

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА  
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ И МЕЛИОРАЦИИ**

*На правах рукописи  
УДК 627.8.034.7*

**РАХИМОВ ҚУДРАТЖОН ТОШБОТИРОВИЧ**

**ТРАНСПОРТ РЕЧНЫХ НАНОСОВ В НАПОРНЫХ СИСТЕМАХ  
С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ УКЛОНОМ**

**05.23.16 - Гидравлика и инженерная гидрология**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

**ТАШКЕНТ-2012**

Работа выполнена в Ташкентском институте ирригации и мелиорации и  
Научно-исследовательском институте ирригации и водных проблем при ТИИМ

Научный руководитель доктор технических наук, профессор  
**Арифжанов Айбек Мухаммеджанович**

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор  
**Махмудов Эрназар Жумаевич.**

кандидат технических наук, доцент  
**Мажидов Тохир Шодмонович.**

Ведущая организация Ташкентский государственный  
технический университет

Защита состоится «\_\_» \_\_\_\_\_ 2012 г. в \_\_ часов на заседании  
Объединённого специализированного совета К.120.06.02 при Ташкентском  
институте ирригации и мелиорации (ТИИМ) по адресу: 100000, г. Ташкент, ул.  
Кары-Ниязова, 39.

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре  
(библиотеке) Ташкентского института ирригации и мелиорации.  
Адрес: 100000, г. Ташкент, ул. Кары-Ниязова, 39.

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2012 г.

Ученый секретарь Объединённого  
специализированного совета,  
к.т.н., доцент

И.А. Ахмедходжаева

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИИ

**Актуальность темы.** Трубопроводный транспорт широко применяется в газовой и нефтяной промышленности, химических технологиях, биомеханике, ирригации, мелиорации и других отраслях народного хозяйства.

Для гидротранспорта характерно совместное движение жидкости и твердых частиц, которые в смеси образуют различные по физико-механическим свойствам двухфазные или многофазные потоки. Одной из основных задач гидротранспорта является исследование пропускной способности трубопроводов, где учет распределения концентрации наносов по сечению трубопровода, образующейся под действием гравитационной силы, имеет большое значение в описании природы двухфазного потока.

При проектировании, эффективной эксплуатации и обеспечении надёжности гидротехнических сооружений, отстойников различного назначения, водохранилищ, аванкамер насосных станций, требуется изучение закономерности движения речных наносов и на их основе разработать меры борьбы с заилением гидротехнических сооружений. Для этого необходимо разработать рациональные методы и технологии очистки этих сооружений с использованием напорных трубопроводов с различными уклонами, что является актуальной проблемой гидравлики и инженерной гидрологии.

### **Степень изученности проблемы.**

Транспорт речных наносов в напорных системах с прямым уклоном ( $i>0$ ) и в горизонтальных трубопроводах ( $i=0$ ) изучали многие исследователи. Изучение транспорта речных наносов в напорных системах с отрицательным уклоном имеет большое научное и практическое значение для решения вопросов при выработке мер борьбы с заилением различных водоемов и требует проведения специальных исследований.

### **Связь диссертационной работы с тематическими планами НИР. .**

Диссертационная работа выполнена согласно тематическим планам НИР:

- ТИИМ № Д-7-2006-2008г., 2009-2011 г.: «Гидравлика оросительных систем и гидротехнических сооружений»;

- Министерства сельского и водного хозяйства Республики Узбекистан № Д-2.13-2005-2007г.: «Совершенствование систем эксплуатации гидротехнических сооружений и гидростов экспериментальных ирригационных систем на основе натурных исследований».

**Цель исследования.** Исследование транспорта речных наносов в напорных трубопроводах с отрицательным уклоном и разработка рекомендации по гидротранспорту осевших наносов в водоемах.

**Задачи исследования.** Для достижения цели поставлены следующие задачи:

- экспериментальное и теоретическое исследование движения речных наносов в цилиндрическом трубопроводе с учетом уклона;

- исследование процесса переноса твердых частиц в напорных трубопроводах с использованием энергии потока;

- разработка модели движения твердых частиц в трубопроводах с отрицательным уклоном и установление параметров гидротранспорта;
- разработка методики гидравлического расчета движения речных наносов в трубопроводах с отрицательным уклоном.

**Объект и предмет исследования.** Объектами исследования являются системы напорных трубопроводов струйных аппаратов, а предметом - исследование процессов гидротранспорта в струйных аппаратах.

**Методы исследований.** При выполнении данной работы использовались основные положения теории движения жидкости по трубопроводам и теории истечения жидкости через отверстия и насадки и методы математической статистики при обработке экспериментальных данных. Экспериментальные исследования проведены согласно общепринятым методам лабораторных исследований.

**Гипотеза исследования.** Привлечение дополнительных факторов, характеризующих гидравлические параметры потока, позволяют разработать рациональные способы гидротранспорта речных наносов.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

- расчетное обоснование параметров разработанной конструкции струйного аппарата для очистки водоемов от речных наносов;
- методика расчета гидравлических элементов струйного аппарата для очистки водоемов от речных наносов;
- полученные экспериментальные и аналитические зависимости, позволяющие определить коэффициент гидравлического сопротивления при различных режимах истечения гидросмеси из струйного аппарата;
- методика расчета критической скорости взвесенесущего потока во всасывающем трубопроводе предлагаемого струйного аппарата для очистки водоемов от речных наносов.

**Научная новизна:**

- расчетные зависимости по определению гидравлических параметров струйного аппарата, обеспечивающего гидротранспорт речных наносов в трубопроводах с отрицательным уклоном;
- установлено наличие влияния энергии потока на процесс переноса твердых частиц в трубопроводах с отрицательным уклоном;
- предложена расчетная зависимость для определения пропускной способности всасывающего трубопровода струйного аппарата;
- обоснованы конструктивные параметры разработанного струйного аппарата для очистки водоемов от речных наносов (Патент № FAP 00490);
- методика определения критической скорости взвесенесущего потока в напорных трубопроводах с отрицательным уклоном.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Использование результатов настоящих исследований позволит разработать рекомендации по снижению объема заиливания в водохранилищах, отстойниках, что будет способствовать повышению надежности и качества проектирования, строительства и эксплуатации гидротехнических сооружений:

- результаты исследований доведены до уровня, позволяющего использовать их непосредственно в проектной практике для оценки пропускной способности гидротранспортных систем, что значительно улучшит их транспортирующую способность и экономическую эффективность;

- результаты данных исследований могут быть использованы при разработке новых энергосберегающих технологий при подаче взвесенесущих потоков по трубопроводам с учетом объемного содержания наносов, крупности частиц и др.

**Реализация результатов.** Результаты работы использованы в Управлении Унитарного Предприятия «Сувсоз» для улучшения работы отстойника Боссувского водозаборного сооружения, в Каршинском предприятии «Сувокова» для очистки отстойников системы водоснабжения и в учебном процессе в качестве методических пособий при подготовке кадров в данном направлении.

**Апробация работы.** Основные положения диссертационной работы доложены на:

- международной научно-практической конференции «САНИИРИ 80лет» (Ташкент 2005);

- международной научно-технической конференции «Развитие водного хозяйства и мелиорации Республики Узбекистан в период перехода к рыночной экономике», (Ташкент, 2006 г);

- международной научно-технической конференции «Экстремальные гидрологические события в Арало-Каспийском регионе», (Москва, 19-20 октябрь 2006г);

- Республиканской научно-практической конференции «Проблемы надежности и безопасности гидротехнических сооружений», (Ташкент, 22-23 ноябрь 2006г);

- Республиканской научно-практической конференции «Ер ва Сув ресурсларидан фойдаланишда бозор муносабатларини шакллантиришнинг иктисодий муаммолари», (Тошкент, 23-24 ноябрь 2007);

- международной научно-практической конференции «САНИИРИ на пути к интегрированному управлению водными ресурсами», Ташкент-2010

Результаты диссертационной работы рассматривались на научных семинарах факультета «Гидромелиорации» и кафедры «Гидравлики» ТИИМ (протокол № 1 от 20 июля 2011г.), на заседании расширенного семинара отделов и лабораторий секции САНИИРИ (протокол № 1. от 11 января 2012г.) и на научном семинаре объединенного специализированного совета К 120.06.02 при Ташкентском институте ирригации и мелиорации (протокол № 2 от 8 мая 2012г.).

**Опубликованность результатов.** Основные положения диссертационной работы отражены в 16 печатанных работах, в том числе 3 журнальных.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, четырех глав с выводами, заключения, списка использованной литературы из 113 наименований, в том числе 13 зарубежных авторов и приложения. Диссертация

изложена на 120 страницах машинописного текста, включает 14 рисунков, 12 таблиц и приложения.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследования, описаны научная новизна и практическая значимость решаемых в работе задач, основные положения, выносимые на защиту, приводится информация об апробации работы и публикации ее результатов.

**В первой главе** дан аналитический обзор работ, посвященных теоретическим и экспериментальным исследованиям движения двухфазной смеси в трубопроводах.

Теоретическими и экспериментальными исследованиями движения двухфазного потока исследователи занимались многие годы.

Большой вклад в создание математической модели двухфазных потоков внесли: Х.А.Рахматуллин, Ф.И.Франкль, Г.И.Баренблатт, В.М.Маккавеев, М.А.Великанов, А.В.Караушев И.И.Леви, К.И.Россинский, В.К.Деболский, Ю.А.Буевич, С.А.Криль, Д.Ф.Файзуллаев, К.Ш.Латипов, А.И.Умаров, А.А.Шакиров, А.М.Арифжанов, С.Соу, Г.Уоилис, А.Фортье и другие.

Экспериментальными и натурными исследованиями движения двухфазного взвесенесущего потока занимались: М.А.Дементьев, М.В.Печенкин, В.М.Карасик, С.И.Криль, О.Я.Гловацкий, Дюран, И.И.Булдаков, К.Ш.Латипов, Х.А.Исмагилов, А.Шокиров, Х.Илхамов и др.

Предложенные большинством исследователей расчетные зависимости для определения основных параметров гидротранспортирования зачастую выражают результаты экспериментов, на основании которых они установлены, а следовательно, области применения этих зависимостей весьма ограничены.

В работе для описания движения взвесенесущего потока были использованы дифференциальные уравнения установившегося движения гидросмеси в круглой цилиндрической трубе.

Уравнение движения установившегося всвесенесущего потока в одномерной постановке имеет следующий вид:

$$\frac{dP}{dz} = \rho g i - \frac{\lambda_{ci} \rho Q^2}{2d\omega^2} - \frac{s\pi d}{\omega} \tau_0, \quad (1)$$

При выводе уравнения движения для плотности и скорости гидросмеси были приняты следующие обозначения:

$$\rho = (1-s)\rho_1 + s\rho_2, \quad (2)$$

$$g = \frac{(1-s)\rho_1 g_1 + s\rho_2 g_2}{(1-s)\rho_1 + s\rho_2}, \quad (3)$$

где:  $s$  – объемная концентрация твердой частицы;  $\rho_1$  и  $\rho_2$  – соответственно плотности жидкой и твердой частицы;  $d$  – диаметр трубопровода,  $Q$  – расход гидросмеси,  $\omega$  – площадь поперечного сечения трубопровода;  $g_1$  и  $g_2$  –

усредненные по поперечному сечению трубопровода скорости жидкости и твердой частицы;  $i$  – уклон потока;  $P$  – гидродинамическое напряжения давления;  $\chi$  – периметр трубопровода;  $\tau_0$  – начальное сопротивление смеси;  $\lambda_{см}$  – коэффициент гидравлического трения.

Уравнение (1) с учетом граничных условий: при  $z = 0$ ,  $P = P_1$  и при  $z = L$ ,  $P = P_2$ , расход потока в трубопроводах с отрицательным уклоном  $i < 0$ , примет вид:

$$Q = \sqrt{\frac{2d\omega^2}{\lambda_{см}\rho} \left( \frac{P_1 - P_2}{L} - \rho g i - \frac{s\pi d}{\omega} \tau_0 \right)} \quad . \quad (4)$$

Анализ уравнения показывает, что условие, при котором начинается движение смеси, возможно в случае:

$$\frac{P_1 - P_2}{L} > \rho g i + \frac{s\pi d}{\omega} \tau_0 \quad . \quad (5)$$

Следовательно, для гидротранспорта взвесенесущего потока необходимо создать такую разность перепада давлений  $\Delta P$ , которая превосходила бы не только величину силы трения но и силы тяжести потока.

Особенность подхода заключается в том, что здесь кроме основных факторов, характеризующих движение взвесенесущего потока, учитывается влияние уклона трубопровода.

Таким образом, в качестве математической модели использована односкоростная модель движения смеси, т.е. гидросмесь в своем движении отождествляется с фиктивным односкоростным континуумом, где плотность и скорость потока определяется по формулам (2) и (3).

**Вторая глава** посвящена исследованию движения двухфазного потока в трубопроводе с отрицательным уклоном.

В практике транспорта гидросмесей по трубам приходится иметь дело с напорными системами, имеющими обратный уклон. Такие явления наблюдаются при подаче взвесенесущего потока по напорным трубопроводам насосных станций, по гидроэлеватору, по всасывающим трубопроводам струйных аппаратов и др. В данной работе нами рассматривается движение гидросмесей во всасывающем трубопроводе струйного аппарата, как гидравлическое явления засасывания в струю жидкости окружающей среды. Окружающая среда - механическая смесь несжимаемой вязкой жидкости (воды) с твердыми недеформируемыми частицами.

Основную сложность в расчете таких потоков представляет определение удельных гидравлических сопротивлений и критических скоростей движения гидросмеси в зависимости от ее объемной концентрации. В работе в качестве трубопровода с отрицательным уклоном рассматриваем всасывающий трубопровод струйного аппарата. Как известно, струйными аппаратами называются установки, в которых происходит смешение и обмен энергией двух потоков разных давлений с образованием смешанного потока с промежуточным давлением.

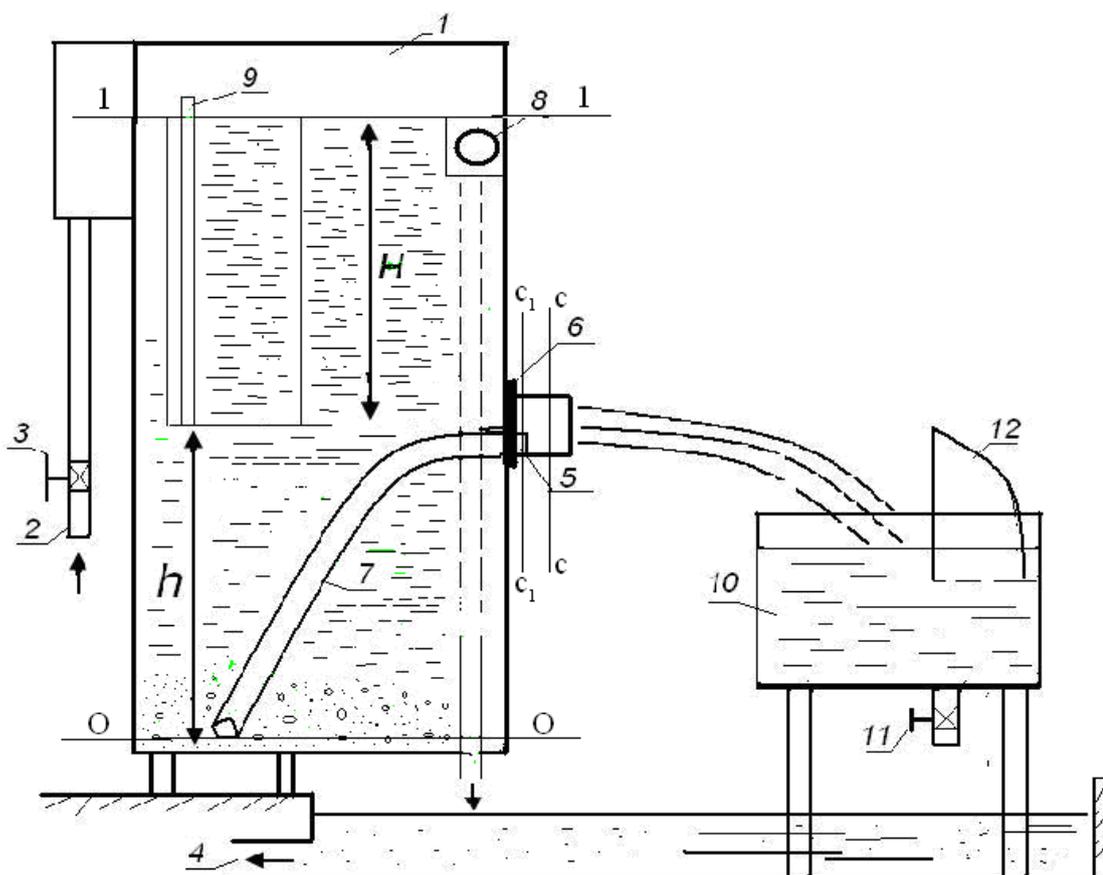
Как было установлено в I главе диссертации, для гидротранспорта речных наносов по трубопроводам с отрицательным уклоном должно соблюдаться

условие (5). Исходя из этого условия, с учетом энергетических характеристик потока, обладающего большим запасом потенциальной энергии и пульпы, обладающей меньшим запасом энергии, разработан струйный аппарат для транспорта речных наносов (рис. 1).

Предлагаемый аппарат работает следующим образом:

В момент открытия диска 6, расположенного во выходном отверстии 5 начинается активный сброс воды, находящейся в водоеме. В зоне переходной горловины, где шарнирно закреплен всасывающий трубопровод 7, создается зона повышенного турбулентного течения.

За счет глубины погружения водовыпускного отверстия «Н» создается инжекция, т.е. при открытии диска теоретическая скорость на участке равняется  $v = \sqrt{2gH}$ ; где  $g$ -ускорение свободного падения. Это приводит к инжекции и смешению потока воды с потоком подсосываемой пульпы в конечной части патрубке и сбросу воды и пульпы в нижний бьеф.



1 – резервуар; 2 – подводящий трубопровод; 3 – вентиль; 4 – отводящий трубопровод; 5 – отверстия; 6 – диск; 7 – всасывавший трубопровод; 8 – сливной резервуар; 9 – пьезометр; 10 – мерный резервуар; 11- вентиль.  
*H*- напор потока, *h*-высота всасывания

**Рис. 1. Расчетная схема струйного аппарата для очистки водоемов**

Для оценки технических параметров струйного аппарата, на основе специально поставленных экспериментов, необходимо установить зависимость коэффициентов расхода, скорости, сжатия струи и сопротивления при истечении потока из выходного отверстия струйного аппарата в широких пределах изменения режима движения и энергетического состояния потока.

Исходя из работ ряда исследователей (К.Ш.Латипова, С.И.Криль, А.М.Арифжанова и др.) было применено уравнение Бернулли для описания процесса движения взвесенесущего потока в струйном аппарате. На основе которых определялся необходимый напор для гидротранспорта речных наносов с учетом плотности гидросмеси. Решение вышесказанных уравнений позволит вывести основные расчетные формулы предлагаемого струйного аппарата. Тогда для определения расхода гидросмеси по трубопроводу струйного аппарата получим следующую зависимость

$$Q_2 = \mu_2 \omega_2 \sqrt{2g\Delta H} \quad , \quad (6)$$

где:  $\mu_2$  – коэффициент расхода всасывающего трубопровода струйного аппарата,

$$\mu_2 = \frac{1}{\sqrt{\beta_1}} \quad , \quad (7)$$

$\beta_1$  – суммарный коэффициент сопротивления всасывающего трубопровода;

$$\beta_1 = \left( 1 + \frac{\lambda_{\text{ин}} l}{d} + \xi \right) \quad , \quad (8)$$

$\xi$  – суммарный коэффициент местных сопротивлений;

$\Delta H$  – относительный напор перед отверстием, равный:

$$\Delta H = \beta H + h(\beta - 1) \quad , \quad (9)$$

$\beta = \frac{\gamma_1}{\gamma_0}$ ,  $\gamma_1$  – удельный вес воды,  $\gamma_0$  – удельный вес пульпы;

$H$  – напор воды перед отверстием;  $h$  – высота всасывания.

Вышеизложенное позволит нам установить критериальные параметры гидротранспорта речных наносов при помощи предложенного струйного аппарата. Как видно, транспорт гидросмеси возможен в случае, когда  $\Delta H > 0$ .

Таким образом, используя известные подходы теории движения взвесенесущего потока, предлагаются расчетные зависимости для определения гидравлических параметров предложенного аппарата для гидротранспорта речных наносов.

**Третья глава** посвящена экспериментальному исследованию гидравлических параметров струйного аппарата.

Для установления основных гидравлических параметров струйного аппарата экспериментальное исследование проводили в лаборатории кафедры «Гидравлики» Ташкентского института ирригации и мелиорации. Эксперименты выполнены согласно принятой в гидравлических исследованиях методике.

Для более полного изучения природы гидравлических явлений в предложенном струйном аппарате, эксперименты сначала проводились для однофазного потока, а потом для двухфазного. По результатам экспериментов определены основные гидравлические параметры струйного аппарата.

Расход потока, вытекающего из отверстия струйного аппарата, равняется:

$$Q = Q_1 + Q_2, \quad (10)$$

где:  $Q_1$  - расход основного рабочего потока;

$Q_2$  - расход во всасывающем трубопроводе струйного аппарата.

Для решения практических задач большой интерес представляют собой зависимости коэффициентов расхода ( $\mu$ ), скорости ( $\varphi$ ) и сопротивления ( $\xi$ ) от числа Рейнольдса.

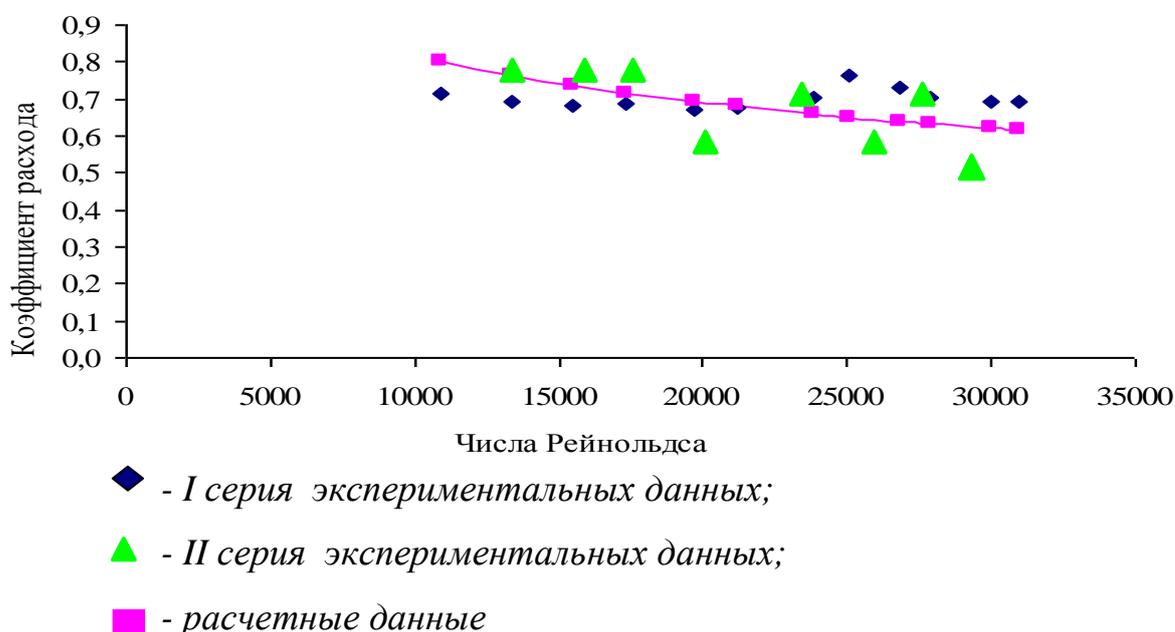
Первоначально проводились эксперименты с чистой водой для определения зависимости интегральных коэффициентов струйного аппарата от числа Рейнольдса, по результатам которых были определены значения вышеуказанных параметров ( $\mu, \varphi, \xi$ ) (рис.2).

На основе теории размерностей, зависимость для определения  $\mu$  принимаем в следующем виде:

$$\mu = A_1 \cdot Re^{K_1},$$

где:  $A_1, K_1$  – коэффициенты, определяемые на основе опытных данных.

Обработка экспериментальных данных произведена на основе методов математической статистики.

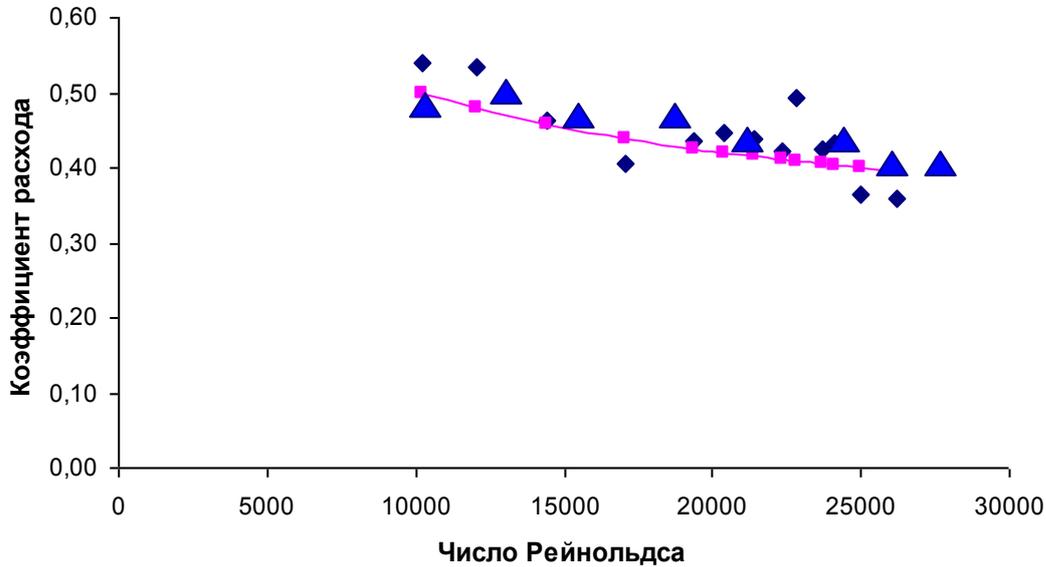


**Рис. 2. График зависимости коэффициента расхода струйного аппарата от числа Рейнольдса (однофазный поток)**

В результате обработки опытных данных, используя методы математической статистики (в частности метод наименьших квадратов), получили следующую зависимость для коэффициента расхода струйного аппарата для однофазного потока:

$$\mu = \frac{6,8}{\sqrt[4]{Re_H}} \quad (11)$$

Затем серии экспериментов проводились при  $Q_2=0$ , что позволило нам установить значение коэффициента расхода струйного аппарата при истечении однофазного потока из отверстия струйного аппарата (рис.3.).



- ◆ I-серия экспериментальных данных;
- ▲ II-серия экспериментальных данных;
- - расчетные данные;

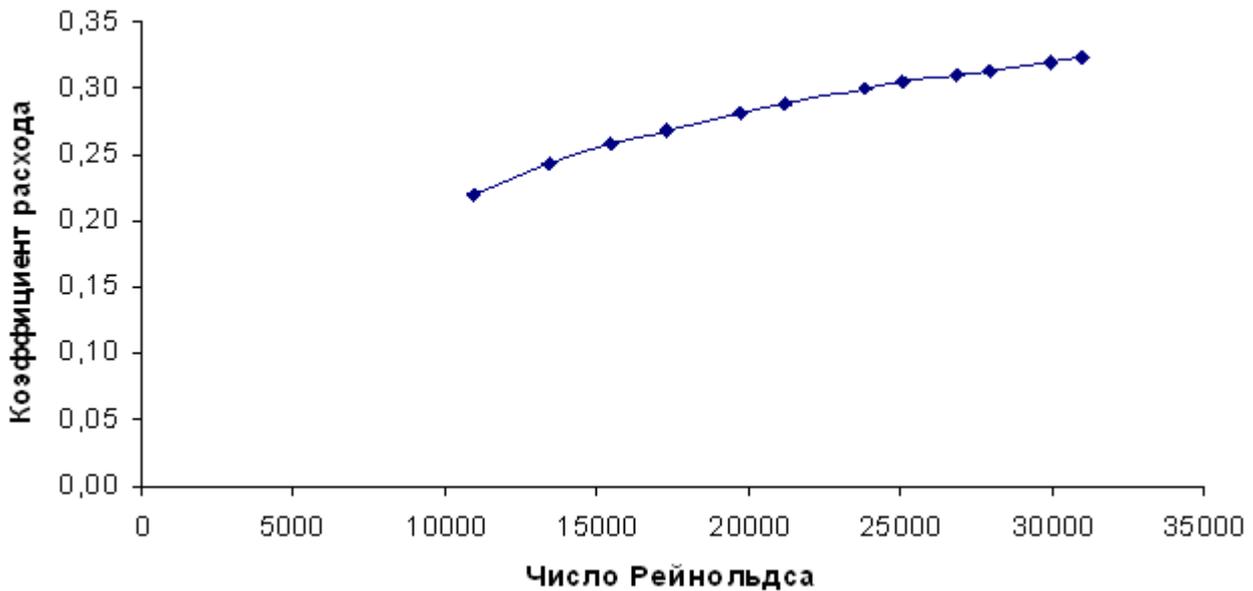
**Рис. 3. График зависимости коэффициента расхода от числа Рейнольдса (однофазный поток при  $Q_2=0$ )**

После математической обработки результатов экспериментальных исследований предлагается расчетная формула для определения коэффициента расхода струйного аппарата для однофазного потока, когда  $Q_2 = 0$ :

$$\mu_0 = \frac{5,02}{\sqrt[4]{R_{eH}}} \quad (12)$$

Имея в виду, что:  $Q_2 = Q - Q_1 \quad (13)$

Определяем зависимость коэффициента расхода всасывающего трубопровода струйного аппарата от числа Рейнольдса при однофазном потоке.



**Рис. 4. График зависимости коэффициента расхода всасывающего трубопровода струйного аппарата от числа Рейнольдса (однофазный поток)**

На основе обработки результатов экспериментальных исследований методом математической статистики (при этом коэффициент корреляции составляет  $r = 0,78$ ), получена расчетная формула для коэффициента расхода всасывающего трубопровода струйного аппарата при движении однофазного потока (рис.4.):

$$\Delta\mu_1 = 0,67 - \frac{4,6}{\sqrt[4]{Re_H}}, \quad (14)$$

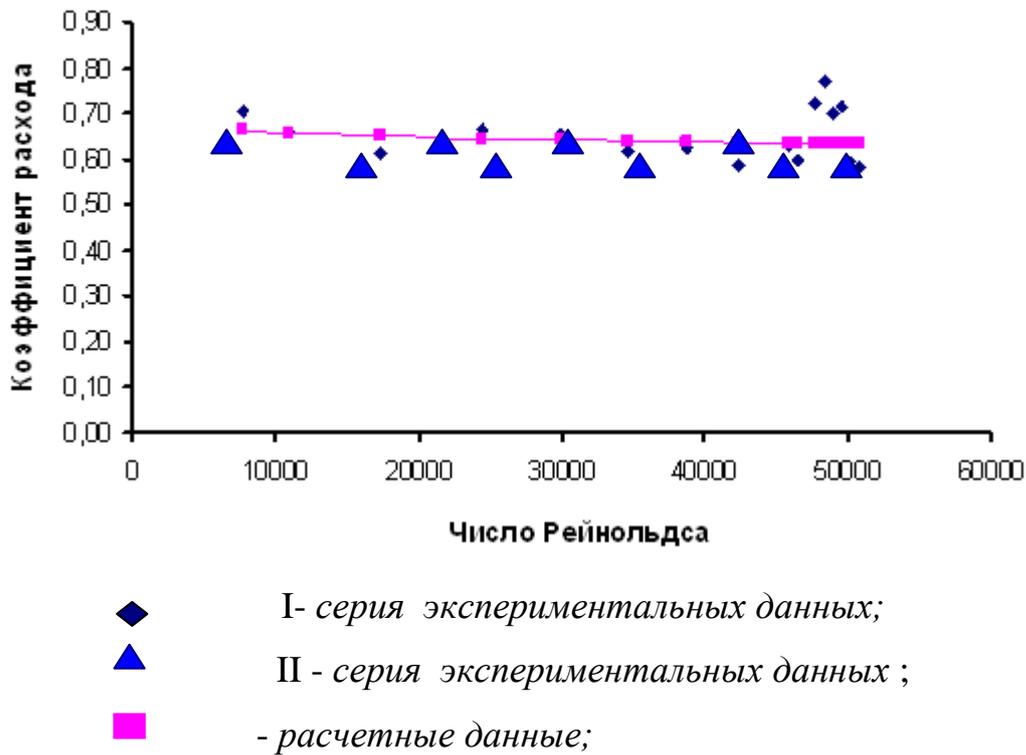
Тогда расчетная зависимость для определения расхода во всасывающем трубопроводе струйного аппарата при движении однофазного потока имеет вид:

$$Q_2 = \Delta\mu_1 \omega \sqrt{2gH} . \quad (15)$$

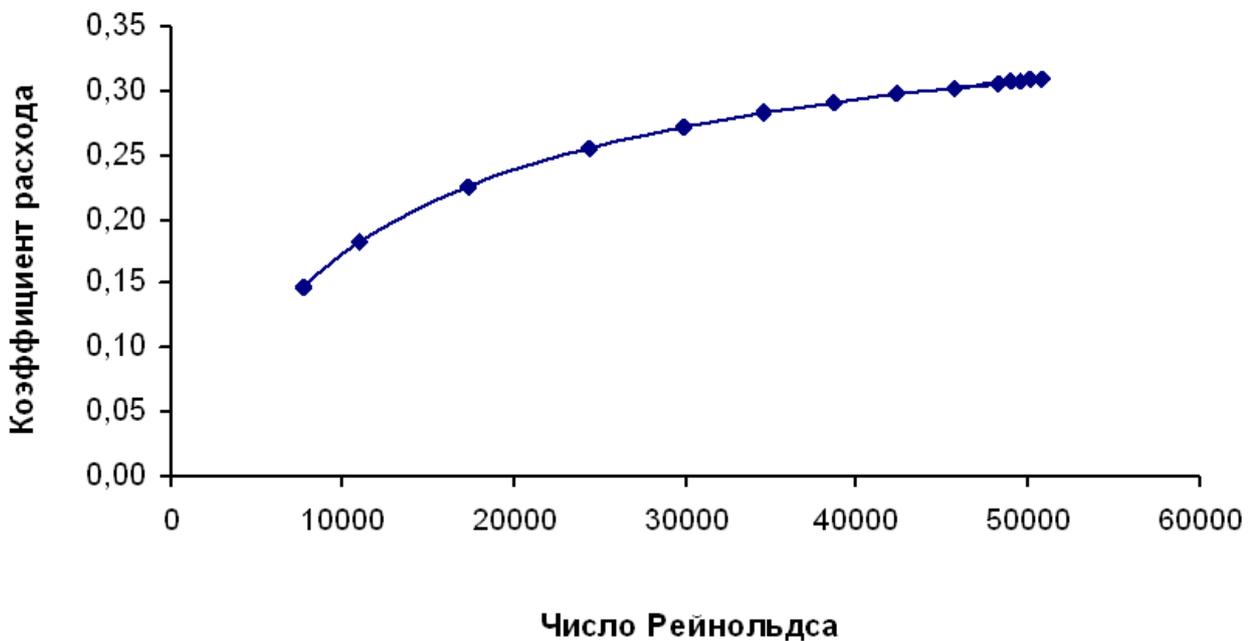
Далее эксперименты проводились для оценки параметров струйного аппарата при гидротранспорте взвесенесущего потока. По результатам экспериментов определена зависимость коэффициента расхода струйного аппарата при гидротранспорте речных наносов от числа Рейнольдса (рис.5.).

На основе обработки результатов экспериментальных исследований методом математической статистики (при этом коэффициент корреляции составляет  $r = 0,85$ ), получена расчетная формула для коэффициента расхода струйного аппарата для двухфазного потока:

$$\mu = 0,58 + \frac{0,8}{\sqrt[4]{Re_H}}, \quad (16)$$



**Рис. 5. График зависимости коэффициента расхода струйного аппарата от числа Рейнольдса ( двухфазный поток)**



**Рис. 6. График зависимости коэффициента расхода всасывающего трубопровода струйного аппарата от числа Рейнольдса (взвесенесущей поток)**

Используя вышеизложенную методику (16), расчетная формула для коэффициента расхода всасывающего трубопровода струйного аппарата предлагается в виде (рис.6.):

$$\Delta\mu_2 = 0,58 - \frac{4,22}{\sqrt[4]{\text{Re}_H}}, \quad (17)$$

отсюда, расчетная формула для расхода всасывающего трубопровода струйного аппарата имеет вид:

$$Q_2 = \Delta\mu_2 \omega \sqrt{2gH}. \quad (18)$$

Таким образом, предложены расчетные зависимости (15), (18) для определения расхода во всасывающем трубопроводе струйного аппарата для однофазного и двухфазного потоков.

На основе экспериментальных исследований проанализировано влияние относительного напора ( $h/H$ ) на транспортирующую способность струйного аппарата.

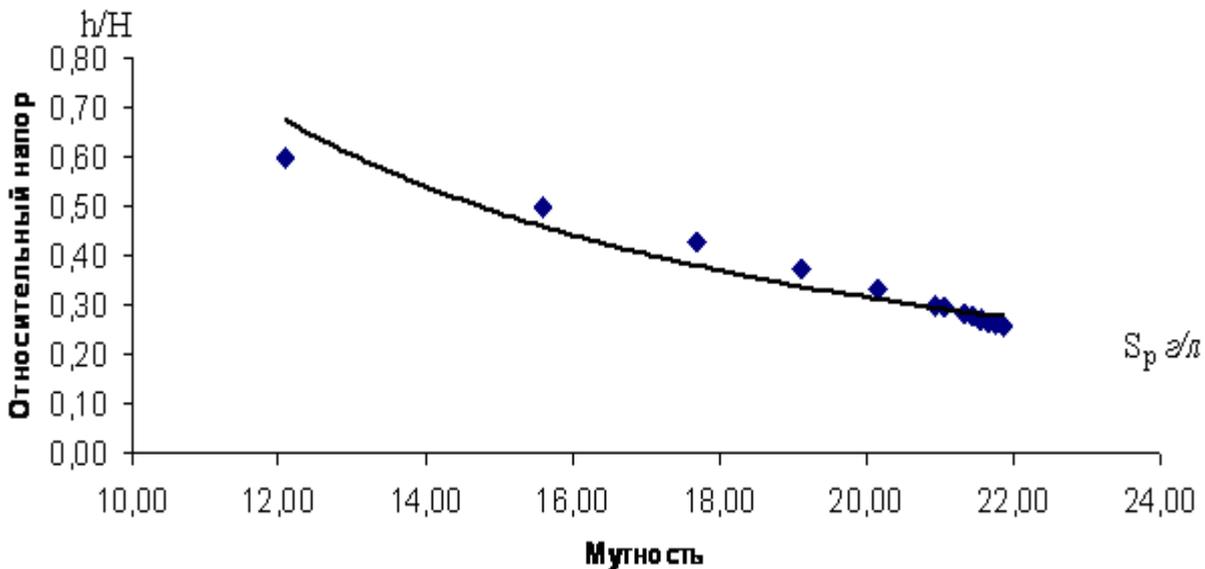
В результате обработки экспериментальных данных получена зависимость мутности потока от относительного напора в виде:

$$s = A_1 \rho_2 \left(1 - \frac{h}{H}\right)^{0,5}, \quad (19)$$

где:  $\rho_2$  – плотность взвешенных частиц, кг/м<sup>3</sup>;

$A_1$  - коэффициент, определяется на основе опытных данных.

По результатам экспериментов:  $A_1 = 12$  (рис.7.).



**Рис. 7. График зависимости мутности потока от относительного напора**

Анализируя результаты экспериментальных исследований, имеем следующую зависимость для определения коэффициента гидравлического трения:

$$\lambda_{\text{нi}} = \frac{D_2}{l} \left( \frac{1}{\mu^2} - \xi \right). \quad (20)$$

В этой же главе рассматривается методика определения критической скорости взвесенесущего потока. Характер движения гидросмеси по цилиндрической трубе зависит, при прочих равных условиях, от средней скорости потока. С постепенным уменьшением этой скорости, приближающейся к критической, взвешивающая способность потока, содержащего заданное количество твердого материала, непрерывно уменьшается.

Для установившегося движения взвесенесущего потока ось  $z$  направляем в сторону наблюдаемого течения, тогда уравнение равновесия запишем в виде:

$$\left(\frac{dp}{dz}\right)_{кр} = \frac{2\tau_0}{R}, \quad (21)$$

где:  $\left(\frac{dp}{dz}\right)$  -градиент давления,  $\tau_0$  -касательные напряжения на стенке трубы,  $R$  – гидравлический радиус.

Это уравнение выражает предельное динамическое равновесие между взвесенесущим потоком в целом и сплошным потоком твердых частиц, перемещающихся в трубопроводе.

Используя уравнение гидравлики для  $\tau_0$  имеем:

$$\tau_0 = \rho_0 \frac{\lambda_{см} \mathcal{G}^2}{8}, \quad (22)$$

$\left(\frac{dp}{dz}\right)_{кр}$  – предельный градиент давления, должен определяться из условия устойчивого (без заилиения) режима движения гидросмесей в трубопроводе.

Развивая теоретические разработки ряда исследователей (К.Ш.Латипова, А..М. Арифжанова, Х.Илхамова и др.) величину  $\left(\frac{dp}{dz}\right)_{кр}$  определяем следующим образом:

$$\left(\frac{dp}{dz}\right)_{кр} = \frac{wg\rho_0}{\mathcal{G}a}, \quad (23)$$

где:  $w$  – гидравлическая крупность взвешенных частиц,  $a = \frac{\rho_2 - \rho_0}{\rho_0}$

Тогда, подставляя (23) и (22) в (21), для определения критической скорости получим:

$$\mathcal{G}_{кр} = \sqrt[3]{\frac{2gDw}{\rho\lambda_{см}}}. \quad (24)$$

Таким образом, предложена новая зависимость для определения критической скорости движения гидросмеси во всасывающем трубопроводе струйного аппарата. Отличительной стороной уравнения (24) является то, что здесь учитывается ряд факторов, характеризующих гидротранспорт речных наносов.

**В четвертой главе** приводится методика гидравлического расчета гидротранспорта речных наносов и рекомендации к практическому использованию результатов настоящих исследований.

Гидравлический расчет пульпопровода осуществляется следующим образом: по заданным гранулометрическому составу твердого материала, длине трубопровода  $L$  (м), плотности частиц твердого материала  $\rho_s$  (кг/м<sup>3</sup>), плотности воды (кг/м<sup>3</sup>), кинематическому коэффициенту вязкости воды, высоте подачи гидросмеси  $h$  (м), объемной концентрации гидросмеси  $s_{cp}$  и массовому расходу твердого материала  $Q$ , (кг/с), требуется определить объемный расход воды, необходимый для обеспечения прохождения заданного массового расхода твердого материала при гидротранспортировании; выбрать проходной диаметр трубы, обеспечивающий объемный расход гидросмеси при критическом режиме гидротранспортирования; определить удельные и суммарные потери напора, позволяющие установить необходимый напор для транспорта гидросмеси на требуемые расстояние и высоту.

Определяя значение критической скорости гидросмеси по предложенной формуле (24), выбираем диаметр всасывающего трубопровода:

$$D = \frac{g_{кр}^3 \rho \lambda_{см}}{2g\omega}.$$

Определяя удельные потери напора в трубопроводе установим необходимый напор для подачи заданного расхода гидросмеси:

$$I_0 = \frac{\lambda_{ni}}{D} \cdot \frac{g_{эд}^2}{2g}.$$

В этой же главе приводится расчёт экономической эффективности, полученной от использования предлагаемого струйного аппарата.

Экономическая эффективность при переброске речных наносов с помощью струйного аппарата достигается за счёт экономии расходов на энергоресурсы.

По результатам расчета экономия затрат на энергоресурсы определяется:

$$\Xi = W_{зс} - W_{са} = 4464000 - 3030000 = 1434000 \text{ сум},$$

где:  $W_{зс}$ - расходы зем.снаряда,  $W_{са}$ - расходы струйного аппарата.

Экономический эффект достигается за счёт использования струйного аппарата за два месяца, когда объем воды в отстойнике достигает уровня, достаточного для работы струйного аппарата.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основе анализа работ, посвященных исследованию движения двухфазного потока, предложена модель движения двухфазной смеси в круглой цилиндрической трубе с учетом уклона потока. То есть, односкоростная модель движения смеси, где гидросмесь в своем движении отождествляется с фиктивным односкоростным континуумом.
2. Обоснованы параметры струйного аппарата для очистки водоемов от речных наносов с учетом энергетических характеристик потоков. Установлено, что для работы струйного аппарата необходимо создать разность давлений, обеспечивающей передачу энергии от потока, обладающего большим её запасом к потоку, обладающему меньшим запасом энергии. По результатам исследований оформлена заявка на патент (Патент № FAP 00490).
3. На основании обработки имеющихся данных, а также данных специально поставленных экспериментов, установлены зависимости коэффициентов расхода, скорости и сопротивления струйного аппарата от числа Рейнольдса, действительные в определенных пределах изменения чисел Рейнольдса ( $Re = 7000 - 50000$ ).
4. На основе статистической обработки результатов экспериментов выявлен характер зависимости местных сопротивлений от числа Рейнольдса, вызванных наличием взвешенных частиц наносов, при различной глубине всасывания.
5. Предложена расчетная формула для определения критической скорости движения гидросмеси в трубопроводах струйного аппарата:

$$g_{кр} = \sqrt[3]{\frac{2gDw}{\rho\lambda_{см}}}$$

6. Установлено критическое значение относительного напора  $\frac{h}{H} \leq 0,75$ , при котором средняя скорость во всасывающем трубопроводе меньше, чем критическая  $g < g_{кр}$ , при этом гидротранспорт частицы наносов прекращается и концентрация  $S = 0$ . Установлена зависимость коэффициента гидравлического трения от числа Рейнольдса при движении взвесенесущего потока в трубопроводе с отрицательным уклоном.
7. Полученные результаты, которые отражаются в виде методов расчета, графиков, патента и учебных материалов, могут найти применение при проектировании, строительстве и эксплуатации гидротранспортных систем.
8. Результаты работы использованы в Управлении Унитарного Предприятия «Сувсоз» для улучшения работы отстойника водозаборных сооружений, в Каршинском предприятии «Сувокова» для очистки отстойников системы водоснабжения и в учебном процессе при подготовке кадров в данном направлении. Ожидаемый экономический эффект составляет 1 434 000 сум за год.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Арифжанов А.М., Илхомов Х., Низамутдинов Д., Рахимов К. К оценке транспорта речных наносов в трубопроводах. // Сб. науч. трудов САНИИРИ. - Ташкент, 2005, - С. 130-133.
2. Арифжанов А.М., Фатхуллаев А.М., Рахимов К.Т. Распределение скоростей при равномерном движении взвесенесущего потока // Журнал «Проблемы механики». - Ташкент, 2005. -№ 2. –С.25-29.
3. Арифжанов А.М., Рахимов К.Т., Низамутдинов Д.Р. Струйный аппарат для очистки водоемов // Развития водного хозяйства и мелиорации Республики Узбекистан в период перехода к рыночной экономике: Тез. докл. Республиканской научно-практической конференции - Т., 2006. С.- 41-42.
4. Арифжанов А.М, Рахимов К.Т, Ибрагимова З.И., Низамутдинов Д. Новый способ переброски наносов в водоемах // Проблемы надёжности и безопасности гидротехнических сооружений к 60-летию факультета «Строительство и эксплуатация ирригационных сооружений»: Тез. докл. Республиканской научно-практической конференции 22-23 ноябрь 2006. - Ташкент. С.113-114.
5. Рахимов К.Т. Кинематические характеристики двухфазного течения в трубопроводе// Республиканская научно-практическая конференция «Развития водного хозяйства и мелиорации Республики Узбекистан в период перехода к рыночной экономике», САНИИРИ, - Ташкент, 2006,- С. 129-131.
6. Рахимов К.Т. Исследование движения двухфазного потока в напорных системах струйных аппаратов // Ёш олимлар – кишлок хўжалиги Фани ва амалиётини юксалтиришда етакчи куч: Ўзбекистон Республикаси кишлок ва сув хўжалиги вазирлиги тизимидаги илмий ва олий таълим муассасалари магистрлари, аспирантлари, тадқиқотчилари ва докторантларининг илмий-амалий конференцияси тезис доклади – Тошкент, 2008,.32-33 -б.
7. Арифжанов А.М., Фатхуллаев А.М., Рахимов К.Т., Низамутдинов Д. Сув ҳавзаларини тозалаш учун оқимчали инжектор. Патент, № FAP 00490,- Тошкент 2009.
8. Арифжанов А.М., Рахимов К., Хамраев С. Гидравлический расчет струйного аппарата // САНИИРИ на пути к интегрированному управлению водными ресурсами. Сб. науч. трудов САНИИРИ. - Ташкент, 2010, - С. 73-79.
9. Рахимов К., Хамраев С., Расулов Р. Турбулентное течение потока // Журнал Узбекистон кишлок хужалиги Агро Илм иловаси, - Тошкент, 2010.- №3(15). –С.41-45.
10. Рахимов К.Т., Абдураимова Д.А., Дускулова Н.А. Критическая скорость движения гидросмеси в цилиндрическом трубопроводе//Журнал Вестник ТГТУ,-Тошкент, 2012.-№1.

Техника фанлари номзоди илмий даражасига талабгор **Рахимов Қудратжон Тошботировичнинг** 05.23.16 – Гидравлика ва муҳандислик гидрологияси ихтисослиги бўйича “Тескари нишабликдаги напорли тизимларда дарё чўкиндиларини гидротранспорти” мавзусидаги диссертациясининг

## РЕЗЮМЕСИ

**Таянч (энг муҳим) сўзлар:** нишаблик, сарф коэффициенти, Рейнольдс сони, оқимчали аппарат, чўкинди, сўрувчи қувур, сарф, критик тезлик.

**Тадқиқот объектлари:** оқимчали аппаратларнинг чўкиндиларни узатувчи напорли тизимлари.

**Ишнинг мақсади:** Дарё чўкиндиларининг тескари нишабликдаги қувурлардаги транспортини тадқиқоти ва сув ҳавзаларида чўкиб қолган чўкиндиларнинг гидротранспорти бўйича тавсиялар ишлаб чиқиш.

**Тадқиқот усули:** Ишни бажаришда суюқлик оқимининг напорли қувурлардаги ҳаракати назарияси, суюқлик тешик ва найчалардан оқиб чиқиши қонуниятларидан ва тажриба натижаларини қайта ишлаш учун математик статистика формулаларидан фойдаланилди.

**Олинган натижалар ва уларнинг янгилиги:** - напорли тизимларда икки фазали оқим ҳаракати назарияси асосида тескари нишабли қувурларда дарё чўкиндилари ҳаракатининг математик модели ишлаб чиқилди;

- тескари нишабли қувурларда чўкиндиларни узатиш жараёнига оқим энергиясининг таъсири аниқланди;
- тескари нишабли қувурларнинг лойқа ўтказиш қобилияти аниқланди;
- сув ҳавзаларини лойқадан тозалаш учун ишлаб чиқилган оқимли инжекторнинг гидравлик параметрлари асосланди. (Патент № FAP 004900);
- тескари нишабликдаги напорли қувурларда чўкиндилар ҳаракатини гидравлик ҳисоблаш методикаси ишлаб чиқилди.

**Амалий аҳамияти:** -тадқиқот натижаларидан қувурларнинг чўкиндиларни ўтказиш қобилиятини баҳолашда ва ва иқтисодий самарадорлигини оширишда бевосита фойдаланиш мумкин;

- тадқиқот натижалари икки фазали оқимларнинг қувурлардан узатишда янги энергия тежовчи технологияларни ишлаб чиқишда фойдаланиш мумкин;

**Татбиқ этиш даражаси ва иқтисодий самарадорлиги:** Ишнинг натижалари “Сувсоз” Унитар корхонасига қарашли Бозсув сув олиш иншоати тиндиргичларида, Қарши “Сувоқова” корхонасида сув таъминоти тизимидаги тиндиргичларнинг ишини яхшилаш ва ушбу йўналишда кадрлар тайёрлаш учун ўқув жараёнида фойдаланилди.

Иқтисодий самарадорликга сув ҳавзаларини чўкиндилардан тозалашда энергиянинг тежалиши ҳисобига эришилади.

**Қўлланиш соҳаси:** Қишлоқ ва сув хўжалиги вазирлиги, лойиҳа ташкилотлари, Сув омборларини эксплуатация қилиш бошқармалари, Насос станциялари бошқармаси, сув таъминоти ва канализация тизимлари, ўқув жараёни.

## РЕЗЮМЕ

диссертации **Рахимова Кудратжона Ташбатировича** на тему: «Транспорт речных наносов в напорных системах с отрицательным уклоном» на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.23.16 – Гидравлика и инженерная гидрология.

**Ключевые слова:** уклон, коэффициент расхода, число Рейнольдса, струйный аппарат, всасывающий трубопровод, нанос, гидравлическая крупность, расход, критическая скорость.

**Объекты исследования:** объектами исследования являются напорные системы гидротранспорта наносов струйными аппаратами.

**Цель работы:** Исследование транспорта речных наносов в напорных трубопроводах с отрицательным уклоном и разработка рекомендации по гидротранспорту осевших наносов в водоемах.

**Методы исследования:** При выполнении данной работы использовались основные положения теории движения жидкости по трубопроводам и теории истечения жидкости через отверстия и насадки и методы математической статистики при обработке опытных данных.

**Полученные результаты и их новизна:** расчетные зависимости по определению гидравлических параметров струйного аппарата,

- установлено наличие влияния энергии потока на процесс переноса твердых частиц в трубопроводах с отрицательным уклоном;

- предложена расчетная зависимость для определения пропускной способности всасывающего трубопровода струйного аппарата;

- обоснованы конструктивные параметры разработанного струйного аппарата для очистки водоемов от речных наносов (Патент № FAP 00490);

- методика определения критической скорости взвесенесущего потока в напорных трубопроводах с отрицательным уклоном.

**Практическая значимость.** результаты исследований позволяют использовать их непосредственно в проектной практике для оценки пропускной способности гидротранспортных систем, что улучшит их транспортирующую способность и экономическую эффективность;

- результаты данных исследований могут быть использованы при разработке новых энергосберегающих технологий при подаче взвесенесущих потоков по трубопроводам.

**Степень внедрения и экономическая эффективность:** Результаты работы использованы в Управлении Унитарного Предприятия «Сувсоз» для улучшения работы отстойника водозаборных сооружений, в Каршинском предприятии «Сувокова» для очистки отстойников системы водоснабжения и в учебном процессе при подготовке кадров в данном направлении. Экономическая эффективность достигается за счет сбережения энергозатрат на удаление речных наносов.

**Область применения:** МС и ВХ, проектные организации, Управления эксплуатации водохранилищ, УНС, система водоснабжения и канализации, учебные процессы.

## RESUME

Thesis of **Rahimov Kudratjon Toshbotirovich** on the scientific degree competition of the doctor of sciences in engineering on specialty 05.23.16 - Hydraulics and Technical Hydrology on the subject "Transportation of River Drift in Pressurized Water Systems with Negative Slope"

**Key Words:** slope, flow coefficient, Reynold Number, blaster, suction pipe, drift, hydraulic size, discharge, critical velocity

**Subjects of Research:** pressurized water systems of transportation of river drift with blasters

### **Purpose of the Work:**

- Conducting research on the transportation of river drift in pressurized systems with negative slope and formulating methods of hydraulic calculations for applied issues;
- Conducting research on the nature of formation of cross section canals in watercourses considering kinematics of turbulent flows

### **Methods of Research:**

Upon the course of preparing this work basic provisions of the theory of movement of liquid on pipelines and the theory of the expiration of liquid through openings and nozzles were used. On the basis of these theories and carried-out experimental studies formulas for determination of dependence on Reynolds's number is offered. The experimental studies were conducted in accordance with the standard methods of laboratory research.

### **Results obtained and their novelty:**

- The impact of energy in the transportation of river drift via pipes of negative slope has been calculated;
- Silt carrying capacity of pipes with opposite slope has been established;
- Hydraulic parameters of Jet Injector devised to clean water bodies from silt have been established; ( Patent No FAP 004900);
- Methods of hydraulic calculation of silt movement in pressurized pipes of negative slope have been formulated;

**Practical Value:** - Results of research are furnished to the level that would allow their direct application in the estimation of carrying capacity of hydro-transport;

Results of the research can also be used to work out power saving technologies in the area of two-phase flows via pipelines taking into account the volume concentration of phases, the sizes of particles, etc.;

- Use of the received results at designing and building of hydro-transport systems considerably improves transportation ability and economic efficiency;

**Degree of Embed and Economic Effectivity:** The results of the present research work were used at Management of Unitary Enterprise "Suvsoz" for improvement of operations in sediment bowl and water abstraction facilities and in educational processes as manuals for professional training of students in the respective directions. Economic efficiency is attained as a result of power saving upon removal of river deposits.

**Field of Applications:** Project Institutes, water basins, sediment bowls, educational purposes.