой струи.

Из указанных шести способов обогащения щебня и гравия получили распространение на производстве: обогащение с помощью тяжелых жидкостей, отсадка слабых частиц водой с переменной скоростью струи и избирательное дробление.

Щебень, гравий и песок, используемые для бетона в виде заполнителей, должны быть достаточно чистыми и не содержать пылеватых и глинистых частиц в количестве более чем это допускается ГОСТами.

Для удаления пылевато-глинистых частиц обычно применяется промывка заполнителей водой с последующим обезвоживанием во время отстоя в штабелях или бункерах на складах. За время отстоя при низкой температуре воздуха (в зависимости от района строительства) влажность щебня, гравия и песка остается сравнительно постоянной и тем большей, чем мельче частицы промытого материала.

За время отстоя промытого материала свободная (гравитационная) вода стекает, но остается вода пленочная, облегающая каждую частицу, а также адсорбционная, задержанная в порах частиц материала, и частично (в песке) вода капиллярная, удерживаемая менисками между мелкими зернами. В гравии и щебне после отстоя сохраняется вода только адсорбционная и пленочная.

Скорость обезвоживания и влажность песков после промывки зависят от зернового состава, величины содержания в них пылевато-глинистых частиц и плотности укладки.

Время для обезвоживания мелкозернистых песков, после которого сохраняется постоянная влажность, составляет для мелкозернистых песков 3—4 суток, а для крупнозернистых — 1—2 суток. Но в нижней зоне штабелей и бункеров (на глубине от дна и выше на 20—30 см) влажность резко увеличивается и остается постоянной.

Обезвоживание гравия и щебня происходит в первые минуты после промывки и отстоя на вибраторах и сохраняющаяся влажность обусловлена только пленочной и адсорбционной водой.

## Глава XXII

### ЭНЕРГО- И ВОДОСНАБЖЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ

Учет потребности в энергоресурсах и мощностей источников энерго- и водоснабжения производится при разработке проекта организации строительства аэродрома.

При выборе машин и оборудования для энергоснабжения учитывают возможность дальнейшего использования его при эксплуатации аэродрома.

В подготовительный период допускают применение передвижного оборудования малой мощности с последующей заменой его более мощным или оборудованием, которое будет впоследствии использовано на аэродроме.

#### § 146. Электроснабжение

При организации электроснабжения необходимо определить потребную трансформаторную мощность; выбрать источники (вид, мощность, количество) и принципиальную схему электро-

снабжения (рис. 188) с нанесением источников электроснабжения и основных сетей на генплане; сделать расчет основных (питающих) и распределительных сетей.

Для определения потребной мощности трансформаторов или электростанций производится следующий расчет:

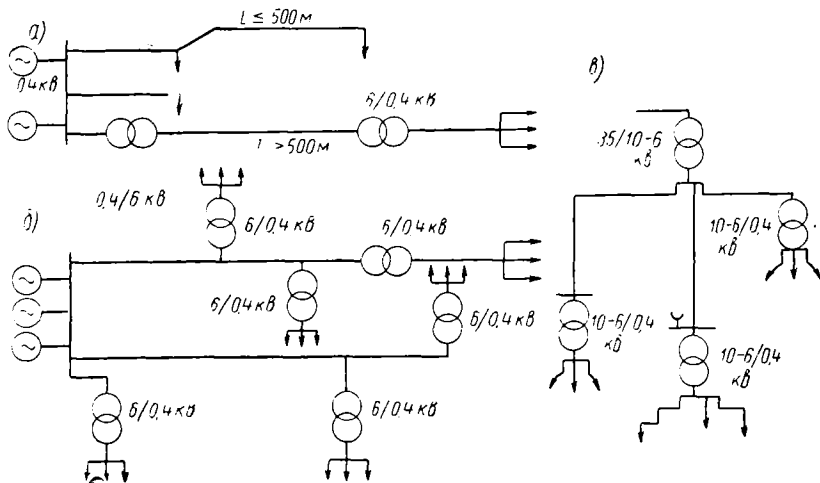


Рис. 188. Схема электроснабжения стройплощадки:

а — от собственной электростанции (потребная мощность 100—500 кВт);

б — от собственной электростанции (потребная мощность свыше 500 кВт);

в — радиальная схема электроснабжения от районной энергосистемы с возможностью магистрального резервирования (потребная мощность 500 кВт и более)

1) определяют расчетные нагрузки одинаковых токоприемников

$$N_A = k_c N_y; \quad (138)$$

$$N_P = N_A \operatorname{tg} \varphi, \quad (139)$$

где  $N_A$  — активная мощность, кВт;

$N_P$  — реактивная мощность, квар;

$k_c$  — коэффициент спроса;

$N_y$  — установленная мощность токоприемников потребителей;

2) находят расчетный коэффициент мощности  $\cos \varphi$  по  $\operatorname{tg} \varphi$  из формулы

$$\frac{\Sigma N_P}{\Sigma N_A} = \operatorname{tg} \varphi. \quad (140)$$

Некоторые значения  $\operatorname{tg} \varphi$  и  $\cos \varphi$ :

$\operatorname{tg} \varphi$	0,3;	0,4;	0,5;	0,8;	0,9;	1,0;	1,5;	1,8;	2,0;	3,0;
$\cos \varphi$	0,96	0,93	0,90	0,78	0,74	0,71	0,55	0,49	0,45	0,30;

3) определяют суммарную нагрузку в *квa* по стройплощадке с учетом всех потребностей (ЦБЗ, РММ и др.)

$$\Sigma N_{\pi} = \frac{\Sigma N_A}{\cos \varphi_0}, \quad (141)$$

где  $\cos \varphi_0$  — среднерасчетный коэффициент мощности строительной площадки;

4) определяют мощность трансформаторов или электростанций

$$N_{\text{тр}} = \Sigma N_{\pi} k_{\text{м-н}}, \quad (142)$$

где  $k_{\text{м-н}}$  — коэффициент совпадения нагрузок (0,75—0,85).

Величина коэффициента спроса  $k_c$  и мощности  $\cos \varphi$  для некоторых машин:

	$k_c$	
Бетоносмесители, асфальтосмесители	0,7	0,68
Транспортеры: ленточные, винтовые, ковшовые	0,5	0,60
Насосы, вентиляторы, компрессоры	0,6	0,75
Экскаваторы с электроприводом	0,4—0,5	0,50—0,60
Электросварочные агрегаты	0,3	0,40
Электрическое освещение:		
наружное	1,0	1,00
внутреннее (кроме складов)	0,8	1,00
складов	0,35	1,00

Источниками электроснабжения могут быть существующие и собственные электростанции (передвижные, стационарные и энергопоезда).

Источники энергоснабжения выбирают в зависимости от местных условий и общего расхода электроэнергии всего строительства, включая производственные предприятия.

Если используют постоянные источники электроснабжения, применяют трансформаторные подстанции: мачтовые и передвижные (на салазках, прицепах). Радиус действия передвижной подстанции при напряжении на низкой стороне 380/220 *в* не должен превышать 400—500 *м*.

При организации собственного электроснабжения применяют сборно-разборные и передвижные электростанции. Мощность передвижных электростанций колеблется от 100 *квт* и выше. Они служат в качестве источника электроэнергии обычно в начальный период. При развитии электронагрузок, особенно в период развертывания работ на стройплощадке, передвижные электростанции заменяют более мощными и экономичными установками.

При большой потребности в электроэнергии используют электропоезда мощностью 1000—4000 *квт*.

Для питания предприятий от внешних источников устанавливают воздушные линии электропередач. Для временного

электроснабжения используют кабельные сети. Силовые кабели обычно применяют с алюминиевыми жилами в алюминиевых или пластикатных оболочках.

Электрическое освещение разделяют на рабочее, аварийное и охранное. Для освещения применяют специальные светильники, а также прожекторы заливающего света. Их устанавливают на столбах, сборно-разборных металлических опорах и телескопических переносных мачтах.

Временные электростанции располагают по возможности в центре потребления электроэнергии.

*Защитные мероприятия.* В качестве защитного мероприятия принимают зануление, которому подлежат корпуса электродвигателей, каркасы щитов и сборок, осветительная арматура, находящаяся на доступной высоте, и другие металлические части. Нулевой провод подсоединяется к контуру заземления электростанции. Сопротивление растекания контура на предприятиях, где используется электроподогрев, принимается как минимум 6—10.

## § 147. Теплоснабжение

Пар и тепло на стройке используются на производственные и хозяйственные нужды: отопление помещений, горячее водоснабжение, разогрев заполнителей (щебня, гравия, песка); подогрев растворов и воды; подогрев бетона; для форсунок, насосов и битумопроводов асфальтобетонных заводов, тепляков и др.

Максимальный расход тепла  $Q$  на отопление здания равен

$$Q = [\alpha q_0 (t_{\text{вн}} - t_{\text{н}})] V_{\text{н}}, \quad (143)$$

где  $\alpha$  — коэффициент, учитывающий изменение удельной тепловой характеристики;

$q_0$  — удельная тепловая характеристика зданий,  $\text{ккал/м}^3 \text{ч град}$  (0,72—0,9);

$t_{\text{вн}}$  — расчетная внутренняя температура помещения,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_{\text{н}}$  — расчетная температура наружного воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$V_{\text{н}}$  — объем здания по наружному периметру,  $\text{м}^3$ .

Значения коэффициента изменения удельной тепловой характеристики в зависимости от расчетной температуры наружного воздуха приведены ниже:

$t_{\text{н}}^{\circ}\text{C}$	—10	—15	—20	—25	—30	—40	—45	—50
$\alpha$	1,45	1,29	1,17	1,08	1,00	0,95	0,90	0,85

*Расход топлива на горячее водоснабжение.* Удельный суточный расход тепла на одного посетителя душа 1200—1880  $\text{ккал}$ .

Расход тепла на подогревание воды для производственных нужд и приготовления 1  $\text{м}^3$  бетонной смеси приведен в таблицах 67 и 68.

Таблица 67

Начальная температура воды, °С	Конечная температура воды, °С							
	10	20	30	40	50	60	70	80
	Расход тепла на подогревание воды на 1 т для производственных нужд, тыс. ккал							
10	—	10	20	30	40	50	60	70
-5	5	15	25	35	45	55	67	75
0	10	20	30	40	50	60	70	80

Таблица 68

Начальная температура щебня, песка, гравия, °С	Объемная влажность, %	Заданная температура бетонной смеси, °С			
		10	20	30	40
		Расход тепла на приготовление 1 м <sup>3</sup> бетонной смеси, ккал			
-5	10	9500	15600	21700	27800
		11670	17730	23880	29980
		16050	22150	28250	34350
-10	10	11650	17750	23850	29950
		13900	20000	26100	32900
		18400	24500	30600	36700
-15	10	13810	19990	26010	32110
		16135	22230	28300	34130
		20750	26850	32950	39050

Если в качестве теплоносителя используется пар высокого давления, строят котельную. Давление пара принимается: для производственных нужд —  $6 \text{ кг/см}^2$ , для отопления зданий и горячего водоснабжения —  $3 \text{ кг/см}^2$ .

Обязательно предусматривается возврат конденсата в котельную.

Паропроводы прокладывают в непроходных кирпичных каналах, на поверхности земли, по крышам зданий и стойкам. Паропроводы и конденсатопроводы, проложенные в канале, укрывают шлаковатой. Паропроводы и конденсатопроводы, проложенные открыто, изолируют шлаковатой слоем 80 мм с оберткой проволоочной сеткой и штукатурят.

В качестве источника теплоснабжения предприятия целесообразно использовать ТЭЦ, котельные существующих или строящихся объектов.

Для временного теплоснабжения применяют стационарные и передвижные парокотельные установки на железнодорожном или пневмоколесном ходу различной производительности. Для горя-



чего водоснабжения можно применять специальные водоподогреватели.

При устройстве временных теплосетей используют теплоносители с давлением не более  $16 \text{ кг/см}^2$  и температурой до  $150^\circ \text{C}$ .

Для тепловых сетей применяют бесшовные холодотянутые трубы диаметром до 40 мм и бесшовные горячекатаные диаметром 50—400 мм.

С целью устранения деформаций при тепловом удлинении труб на временных теплопроводах применяют гнутые П-образные или сальниковые компенсаторы. В качестве естественной компенсации можно использовать повороты сети (самокомпенсация).

*Определение расхода топлива.* Расход условного топлива на хозяйственные и санитарно-технические нужды следующий: приготовление пищи в столовых на 1 работающего в год: обед 75—120 кг, завтрак и ужин холодный 30—19, горячий 60—38 кг. На кипячение и подогрев воды и смазочных материалов: для чая и кипяченой воды в титанах на 1000 чел. — 27 кг, в кубах на 100 чел. — 34 кг; вода на хозяйственные нужды (до  $60^\circ \text{C}$ ) на 100 чел. — 10 кг. На санитарно-технические нужды: бани на 1 человека в год 60 кг, душевые на 1 чел. в год — 30 кг.

Перевод условного топлива в натуральное приведен в табл. 69.

Таблица 69

Топливо	Теплотворная способность топлива, ккал/кг	Коэффициент перевода 1 кг натурального топлива в условное	Стоимость 1 т натурального топлива, руб.
Донецкий каменный уголь (ПЖ)	6456	0,923	12,0
Дрова (влажность 25%)	3000	0,430	4,4—5,6(м <sup>3</sup> )
Кусковой торф	2910	0,420	4,8
Фрезерный торф	2660	0,380	4,8
Топочный мазут	9910	1,400	25,5
Пар	500	—	5,5

Топливо на строительстве расходуют на теплоснабжение (отопление, горячее водоснабжение), на выработку электроэнергии собственными станциями, на хозяйственные нужды, столовые, печное отопление и пр.

Часовой расход натурального топлива равен

$$P_{\tau} = \frac{\alpha \Sigma Q}{Q_{\text{п.т.к.}}^{\text{н.}}} \cdot \frac{t_{\text{в.н}} - t_{\text{п.с}}}{t_{\text{в.н}} - t_{\text{п}}} \quad (144)$$

Суммарный расход натурального топлива за весь отопительный сезон (перевод в условное см. табл. 68)

$$P_{\tau(\text{сез})} = 0,024nP_{\tau}, \quad (145)$$

- где  $\alpha$  — коэффициент, учитывающий потери тепла (1,2);  
 $\Sigma Q$  — суммарный часовой расход тепла по всей строительной площадке, *ккал/ч*;  
 $Q_p^H$  — низшая теплотворная способность топлива, *ккал/кг*;  
 $\gamma_{\text{к.у}}$  — к. п. д. котельной установки (0,5—0,65);  
 $t_{\text{в.н}}$  — расчетная преобладающая температура внутри здания, °C;  
 $t_{\text{н.с}}$  — средняя расчетная температура наружного воздуха за весь отопительный сезон, °C;  
 $t_{\text{н}}$  — расчетная наружная температура наиболее холодной пятидневки, °C;  
 $n$  — число дней отопительного сезона.

### § 148. Снабжение сжатым воздухом, кислородом и ацетиленом

Потребителями сжатого воздуха являются: пневмотранспорт, пневмоинструмент.

Потребляемое количество сжатого воздуха подсчитывается по формуле

$$Q = k_1 n_1 q_1 + k_2 n_2 q_2 + k_3 n_3 q_3 + \dots + k_n n_n q_n, \quad (146)$$

- где  $k$  — коэффициент, учитывающий одновременность работы однородного инструмента, машин и установок, использующих сжатый воздух;  
 $n$  — количество одновременно работающих инструментов, машин, установок;  
 $q$  — расход сжатого воздуха инструментом, машиной, установкой, *м³/мин*.

Количество  
инструментов

$k$	2	3	4	5	6	8	10	15
	1,00	0,90	0,85	0,82	0,80	0,75	0,70	0,60

Расчетная производительность компрессорной установки

$$Q_{\text{расч}} = \frac{Q}{100} (100 + k_{\text{п.в}}), \quad (147)$$

где  $Q$  — суммарное потребное количество сжатого воздуха, *м³/мин*;

$k_{\text{п.в}}$  — общие потери воздуха в компрессоре, потери от неплотности соединения в трубопроводах, расход на продувку, потери воздуха от охлаждения в трубопроводе ( $k_{\text{п.в.}} = 40—65\%$ ).

Источниками получения сжатого воздуха на строительстве являются передвижные и стационарные компрессорные установки, вентиляторы.

При расчете сжатого воздуха на зимний период следует учитывать, что в связи с потерями от охлаждения воздухопроводов расход повышается на 20—25%.

Сети воздухопроводов от компрессорной установки устраивают радиальными (тупиковыми). Для стока конденсата трубы укладывают с уклоном 10% в сторону движения воздуха. Для удаления конденсата из воздухопровода в пониженных точках (через 200—300 м) на прямых участках и в местах отвода к потребителю устраивают водоотделители или краны. В зимнее время воздухопроводы утепляют.

*Снабжение кислородом и ацетиленом.* Кислород и ацетилен используется для сварки и резки металлов, арматуры, арматурной сетки, ремонтных и других работ. Для газопламенной обработки металлов применяется технический кислород: сорт А с чистотой не ниже 99,2% и сорт Б с чистотой не ниже 98,5%. Источниками получения кислорода могут быть:

баллоны с жидким кислородом, передвижные (17—30 м<sup>3</sup>/ч) и стационарные кислородные установки (17—100 м<sup>3</sup>/ч).

В зависимости от объема работ снабжение ацетиленом может осуществляться от передвижной (5—10 м<sup>3</sup>/ч) или стационарной установок, а также от переносных ацетиленовых генераторов производительностью до 2,5 м<sup>3</sup>/ч. Как правило, ацетиленовые станции должны быть оборудованы не менее, чем двумя генераторами для бесперебойного снабжения ацетиленом при перезарядке и ремонте аппарата.

Трубопроводы для ацетилена выполнены из стальных бесшовных труб, соединяемых сваркой. По условиям взрывобезопасности диаметр трубопровода принимают 50 мм. Если нужен трубопровод большего сечения, его составляют из двух параллельных линий.

Трубопроводы для кислорода, подаваемого под давлением ниже 15 кг/см<sup>2</sup>, изготовляют из стальных газовых труб.

В целях экономии ацетилена и кислорода при сварке и резке рекомендуется устанавливать на посту сварщика прибор экономизатор ВНИИавтогена, при помощи которого гасят пламя сварочной горелки при кратковременных перерывах в работе, не закрывая регулирующих вентилей, и зажигают пламя от дежурного пламени при возобновлении в работе. Потребность в карбиде в кг/сутки

$$B_{\text{ка}} = 4,5A_c, \quad (148)$$

где  $A_c$  — среднесуточный расход ацетилена, м<sup>3</sup>.

Месячная потребность карбида в тоннах составляет 0,11  $A_c$ .

## § 149. Водоснабжение

Воду используют для производственно-технологических и хозяйственных нужд строительства, питья, санитарных потребностей и тушения пожаров. При организации водоснабжения необ-

ходимо определить общий расход воды, выбрать вид источника и схему водоснабжения с нанесением основных водопроводных сетей на генеральном плане; выбрать системы огнетушения.

Максимальный часовой расход воды на производственные нужды равен

$$Q_1 = \frac{i_{\text{тр}} A k_{\text{н.п}}}{T \cdot 1000}, \quad (149)$$

где  $i_{\text{тр}}$  — количество единиц транспорта, установок, объем работ в смену;

$A$  — удельный расход воды на производственные нужды;

$k_{\text{н.п}}$  — коэффициент часовой неравномерности потребления воды;

$T$  — число часов в смене.

Максимальный часовой расход воды на хозяйственно-питьевые нужды

$$Q_2 = \frac{N_1 A_1 k_{\text{н.п}}}{T \cdot 1000}, \quad (150)$$

где  $N_1$  — число работающих в смену;

$A_1$  — расход воды на одного работающего на хозяйственно-питьевые нужды, л.

Часовой расход воды на питание котлов равен

$$Q_3 = \frac{F m q}{1000}, \quad (151)$$

где  $F$  — поверхность нагрева котла,  $\text{м}^2$ ;

$m$  — паропроизводители с 1  $\text{м}^2$  поверхности нагрева котла, кг (15—30 кг);

$q$  — расход воды на 1 кг пара (при использовании конденсата (0,15—0,25 л на 1 кг пара)).

Часовой расход воды на охлаждение двигателей внутреннего сгорания

$$Q_4 = W_t N_{1,2}, \quad (152)$$

где  $W_t$  — удельный расход воды на охлаждение двигателя внутреннего сгорания на 1 л. с. ч. (квтч);

$N$  — мощность двигателя внутреннего сгорания, л. с. (квт).

Расчетный секундный расход воды на производственные или хозяйственные питьевые нужды

$$q_{\text{п}} = \frac{\Sigma Q 1000}{3600}, \quad (153)$$

где  $\Sigma Q$  — суммарный максимальный часовой расход воды,  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

$$\Sigma Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n. \quad (154)$$

Расчетный секундный расход воды на душ  $q_d$

$$q_d = \frac{aN_p}{t_M \cdot 60}, \quad (155)$$

где  $a$  — норма расхода воды на прием душа, л;  
 $N_p$  — количество рабочих, пользующихся душем;  
 $t_M$  — продолжительность работы душевой, мин.

Общий расчетный секундный расход воды на строительстве

$$q_{\text{расч}} = q_n + q_{\text{пож}}, \quad (156)$$

где  $q_n$  — расчетный секундный расход воды на производственные и хозяйственные нужды, л/сек;  
 $q_{\text{пож}}$  — то же, на противопожарные нужды, л/сек.

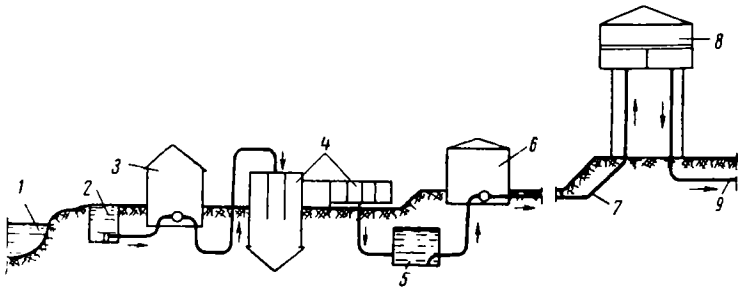


Рис. 189. Схема временного водоснабжения стройплощадки:

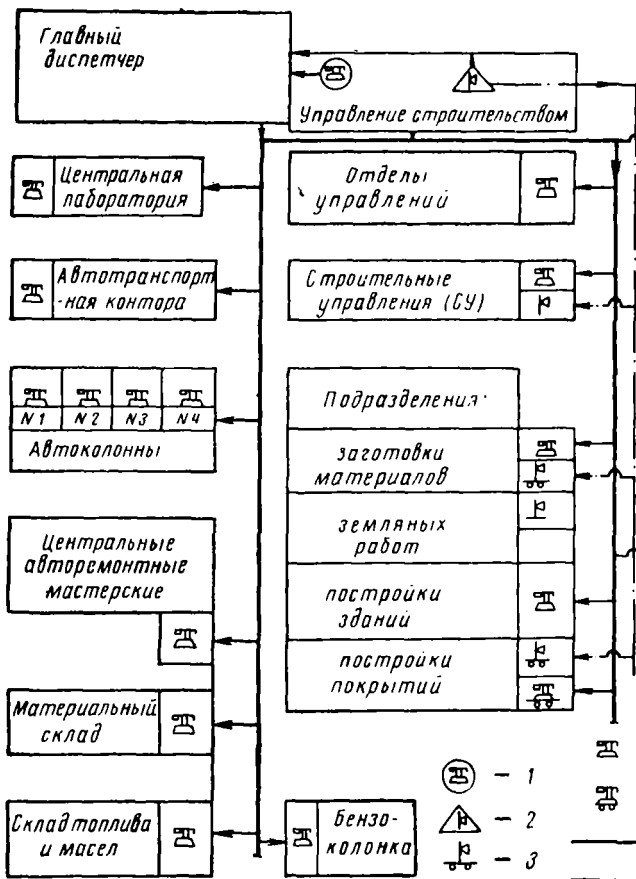
1 — река; 2 — водоприемник; 3 — насосная станция первого подъема; 4 — очистные сооружения; 5 — резервуар чистой воды; 6 — насосная станция второго подъема; 7 — напорный водопровод; 8 — водонапорная башня; 9 — распределительная сеть водопровода

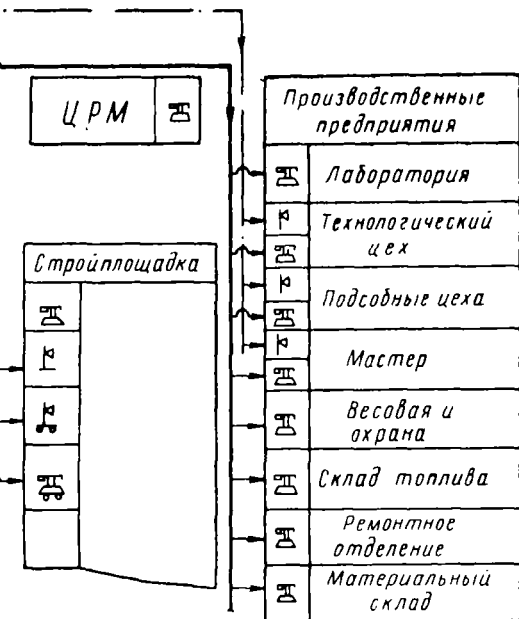
Расход воды для хозяйственно-питьевых нужд: душ на одного пользующегося 25—30 л, столовая — на одного обедающего — 10—15 л, на одного работающего в смену на строительной площадке — 15 л.

Расход воды на наружное пожаротушение принимают 20 л/сек. Допускается осуществление противопожарного водоснабжения из водоемов или резервуаров с подачей воды мотопомпами или автомасами.

Источниками водоснабжения могут быть водопроводы и природные источники (рис. 189) — артезианские, ключевые и грунтовые воды, реки, озера, пруды, водохранилища и каналы. При выборе источника необходимо учитывать близость его к строительной площадке, достаточное количество воды для обеспечения всех нужд, пригодность ее для питьевых и хозяйственных нужд.

В случае необходимости вода должна быть улучшена оттаиванием, фильтрацией, обеззараживанием с помощью хлорирования, умягчения путем обессоливания и кипячения в кипятыльниках, газирования в сатураторах.





- 4
- 5
- 6
- 7

Рис. 190. Связь на стройплощадке:  
 1 — телефонная станция; 2 — постоянная радиостанция; 3 — переносная радиостанция; 4 — постоянный телефонный аппарат; 5 — переносный телефонный аппарат; 6 — телефонная связь; 7 — радиосвязь

При расходе воды 100 м<sup>3</sup>/сутки рекомендуется использовать передвижные водозаборные и очистные установки Ленгипроспецнефтестрой.

Временную водопроводную сеть собирают из легких асбоцементных напорных труб, укладывая их в неглубокие канавы и засыпая грунтом (для использования в летний период). Зимой трубы утепляют. Вводы и участки водопровода под дорогами прокладывают из чугунных водопроводных раструбных труб. С целью уменьшения длины водопроводов водозаборные устройства для захвата воды из открытых водостоков следует устраивать ближе.

## § 150. Связь

Для оперативного руководства работой стройки организуется временная или постоянная связь. Устройство связи относится к первоочередным подготовительным работам. Проект временной связи составляется с учетом местных условий и имеющихся в районе средств связи. При проектировании необходимо максимально использовать все местные возможности, и уже после этого предусматривать устройство временной связи. Строительство сооружений связи поручают специализированным строительным организациям Министерства связи СССР. При организации связи хозяйственным способом все работы должны вестись механизированно в соответствии с действующими правилами Министерства связи.

Связь организуют сквозную — от управления строительством или треста до отдельных СУ, прорабств, производственных предприятий и отдельных машин — экскаваторов, кранов и др. (рис. 190). Целесообразна организация двухсторонней диспетчерской связи между всеми производственными объектами. Средства связи: телефон, громкоговорящая связь, беспроводная ультракоротковолновая радиосвязь. Для дистанционной передачи информации и технической документации используют телеграфную и фототелеграфную связь.

Для оперативной передачи информации СУ в трест или управление строек в системе диспетчеризации важное место занимает использование буквопечатающих аппаратов (телетайпов). Этими аппаратами текст информации передают вручную с помощью клавиатуры или автоматически с перфорированного листа. Линией связи для телетайпов служат районные, городские или магистральные телефонные линии.

Для осуществления видеоконтроля за ходом производственного процесса применяют промышленные телевизионные установки, позволяющие вести наблюдения за объектами, которые находятся в условиях большой запыленности и повышенной температуры окружающей среды, вредной для здоровья рабочих.

Особенно важны оперативные средства связи при сетевом планировании производства работ на строительстве аэродромов.



---

---

## ЛИТЕРАТУРА

Алпаткин М. Т. Механизация земляных работ в условиях многолетней мерзлоты. М., Стройиздат, 1965.

Бочин В. А., Вейцман М. И. и др. Справочник инженера-дорожника. Строительство автомобильных дорог. М., Автотрансиздат, 1963.

Викторов А. М. Новые методы геологических исследований в дорожных изысканиях при разведке месторождений стройматериалов. М., Росвузиздат, 1963.

Викторов А. М. Примеры проектирования и разработки строительных карьеров. М., Изд-во «Высшая школа», 1964.

Гирионеруд. Справочник по добыче и переработке строительных материалов. М., Стройиздат, 1965.

Зеличенко Г. Г. Автоматизация предприятий строительной индустрии. М., Изд-во «Высшая школа», 1965.

Иванов Н. Н., Могилевич В. М. и др. Строительство автомобильных дорог. Часть I. М., Автотрансиздат, 1963.

Калечиц Е. В. Основы экономики производства земляных работ при поточном строительстве дорог. М., Автотрансиздат, 1961.

Легольт А. Р. Строительство дорог и аэропортов. Перевод с англ. М., Автотрансиздат, 1963.

Марков Л. А., Парфенов А. П. и др. Улучшение свойств грунтов поверхностноактивными и структурообразующими веществами. М., Автотрансиздат, 1963.

Механика грунтов для инженеров-дорожников. Перевод с англ. М., Автотрансиздат, 1963.

Могилевский Д. А., Бабков В. Ф. и др. Изыскания и проектирование аэродромов. М., Автотрансиздат, 1963.

Могилевич В. М. Основы организации дорожно-строительных работ. М., Изд-во «Высшая школа», 1966.

Орешкин Б. М., Полосин-Никитин С. М. и др. Примеры проектирования технологии дорожно-строительных работ. М., Изд-во «Транспорт», 1966 г.

Полосин-Никитин С. М. Механизация дорожных работ. М., Изд-во «Транспорт», 1966.

Раев-Богословский Б. С., Глушков Г. И. и др. Жесткие покрытия аэродромов. М., Автотрансиздат, 1961.

Строительные нормы и правила. Госстрой СССР. Ч. III. М., Госстройиздат, 1963.

Спасский Ф. Я. и др. Строительство аэродромов (производство работ). Изд. ЛКВВИА, 1950.

Столяров В. П., Грубник Г. А. и др. Производство работ по строительству аэродромов. Изд-во ЛКВВИА, 1961.

Суджаев И. А. Цементобетонные заводы на дорожном строительстве. М., Изд-во «Транспорт», 1965.

Технические условия производства и приемки аэродромно-строительных работ. СН 121-60. М., Госстройиздат, 1961.

Указания по проектированию поточного строительства промышленных предприятий (СН 306-65). М., Госстройиздат, 1965.

Хархута Н. Я. Машин для уплотнения грунтов. М., Машгиз, 1953.

Юфин А. П. Гидромеханизация. М., Госстройиздат, 1965.

---

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Введение	5
§ 1. Характеристика аэродромно-строительных работ	5
§ 2. Индустриализация строительства	6
§ 3. Комплексная механизация и автоматизация строительства	7
§ 4. Поточный метод производства работ	9
§ 5. Специализация и кооперирование	13
§ 6. Организационно-техническая подготовка к строительству аэродромов	14
§ 7. Организация труда в строительстве	16
§ 8. Основные предпосылки, обуславливающие повышение производительности труда в строительстве	20
<b>Часть I. Строительство летного поля</b>	
<i>Глава I.</i> Освоение территории строительства аэродромов	23
§ 9. Состав работ по освоению территории строительства. Вынос проекта в натуру	23
§ 10. Разбивка земляных работ	25
§ 11. Расчистка участка от кустарника и мелкого леса	30
§ 12. Валка и уборка леса	33
§ 13. Корчевка пней и уборка камней	37
§ 14. Осушение территории строительства	39
§ 15. Техничко-экономические показатели работ по освоению территории строительства	40
<i>Глава II.</i> Работа с растительным грунтом	41
§ 16. Требования к производству работ	41
§ 17. Состав работ и способы их выполнения	42
§ 18. Организация работ с растительным грунтом	43
§ 19. Состав агротехнических работ	50
§ 20. Подготовка удобрений и внесение их в почву	53
§ 21. Подготовка травосмесей и засев летного поля	55
<i>Глава III.</i> Разработка выемок	59
§ 22. Строительная классификация грунтов	59
§ 23. Классификация грунтов по трудности их разработки	60
§ 24. Последовательность разработки выемок	62
§ 25. Состав работ на участках выемок	63
§ 26. Выбор способа разработки выемок	63
§ 27. Разработка выемок скреперами	64
§ 28. Разработка выемок экскаваторами	69

§ 29. Транспортирование грунта при экскаваторном способе раз-	72
работки	
§ 30. Разработка выемок бульдозерами и другими машинами	76
<i>Глава IV</i> Возведение насыпей	79
§ 31. Требования к грунтам для возведения насыпей	79
2 § 32. Уплотнение грунтов	80
§ 33. Состав работ и способы их выполнения на участке насыпей	84
§ 34. Производство работ по уплотнению грунта	88
§ 35. Последовательность отсыпки насыпей	90
§ 36. Отсыпка насыпи скреперами и транспортными средствами	93
§ 37. Контроль качества уплотнения грунтов	94
<i>Глава V</i> Гидромеханический способ производства земляных работ	95
§ 38. Область применения гидромеханизации	95
§ 39. Основные схемы производства работ	97
§ 40. Разработка грунта гидромониторами	98
§ 41. Разработка грунта землесосными снарядами	103
§ 42. Гидротранспортирование грунта	105
§ 43. Укладка грунта в насыпь	107
§ 44. Охрана труда при производстве работ средствами гидромеха-	
низации	111
<i>Глава VI.</i> Планировочные работы	111
§ 45. Виды и состав планировочных работ	111
§ 46. Способы и схемы выполнения планировочных работ	112
§ 47. Организация планировочных работ	116
<i>Глава VII.</i> Производство земляных работ при отрицательных темпера-	
турах	117
§ 48. Общие сведения	117
§ 49. Технико-экономическое обоснование целесообразности произ-	
водства работ в зимний период	118
§ 50. Состав работ по подготовке забоев, мест отсыпки землевозных	
путей	122
§ 51. Состав рабочих процессов производства земляных работ и спо-	
собы их выполнения в зимний период	124
§ 52. Особенности организации работ в зимний период по разработ-	
ке выемок, транспортированию грунта, отсыпке и уплотнению	
насыпей	130
<i>Глава VIII.</i> Производство земляных работ в особых условиях	133
§ 53. Особенности производства земляных работ в районах распро-	
странения многолетнемерзлых грунтов	134
§ 54. Возведение насыпей на болотах	139
§ 55. Производство земляных работ в засоленных грунтах	142
§ 56. Производство земляных работ в лессовых и карстовых райо-	
нах	145
§ 57. Производство земляных работ в районах поливного земле-	
делия	146
§ 58. Производство земляных работ в районах песчаных пустынь	
и полупустынь	148
<i>Глава IX.</i> Организация производства земляных работ	151
3 § 59. Состав и последовательность разработки потока земляных	
работ	151
§ 60. Очередность и продолжительность производства земляных ра-	
бот на летном поле	157
§ 61. Комплектование бригад	160
§ 62. Разбивка участка работ на захватки	161
§ 63. График потока земляных работ	163

<i>Глава X.</i> Устройство дренажно-водосточной сети	165
§ 64. Состав работ по устройству дренажно-водосточной сети	165
§ 65. Разбивка дренажно-водосточной сети	165
§ 66. Отрывка траншей	166
§ 67. Крепление траншей	168
§ 68. Устройство смотровых колодцев	170
§ 69. Устройство оснований и укладка труб коллекторов	171
§ 70. Проверка коллектора на водонепроницаемость и засыпка траншей	174
§ 71. Устройство дрен и осушителей	176
§ 72. Устройство дождеприемников	178
§ 73. Организация работ по устройству дренажно-водосточной сети	181

## Часть II. Строительство аэродромных покрытий

§ 74. Общие положения	184
<i>Глава XI.</i> Устройство оснований и покрытий из укрепленных грунтов	187
§ 75. Требования к укрепленным грунтам	187
§ 76. Методы производства работ и технология устройства оснований и покрытий	191
§ 77. Окончательная планировка и уплотнение укрепленных грунтов	199
§ 78. Организация работ по строительству оснований и покрытий, контроль качества	202
<i>Глава XII.</i> Строительство гравийных, щебеночных и грунто-щебеночных покрытий и оснований	206
§ 79. Основные требования к материалам	206
§ 80. Подготовка грунтового основания и устройство подстилающего слоя	210
§ 81. Уплотнение гравийных и щебеночных материалов	218
§ 82. Организация работ и контроль качества	223
<i>Глава XIII.</i> Строительство покрытий и оснований с применением органических вяжущих материалов	226
§ 83. Способы строительства	226
§ 84. Требования к материалам	230
§ 85. Технология производства работ способом поверхностной обработки	233
§ 86. Технология производства работ способом пропитки	237
§ 87. Технология производства работ способом смешения на месте и в установках	240
§ 88. Указания по организации работ и контролю качества	245
<i>Глава XIV.</i> Строительство асфальтобетонных покрытий	247
§ 89. Общие положения	247
§ 90. Требования к материалам для асфальтобетона	252
§ 91. Подготовка основания для укладки асфальтобетонного покрытия	254
§ 92. Транспортирование, укладка и уплотнение горячей и холодной асфальтобетонной смеси	257
§ 93. Особенности строительства нижнего слоя покрытий при отрицательных температурах	264
§ 94. Организация работ при строительстве асфальтобетонных покрытий и контроль качества	266
<i>Глава XV.</i> Строительство цементобетонных покрытий	273
§ 95. Общие положения	273
§ 96. Требования к цементобетону и материалам, составляющим цементобетонную смесь	274

	Стр.
§ 97. Подготовка основания, установка рельс-форм, устройство разделительных прослоек и установка опалубки	280
§ 98. Арматурные работы	286
§ 99. Транспортирование, укладка и уплотнение цементобетонной смеси	287
§ 100. Нарезка и заполнение швов	291
§ 101. Уход за свежеложенным цементобетоном	294
§ 102. Укладка цементобетонной смеси при отрицательных температурах (зимнее бетонирование)	298
§ 103. Строительство предварительно напряженных цементобетонных покрытий	303
§ 104. Усиление прочности эксплуатирующихся цементобетонных покрытий	312
§ 105. Организация работ при строительстве цементобетонных покрытий	315
§ 106. Контроль качества	318
<i>Глава XVI. Строительство сборных, сборно-разборных покрытий и ледовых аэродромов</i>	321
§ 107. Строительство сборных покрытий из предварительно напряженных плит	321
§ 108. Строительство сборно-разборных покрытий из металлических плит	333
§ 109. Строительство сборных деревянных покрытий	341
§ 110. Строительство ледовых аэродромов	345
<b>Часть III. Производственные предприятия при строительстве аэродромов</b>	
<i>Глава XVII. Цементобетонные заводы</i>	353
§ 111. Общие сведения	353
§ 112. Приготовление цементобетонной смеси	354
§ 113. Склады	357
§ 114. Выбор площадки, планировка бетонного завода	379
§ 115. Бетоносмесительный цех и его оборудование	382
§ 116. Автоматизация работ на цементобетонных заводах	390
§ 117. Работа ЦБЗ зимой	398
§ 118. Пути снижения себестоимости готовой продукции бетонных заводов	400
§ 119. Охрана труда	406
<i>Глава XVIII. Базы для приготовления и хранения органических вяжущих</i>	408
§ 120. Стационарные и полевые битумохранилища	409
§ 121. Организация производственных баз по подогреву и приготовлению органических вяжущих	416
<i>Глава XIX. Асфальтобетонные заводы</i>	419
§ 122. Приготовление асфальтобетонных смесей	419
§ 123. Выбор оборудования	421
§ 124. Составление технологической схемы	424
§ 125. Приготовление минерального порошка	432
§ 126. Планировка АБЗ и внутризаводской транспорт	434
§ 127. Охрана труда и противопожарные мероприятия	436
<i>Глава XX. Построечные заводы и полигоны для изготовления железобетонных изделий</i>	437
§ 128. Общие положения	437
§ 129. Изготовление форм и подготовка их к укладке смеси	439

	Стр.
§ 130. Заготовка арматуры	441
§ 131. Армирование предварительно напряженных железобетонных изделий	445
§ 132. Формование изделий	447
§ 133. Выдерживание изделий в период набора прочности (тепловая обработка железобетонных изделий)	451
§ 134. Организация работ на внутрипостроечных полигонах	455
§ 135. Контроль производства и качества готовых изделий	457
§ 136. Охрана труда и противопожарные мероприятия	462
<i>Глава XXI. Карьеры</i>	464
§ 137. Классификация карьеров	464
§ 138. Запасы минеральных строительных материалов	465
§ 139. Этапы разработки карьера	468
§ 140. Горно-подготовительные и вскрышные работы	470
§ 141. Буровзрывные работы в каменных карьерах	472
§ 142. Организация работ в каменном карьере	482
§ 143. Разработка гравийно-песчаных карьеров	485
§ 144. Дробление и сортировка щебня, гравия и песка	487
§ 145. Обогащение щебня и гравия	492
<i>Глава XXII. Энерго- и водоснабжение строительной площадки</i>	495
§ 146. Электроснабжение	495
§ 147. Теплоснабжение	498
§ 148. Снабжение сжатым воздухом, кислородом и ацетиленом	501
§ 149. Водоснабжение	502
§ 150. Связь	506
<i>Литература</i>	507

*Леонид Игнатьевич Горецкий, Владимир Иванович Барздо,  
Серафим Михайлович Полосин-Никитин, Александр Маркович Викторov*

### Строительство аэродромов

Редактор *Л. Н. Ильина*

Технический редактор *Т. М. Плешкова*

Корректор *Л. В. Морозова*

---

Сдано в набор 15/XI 1967 г. Подписано в печать 7/II 1968 г.  
 Бумага 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub> Печ. л. 32 Уч.-изд. л. 33,15  
 Т—02530 Тираж 5 000 экз. Цена 1 р. 34 коп. Изд. № 1—1—1/15 № 253/62  
 Издательство «Транспорт», Москва, Басманный тупик, 6а

---

Московская типография № 8 Главполиграфпрома  
 Комитета по печати при Совете Министров СССР,  
 Хохловский пер., 7. Зак. 2716.