

624.2/8

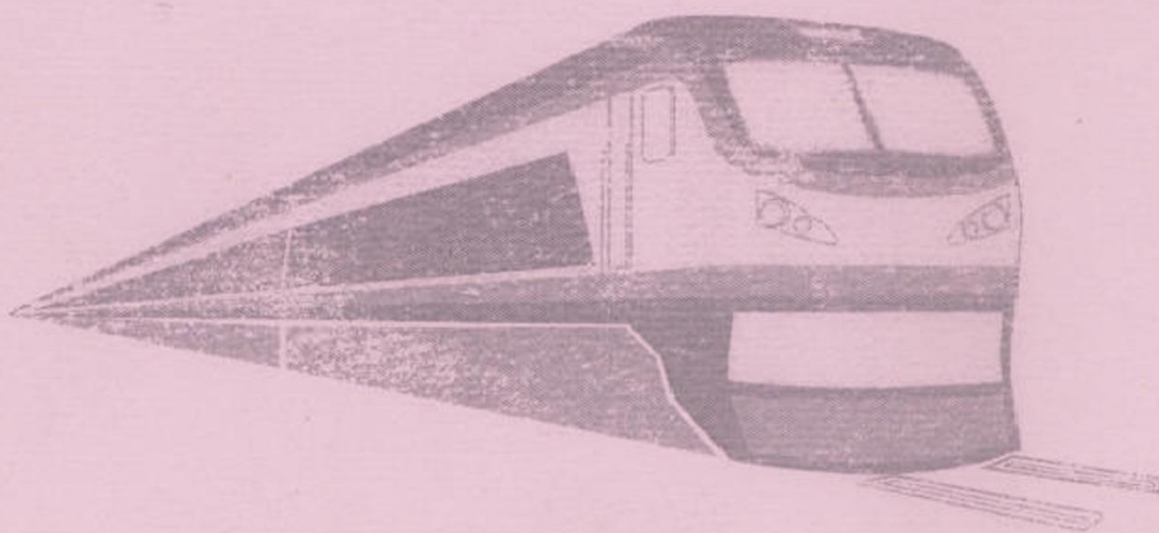
R 26



Ch.S.Raupov, U.Z. Shermuxamedov

QURILISH FANI VA TEXNOLOGIYALARINING ASOSIY YO'NALISHLARI

O'quv qo'llanma



Toshkent-2012

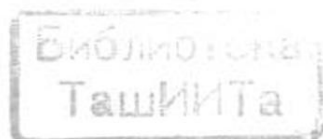
«O'zbekiston temir yo'llari» DATK
Toshkent temir yo'l muhandislari instituti

624.2/8
R 26

Ch.S. Raupov, U.Z. Shermuxamedov

QURILISH FANI VA TEXNOLOGIYALARINING ASOSIY YO'NALISHLARI

5A340603 – «Ko'priklar va transport tonnellaridan foydalanish»
mutaxassisligidagi 1-bosqich magistratura talabalari uchun
o'quv qo'llanma



Toshkent – 2012

713920

Qurilish fani va texnologiyalarining asosiy yo'nalishlari. O'quv qo'llanma. **Ch.S. Raupov, U.Z. Shermuxamedov.** ToshTYMI, T.: 2011, 130 bet.

O'quv qo'llanmada temirbeton paydo bo'lishi va hisoblash usullarining rivojlanishi, elastiklik, plastiklik, salqilik, qurilish mexanikasi, materialshunoslik va konstruksiyalar qarshiligi nazariyalarining asosiy muammolari va ularning tarkibiy qismlari keltirilgan. Hisoblash sonli usullari rivojining asosiy yo'nalishlari, inshootlar dinamikasi va turg'unligi, konstruksiya va inshootlarni hisoblash, sinish mexanikasini konstruksiya va materiallarni hisoblashda tadbiq qilish masalalari, yoriqlar mexanikasi, hamda keyingi tadqiqotlarning istiqbolli muammolari yoritilgan. O'quv qo'llanmada qurilish konstruksiya va inshootlar tadqiqotining zamonaviy eksperimental usullari, hamda ularni hisoblash va loyihalash nazariyasini mukammallashtirish masalalari ko'rib chiqilgan. Mazkur qo'llanmada materiallar texnologiyasi, shu jumladan nanotexnologiya sohasida tadqiqotlarning asosiy yo'nalishlari ham keltirilgan.

5A340603—«Ko'priklar va transport tonnellaridan foydalanish» mutaxassisligidagi magistratura talabalari uchun mo'ljallangan.

Institut o'quv-uslubiy komissiyasi tomonidan nashrga tavsiya etilgan.
Rasmlar – 8; jadval – 1; adabiyotlar – 62.

Taqrizchilar: A.O. Eshonxo'jayev – t. f. d., prof. (TAYI);
O'.E. Raxmonov – t.f.n., dots.

Kirish

“Inson bunyod qiladigan va quradigan narsalar ichida, hayotiy instinktimga bo'ysunib shuni aytamanki, ko'priklardan yaxshiroq va qimmatliroq narsa yo'q” (Ivo Andrich “Insonlarga va Insoniyatga”).

Bugunda, agar qurilish hajmi oshayotgan bo'lsa, agar qurilish materiallariga ehtiyoj bo'lsa, demak qurilish industriyasi mavjud (hayot), yashayapti va yana yashaydi! Shuning uchun rivojlangan, kuchli qurilish industriyasiz qurilishda ham, halq xo'jaligining boshqa tarmoqlarida ham xech qanday siljishlar bo'lmaydi [28].

Bugunda qurilish industriyasi butun dunyodagi kabi, mamlakatimizda ham sodir bo'layotgan murakkab bosqich davrini o'z boshidan o'tkazayapti. Bundan tashqari, qurilish tarmoqlari o'z-o'zini boshqarishga o'tayapti. Xuddi shunga o'xshash o'tish davri G'arbiy Yevropada ham bir necha o'n yillar davomida sodir bo'lgan. Bu shuni yaxshi isbotlaydiki, qurilish tarmog'ining ishtirokchilari bosib o'tadigan yo'l juda ham oddiy emas. Aynan sifatli qurilish materiallarini ishlab chiqish, birinchi navbatda, bino va inshootlar xavfsizligini ta'minlashini hamma juda yaxshi tushunadi.

Oxirgi vaqtlarda loyihalashga har xil sohadan: qidiruvchilar, loyihachilar, texnologlar, ilmiy xodimlar, quruvchilar, ekspluatatsionnik, ekolog va b. lar jalb qilinadigan unikal bino va inshootlar soni oshib borayapti. Fan va texnikaning yutuqlari kengroq qo'llanilmoqda. Ilmiy ishlanmalar natijalari me'yoriy-ma'lumot materiallariga kiritilmoqda. Hayot xavfsizligi, ish va dam olishga ta'sir qiladigan omillarning soni oshib ketmoqda: vaqt davomida o'zgaradigan murakkab grunt sharoitlari; dinamik yuklar; bino va inshoot atrofidagi tajovuzkor muhit; oshib boradigan statik yuk va qurilish jadalligi; yer osti bino, inshoot va kommunikatsiyalari uchun chuqur kotlovanlarni qazish [28].

Vatanimiz va chet el olimlarining ko'p sonli ilmiy ishlarida keltirilgan temirbeton qarshiligining zamonaviy ilmiy nazariyasi tajriba ma'lumotlari va mexanika qonunlari asosida qurilgan, hamda tashqi yuk va ta'sirlar bilan har xil bosqichlarda yuklangan konstruksiyalar kuchlanganlik-deformatsiyaning holatining haqiqiysiga yaqinrog'idan kelib chiqadi. Deformatsiyaning jarayonini temirbeton konstruksiyalarning kuchlanganlik-deformatsiyaning holatiga ta'sirini hisobga olish, materiallarning qarshilik tavsiflarini yetarlicha aniq baholash hozirda temirbeton konstruksiyalarning deformatsiyaning va sinishga qarshiligini nisbatan aniq bashorat qilish imkonini beradi.

Yaqin yillarda, XX asrning 70-yillarida, hisoblash texnikasining tez

rivojlanishi munosabati bilan olimlar orasida illyuziya paydo bo'ldi: qurilish mexanikasining muammolari hal qilindi va uning taraqqiyoti tugadi; endi chekli elementlar tipidagi sonli usullar hamma narsaga qodir. Keyin, chekli elementlar usuli imkoniyatlarining chegarasi aniqlangandan so'ng, ba'zi olimlar tomonidan superelementlar hamma narsani hal qiladi deb ovoza qilindi. Murakkab tizimlarni hisoblash uchun chekli elementlar usuli va hisoblash texnikasining rivojlanishi tufayli yaratilgan imkoniyatlarni inkor qilib bo'lmaydi. Ta'kidlash kerakki, hisoblash sxemalarini tuzatish (korrektirovka qilish) g'oyasi zamonaviy evolyutsion kibernetikaga mos keladi [48]. Ammo o'quv va me'yoriy adabiyotlarda hisobiy modelni takomillashtirishning evolyutsion bosqichi zarurligiga e'tibor qaratilmagan. Aniqroq bo'lishi uchun, hisoblashlarning oxirgi pozitsiyalari (masalan, sharnirli yoki biki birikmalar) ni yoritadigan bir nechta hisobiy sxemalar bo'yicha amalga oshirish maslaxat beriladi. Bunday bir tekis bo'lmagan usul eng yaxshi holda KDH o'zgarishining ba'zi bir chegaralarini o'rnatish imkonini beradi.

Bir necha yil oldin paydo bo'lgan va o'ziga tezlikda ommaviylik va mashhurlikka erishgan "Sinish mexanikasi" termini ikki xil mazmunda qo'llaniladi. Bu terminni sinish mexanikasiga boshlang'ich, qisqa ma'noda tushunishda bizda ham, chet elda ham, ayniqsa AQSh da, oxirgi uch o'n yillikda keng tarqalgan faqat yoriqlarning tarqalishi bo'yicha tadqiqotlarda ishlatishgan. Kengroq ma'noda esa sinish mexanikasi o'z ichiga u jismida ham yoriqlari mavjudligi, ham yoriqlari bo'lmaganligini hisobga olib konstruksiya va inshootlarning mustahkamligini o'rganish bilan, hamda yoriqlar rivojlanishining har xil qonuniyatlarini tadqiqoti bilan bog'liq fanning materiallar qarshiligi to'g'risidagi qismini oladi. Bu yerda biz aynan shunaqa keng ma'noda sinish mexanikasini tushunamiz [4–9, 12, 13–17, 25, 26]. Sinish mexanikasi muammosida yoriqlarning rivojlanish yo'li bilan sodir bo'ladigan sinishning mo'rt va kvazimo'rt nazariyasiga alohida o'rin ajratiladi.

Hozirgi vaqtda qurilish fanlari bino va inshootlar holatini ob'ektiv baholash imkonini beradigan usul va mablag'ning boy zaxirasi (arsenali) ga ega. Hozirgi vaqtda mamlakatimiz sanoati tomonidan vibratsiya va tebranishlarni o'lchash uchun ko'pgina har xil asbob (pribor) lar ishlab chiqariladi, jumladan akselerometr, vibrometr, magnitograf, vibrostendlar, hamda tenzorezistor, datchiklar – o'zgartgich va kuchaytirgichlar bilan deformatsiyalarni o'lchash uchun priborlar. Bularning hammasi sinash tizimlarini priborlar bilan ta'minlash va eksperimental tadqiqotlarni o'tkazish jarayonida olinadigan ma'lumotlarni ob'ektiv tahlili bilan bog'liq asosiy muammoning yechimini hal qiladi [4–9].

Zamonaviy betonshunoslikning dolzarb muammolaridan biri – dunyo ilmiy jamiyatida "High Performance Concrete" nomini olgan betonlarning yangi avlodini qo'llash va mukammallashtirish. Bunday betonlarning paydo bo'lishi qurilishda yangi asrni ochdi. Ularning ajoyib xususiyatlari: yuqori mustahkamlik va chirishga chidamliligi, suv o'tkazmasligi va sovuqbardoshligi, boshqariladigan (to'g'rilanadigan) deformativligi – shunday qurilish ob'ektlarini yaratish imkonini berdiki, yaqinlarda bu to'g'risida orzu qilish ham qiyin edi. Markazlari oralig'i 1990 m bo'lgan Yaponiyadagi Akasi bo'g'ozi orqali o'tgan ko'pri, La-Mansh ostidagi tunnel, Chikagodagi 125 qavatli osmono'par bino va sh. o'. larni eslatish yetarli.

Qurilish materialshunosligining kelajagi ko'proq nanotexnologik qarashlarni qo'llash bilan bog'liq "pastdan–yuqoriga" yig'ish yoki o'z-o'zini yig'ishni ko'zda tutadigan zamonaviy qurilish materiallari strukturasining shakllantirish bosqichlarini, ya'ni strukturasining shakllanish bosqichiga nanoo'lcham sathidan boshlab nazorat qiladigan va boshqariladigan ta'sir ko'rsatishdan iborat material yoki buyumning dizaynini qo'llash. Bunday yo'lning natijasi tarkibi bo'yicha yangi, va strukturasini hamda xossasi bo'yicha sifati bilan farqlanadigan me'moriy bichim (forma) lar, sanoat va fuqarolar uchun mo'ljallangan ob'ektlar konstruktiv yechimlari rivojining zamonaviy yo'nalishlariga javob beradigan, konstruksion, issiqlikni izolyatsiya qiladigan, suvoq va boshqa materiallarni olish imkonini beradi [35].

BOB I.

Qurilish materiallari va konstruksiyalarining deformatsiyalanishi va mustahkamligi

1.1. Temirbetonning paydo bo'lishi va rivojlanishining qisqacha tarixiy bayoni

Qurilish – bu bino, muhandislik inshootlari (ko'prik, yo'l, aedromlar) ni, hamda ular bilan bir vaqtda quriladigan ob'ektlar (muhandislik tarmoqlari, kichik me'moriy bichim va sh. o'lar) ni barpo qilishga yo'naltirilgan inson faoliyatining ko'rinishi. Qurilish insoniyat rivojining dastlabki bosqichida o'zining extiyoji uchun atrof muhitni maqsadli o'zgartirish yoki moslashtirish bo'yicha odamning instinktiv (g'ayri ixtiyoriy) ravishdagi faoliyati kabi paydo bo'ldi. Hozirgi vaqtda qurilish texnik, iqtisodiy, huquqiy va sotsial jihat (aspekt) larining kesishida joylashgan murakkab va ko'pqirrali jarayonlarni ifoda etadi [57].

Qadim zamonlarda malakaviy qurilish ko'nikmalari shogird, usta yordamchisining bevosita ishida o'rgatilgan. Bilish mahoratining tarqatilishi bino va inshootlar qurilishi tabiatiga ko'ra jamoa ishiga aylanishiga imkon yaratdi. Qurilishning birinchi malakaviy rahbarlari ustalar, ishlarni tashkil qiluvchilar, arxitektorlar bo'lgan. Boshlanishida hisoblash, loyihalash va qurilishning empirik, keyin esa ilmiy asoslangan usullari kashf etilishi bilan malakaviy o'quv yurtlari tashkil etila boshlandi. Boshqarmaning past va o'rta bo'g'inlari uchun qurilish ishlari bo'yicha maktablar, hamda texnik-quruvchilarni tayyorlash bo'yicha kurslar tashkil etila boshlandi. Shulardan birinchi Fransiyada qurilish bilim yurti Blondel tomonidan 1740 yilda tashkil etilgan edi [57].

Qurilish konstruksiyalari, shu jumladan temirbeton paydo bo'lishi va rivojlanishi jamiyatning moddiy hayoti sharoitlari, ishlab chiqaruvchi kuchlar va ishlab chiqarish munosabatlarining rivojlanishi bilan uzluksiz bog'langan. Temirbetonning paydo bo'lishi XIX asrning ikkinchi yarmida ko'p sonli fabrika, zavod, ko'prik, port va boshqa inshootlarni qurishga ehtiyoj sodir bo'lganda, sanoat, savdo va transportning jadal o'sishi davriga to'g'ri keladi. Bu vaqtga kelib temirbetonni ishlab chiqarishning texnik imkoniyatlari mavjud edi – sement sanoati va qora metallurgiya yetarlicha taraqqiy etgan edi.

Temirbetonning dastlabki qo'llanishi Fransiya va boshqa davlatlarda temirbeton bo'yicha ixtirolariga bir necha patent olgan parijlik bog'bon Mone ismi bilan bog'lik deb hisoblanadi; u birinchi patentini sementli

rastvor bilan qoplangan simli to'rdan tayyorlangan gul tuvagiga 1867 yilda olgan [57]. Haqiqatda esa po'lat armaturali beton konstruksiyalar oldin ham barpo etilgan. Temirbetonning paydo bo'lish davri (1850–1885) Fransiyada (Lambao, 1850 y.; Kune, 1854 y.; Mone, 1867–1880 yy.), Angliyada (Uilkinson, 1854 y.), AQSh da (Giatt, 1855–1877 yy.) birinchi armaturalangan betonning yaratilishi bilan izohlanadi.

Temirbeton o'zlashtirish davrida (1885–1917 yy.) alohida hollarda iqtisodiy tomondan yetarlicha taraqqiy etgan mamlakatlar – Angliya, Fransiya, AQSh, Germaniya, Rossiyada tadbiqini topdi. Temirbeton ishlab chiqarish binolarining orayopmalarida, yer osti quvur, quduq, devor, rezervuar, ko'prik, yo'l o'tkazgich, estakada, fortifikatsion va boshqa inshootlarda qo'llanildi.

Temirbetonni hisoblashning birinchi nazariy asoslari va ularni loyihalash tamoyillarining yaratilishi Konsider, Genebik (Fransiya), Kyonen, Myorsh (Germaniya) va b. tadqiqotchi va muhandislar ishlari tufayli amalga oshdi. XIX asr oxirida temirbetonning hisoblash nazariyasi elastik materiallar qarshiligiga asoslangan ruhsat etilgan kuchlanish bo'yicha umumiy ko'rinishda yig'ildi.

MDH davlatlarida temirbeton konstruksiyalar chet el tajribasi va yurtimiz amaliyoti ta'sirida rivojlana boshladi [57]. Yurtimiz amaliyoti uchun Beleyubskiy tomonidan 1891 yilda o'tkazilgan konstruksiyalar seriyasining ko'rgazmali tajribalari (plita, rezervuar, gumbaz, quvur, yig'ma omborxona (zakrom) va gumbazli ko'priklar); temirbetonning konstruktiv shakllarini mukammallashtirish, aynan N.N. Abramovning "oboymadagi beton" ko'rinishidagi ustunlarni spiral armaturalash, V.P. Nekrasovning siqiladigan elementlarni qiya (bilvosita) armaturalash, A.E. Strausning qoqiladigan betonli va temirbetonli qoziqlarni ishlab chiqish, A.F. Loleytning (1909 y.) to'sinsiz orayopmalarni loyihalash va hisoblash, N.I. Molotkovning yig'ma temirbetonli tekis (yassi) (butun va bo'ylama bo'shliqli) plitalari bo'yicha takliflari hamda I.S. Podolskiy, G.P. Peredern, S.Y. Drujinin, G.G. Krivoshein, A.B. Ashrablovlarning original ishlari katta ahamiyatga ega bo'ldi.

MDH davlatlari, G'arbiy Yevropa va Amerika qurilish texnikasida temirbeton XIX asrning oxiriga kelib ko'zga ko'rinarli o'rin egallay boshladi. MDH davlatlarida temirbetonni taraqqiy etishiga prof. N. A. Beleyubskiyning xizmatlari katta, uning rahbarligida bir qator inshootlar ko'tarildi va har xil temirbeton konstruksiyalar ustida tajriba o'tkazildi. XX asrning boshida beton texnologiyasi, beton va temirbeton ishlari, temirbetonni qo'llash orqali inshootlarni loyihalash masalalarini taniqli rus olimlari – professor I.G.Malyug, N.A.Jitkevich, S.I.Drujinin,

N.K.Laxtinlar ishlab chiqdilar.

Muhandis N.M. Abramov va A.F. Loleytlar tomonidan tavsiya etilgan original konstruksiyalar paydo bo'ldi. RF da beton va temirbetondan tayyorlangan temirbeton bo'yicha rossiya mutaxassislari uchun amaliy maktab hisoblangan birinchi yirik inshoot Volxovsk GES bo'ldi. Undan keyingi yillarda temirbeton jadal suratlar bilan qo'llana boshlandi. Temirbeton ishlab chiqarishining jadallashishiga bu yangi qurilish materialidan tayyorlangan konstruksiyalarni hisoblash nazariyasi rivojidagi jiddiy yutuqlar ta'sir ko'rsatdi.

MDH davlatlarida 1938 yildan boshlab temirbeton konstruksiyalarni mustahkamlikka sinish bosqichi bo'yicha hisoblashning A. F. Loleyt taklifi asosida rossiya olimlari A.A. Gvozdev, Ya.V. Stolyarov, V.I. Murashyov va b. lar tomonidan ishlab chiqilgan ilg'or usuli amaliy qo'llana boshlandi. Qurilishning taraqqiy etishi bilan temirbeton konstruksiyalarni elastik materiallar kabi ruhsat etilgan kuchlanishlar bo'yicha hisoblash usulining kamchiliklari ochiq ko'zga ko'rina boshladi. Bu kamchiliklarni yo'q qilish uchun 1931 yilda A.F. Loleyt temirbetonni sindiruvchi kuch bo'yicha hisoblash yangi nazariyasining asosiy qoidalarini oldinga surdi. Bunda temirbeton to'sin egilishining sinish bosqichida armatura va betonda sodir bo'ladigan plastik deformatsiyalar oqibatida kuchlanish o'zining chegaraviy qiymatiga erishadi, bu esa sindiruvchi moment qiymatini aniqlaydi.

Bu usul temirbeton konstruksiyalarni chegaraviy holat usuli bo'yicha hisoblashda har taraflama rivojini oldi. Temirbeton nazariyasida MDH davlatlari olimlarining yutuqlari har tomonlama tan olindi va ko'pgina chet davlatlarda qo'llanila boshlandi. Temirbetonning keyingi mukammallashi-shi va uning qo'llanish sohasining kengayishi keng doirada ilmiy-tadqiqot ishlarini o'tkazish bilan bog'liq.

Yangi nazariyani tekshirish uchun A.A. Gvozdev rahbarligida (SNIIPS oldingi ruscha nomi) AYMITI temirbeton konstruksiyalar laboratoriyasida temirbeton konstruksiyalarni hisoblashning tamoyilli yangi nazariyasini tuzish imkonini berdi, keng miqyosda eksperimental va nazariy tadqiqotlar o'tkazildi. Ko'taruvchanlik xususiyati bo'yicha hisoblash nomarkaziy siqilgan element (M.S. Borishanskiy) va bikr armaturali konstruksiyalarda (A.P.Vasilev) ham qo'llanildi. Bu nazariya yangi me'yoriy va texnik shart-lar (NiTU-38) asosida o'z aksini topdi, unga muvofiq MDH davlatlarida chet davlatlariga nisbatan bir necha o'n yil oldin temirbeton elementlarni sinish bosqichi bo'yicha hisoblash amalga oshirila boshlandi [57].

Boshlang'ich davrida temirbeton MDH davlatlarida, ayniqsa, sanoat va gidrotexnik qurilishida keng qo'llana boshlandi. Bir vaqtda MDH davlatlarida qurilish bo'yicha temirbeton va beton sohasida tadqiqot olib

boradigan ilmiy-tekshirish institutlari va laboratoriyalar tashkil etila boshlandi.

Yangi konstruktiv yechimlarni o'zlashtirish ko'p oraliqli to'sin va ramalarni (I.M. Rabinovich, B.N. Semochkin va b.), qobiqlarni (V.3. Vlasov, Sh.A. Gvozdev, P. L. Pasternak va b.), plita va plastinkalarni hisoblash nazariyasini jadal ishlab chiqish bilan kuzatildi.

Yig'ma temirbetonni qurish tajribasi qurilish industrializatsiyasi va sanoat binolarining yuk ko'taruvchi konstruksiyalarini yagona bo'ylama qadami (6 m) negizida o'rnatilgan oraliq (12, 15, 18, 21, 24, 17, 30 m) o'lchamlari asosida konstruktiv elementlarning standartizatsiyasi tamoyillarini hisobga olib 1933 y. AYMITI da (SNIIPS, Moskva) ishlab chiqilgan "Yig'ma temirbeton konstruksiyalar bo'yicha vaqtinchalik yo'riqnoma" da umumlashtirildi. Yig'ma temirbeton sohasida birinchi yutuqlar S.S. Davidov, A.P. Vasilev, K.V. Saxnovskiy, V.A. Bushkov-laning ishlarida yoritilgan [57]. Beton qorishmasi, uni tashish va yotqizish usullarining texnologiyasi (N. M. Belyayev, B. G. Skramtayev, I. P. Aleksandrovskiy va b.) mukammallashtirildi, qishda betonlash usullari ishlab chiqildi, qoliplar standartlashtirildi.

MDH davlatlarida temirbeton nazariyasi va amatiyoti rivojiga A.A.Gvozdev, V.I.Murashev, P.L.Pasternak, B.V.Mixaylov, O.Ya.Berg, Ya.V.Stolyarov, A.B.Ashrabov va b. olimlar tomonidan o'tkazilgan tadqiqotlar katta o'rin egalladi. Ularning shaxsiy hamda ular boshqargan jamoa tadqiqot va ishlari ko'pgina murakkab muammolarni yechish imkonini berdi.

Yangi, birmuncha takomillashgan, XIX asrning oxiridayoq aytilgan, oldindan zo'riqtirilgan temirbetonni barpo etish g'oyasi o'tgan asrning 30-yillarida Freysine (Fransiya), Xoyer (Germaniya) va b. larning ishlari tufayli amaliy ahamiyatini topdi. MDH davlatlarida oldindan zo'riqtirilgan temirbetonning barpo bo'lishi 1930 yilda, V.V. Mixaylov tomonidan keng eksperimental tadqiqotlar o'tkazilgan davrga to'g'ri keladi. Tez orada oldindan zo'riqtirilgan konstruksiyalarni hisoblash va loyihalash nazariyasi masalalari bilan ko'pgina olimlar (S.A. Dmitriyev, A. P. Morozkin va b.) shug'ullana boshlashdi [57].

1940 yildan boshlab V.I. Murashev temirbetonning yoriqbardoshligi va bikrligi nazariyasini yaratadi. Temirbeton nafaqat sanoat va gidrotexnik qurilish asosi bo'lib, balki turar joylari, shahar, issiq energetika, transport, yo'l, qishloq xo'jaligining ham asosi bo'lib qoldi. Yig'ma temirbetonning qo'llanishi qurilish industriyasida to'ntarish sodir qildi.

Temirbeton konstruksiyalarning zavodda tayyorlash texnologiyasi paydo bo'ldi. Qo'llaniladigan materiallar mustahkamligi oshdi. Montaj

qilishning yangi mexanizatsiyalashgan parklari tashkil qilindi. Chegaraviy muvozanat usuli bo'yicha noelastik deformatsiyalarni hisobga olib statik noaniq temirbeton konstruksiyalarni hisoblash sohasida ahamiyatli yuksalishlarga erishildi (A.A. Gvozdev, M. Krilov va b. larning ishlari). Betonning salqilik nazariyasi tadqiqotlari I.I. Ulitskiy, M.X. Arutyunyan va b.lar tomonidan urinib ko'rilgan, keyinchalik esa A.A. Gvozdev, I.Vasilev, S.V. Aleksandrovskiy va b. larning ilmiy ishlari tufayli ancha oldinga surildi [57].

Yer osti inshootlarini har xil maqsad va vazifadagi metropoliten, tonnelarni hisoblash va loyihalashni S.S. Davidov va b. lar ilmiy ishlarida keltirilgan yangi g'oyalar bilan to'ldirildi. O'tgan asrning 50-yilarida yuqori harorat ta'siridagi olovbardosh temirbeton konstruksiyalarni hisoblash va loyihalash nazariyasi ishlab chiqildi (V. I. Murashev, A. F. Milovanov va b.) [57].

Bu davrda konstruktiv shakllar butunlay tayyor yig'ma qurilishga o'tish va oldindan zo'riqtirilgan konstruksiyalarni o'zlashtirish munosabati bilan katta o'zgarishlarga uchradi, u hozirgi vaqtda deyarli hamma qurilish industriasining zavodlarida yo'lga qo'yilgan, zavodda tayyorlangan yig'ma elementlardan yasalgan ko'p qavatli sinchli panelli binolarning yangi temirbeton konstruksiyalari hisoblanadi, ularni hisoblashning yangi nazariyalari ishlab chiqilmoqda. Tipovoy (bir xil rusumli) konstruksiyalarni loyihalash tashkillashtirildi, yig'ma temirbetonli buyumlarni ommaviy ishlab chiqish va tadbiq qilish uchun ularning terminlar majmui (nomenklaturasi) tuzildi.

Temirbeton nazariyasi sohasidagi keyingi rivojlanish MDH davlatlarida nashrdan chiqqan va 1955 yildan boshlab qo'llaniladigan "Beton va temirbeton konstruksiyalar" QMQ boblarida asosidan joy olgan konstruksiyalarni yagona chegaraviy holat usuli bilan hisoblash bo'ldi.

Me'yorlarda (yuqorida keltirilganlardan tashqari) K.V. Mixaylov va N.M. Mulinlarning armaturalarning yangi turi; S.A. Dmitriyev va b. larning temirbeton elementlarni hisoblash bo'yicha; Vasilev, G.I. Berdicheskiy, A.S. Zalesov, N.I. Karpenko, G.K. Xaydukov, Yu.P. Gushi va b. larning konstruktiv yechimlari; S.A. Mironov, V.M. Moskvina hamda boshqa olimlarning tadqiqotlari umumlashtirildi [57].

Bu davrning o'ziga xos xususiyati — oliy o'quv yurtlarining konstruksiyalarni yangi turini ishlab chiqishi, tadbiq qilishi va temirbeton nazariyasining ko'pgina masalalarida ishtirok etishi bo'ldi. Bunga misol bo'lib V.N. Baykovning yig'ma konstruksiyalarning yassi va fazoviy tizimlardagi birgalikdagi ishi, P.F. Drozdov va E.Ye. Sigalovlarning ko'p qavatli fuqaro binolari konstruksiyalarini hisoblash nazariyasi, K.K.

Antonovning temirbeton konstruksiyalarni loyihalash bosqichidagi ularning iqtisodi, I.A. Trifonovning estakada-ko'prik tipidagi konstruksiyalar oraliq qurilmalarining fazoviy ishi, N.N. Popovning impulsli dinamik ta'sirlardagi temirbeton konstruksiyalar, N.N. Skladnevning temirbeton konstruksiyalarni optimallashtirish, S.S. Davidovning polimerbetonlar va ularning tadbiqi, A.M.Ovechkinning gumbazlarning chegaraviy holati, V.M. Bondarenkoning temirbeton nochiziqli nazariyasining muhandislik usullari, G.I.Popovning maxsus betonlar qo'llangan konstruksiyalar qarshiligining o'ziga xos xususiyatlari, N.Ya. Panarinning beton salqiligi masalalari, A.P.Pavlovning ba'zi bir fazoviy qoplamalarning kuchlanganlik holati, G.N.Shorshnevning tarkibida armatura miqdori ko'p bo'lgan temirbetonli maxsus konstruksiyalar, M.S.Toryanikning qiya egilish va nomarkaziy siqilish, A.A.Oatulning armaturaning beton bilan tishlashishi, A.P.Kudzisning sentrifugalangan (markazdan qochirma kuch tasirida qorishmani mexanik ravishda ajratmoq) temirbeton elementlarning xossalari, R.L.Mailyan va V.V.Pinadjyanlarning tabiiy yengil to'ldirgichli temirbeton konstruksiyalar kabi ishlar bilan oliy o'quv yurtlarining qatnashishi xizmat qiladi [57].

Loyihalash amaliyoti va ilmiy tadqiqotlarni hisobga olib, me'yorlarning tubdan o'zgarishi 1971–1975 yy. da amalga oshdi. 1938 y. QMQ P–21–75 ning bobida yangi o'zgartirishlar kiritildi, belgilar yangi standartga muvofiq qabul qilindi.

Qurilish industriyasi va qurilish materiallari sanoatini texnik mukammallashtirish hamda xalq ho'jaligi ehtiyojlari talablarini ta'minlash darajasigacha rivojlantirish bo'yicha quruvchi va loyihachilar oldiga qo'yilgan keyingi vazifalar ilmiy-texnik taraqqiyot yutuqlari, qurilish industriyasini mukammallashtirish va rivojlantirish, qurilishga zavodda tayyorlangan yig'ma konstruksiyalarni qo'llash, kapital qurilish hajmining oshishi, sifatining yaxshilanishi va narhining kamayishi asosida hal qilinadi.

1.2. Elastiklik va plastiklik nazariyasining asosiy muammolari

Elastiklik va plastiklik nazariyasi fizik ta'sirlar keltirib chiqaradigan, va bunda ham ularning tinch holatida, ham harakatdaligida ichki kuchlarni sodir qiladigan qattiq jismlar deformatsiyasini o'rganadigan mexanikaning bo'limi hisoblanadi. Bunday masalalar materiallar qarshiligida ham yechiladi. Ammo elastiklik va plastiklik nazariyasi hamda materiallar qarshiligi orasida jiddiy farq mavjud, u avvalambor masalalarning dastlabki shartlari va ularni yechish usullaridan iborat [21].

Elastiklik va plastiklik nazariyasining asosiy dastlabki shartlari ancha

farqlanadi va usullarini shakllantirish uchun, materiallar qarshiligiga nisbatan qat'iy matematik apparatlardan foydalaniladi.

Materiallar qarshiligi usullari bilan yecha olinmagan masalalarni elastiklik va plastiklik nazariyasida yechiladi. Bundan tashqari, elastiklik va plastiklik nazariyasi usullari materiallar qarshiligi usullarida ko'riladigan masalalarning yechish aniqligini baholash imkonini beradi.

Elastiklik va plastiklik nazariyasida taqribiy (taxminiy) usullar ham qo'llaniladi. Shuning uchun elastiklik va plastiklikning matematik va amaliy nazariyalari bilan farqlashadi, shu bilan birga, oxirgisida tegishli taxmin (faraz) lar kiritiladi va masalalar taqribiy yechiladi.

Elastiklik va plastiklik nazariyasi rivojlanishining qisqacha tarixiy bayoni. Mexanikaning mustaqil bo'limi sifatida elastiklik va plastiklik nazariyasini yaratishda XVII va XVIII asr olimlarining ishlari katta xizmat qildi. XVII asrning boshlaridayoq G. Galiley (1564–1642) sterjenlarning egilishi va cho'zilishi to'g'risidagi masalalarni yechishga urinib ko'rdi. U birinchi bo'lib muhandis-qurilish masalalariga hisob-kitobni kiritishga harakat qilgan olimlardan hisoblanadi [21].

Galileydan keyin yupqa va elastik sterjenlarning egilishi to'g'risidagi nazariya bilan Mariott, Yakov Bernulli, Kulon, Eyler kabi yetakchi olimlar shug'ullanishdi, shu jumladan elastiklik nazariyasini fan sifatida shakllanishini R. Guk, Yung, Lagranj, Sofi Jermenlarning ishlari bilan bog'lash mumkin.

Robert Guk (1635–1703) 1678 yilda o'zi aniqlagan cho'zilishda yuk va deformatsiya orasidagi mutanosiblik qonunini nashr qilib, elastik jismlar mexanikasiga asos soldi.

Tomas Yung (1773–1829) XIX asrning boshidayoq cho'zilish va siqilishda elastiklik moduli tushunchasini kiritdi. U cho'zilish yoki siqilishdagi deformatsiya va siljish deformatsiyasi orasidagi farqni o'rnatdi.

Bu vaqtlarga J. Lagranj (1736–1813) va Sofi Jermen (1776–1831) larning ishlari ham to'g'ri keladi. Ular elastik plastinkalarning egilishi va tebranishi to'g'risidagi masalalar yechimini topishdi. Keyinchalik S. Puasson (1781–1840) va Nave (1785–1836) lar plastinkalar nazariyasini takomillashtirdi.

Shunday qilib, XVIII asrning oxiri va XIX asrning boshida materiallar qarshiligining asoslariga tamal toshi qo'yildi va elastiklik nazariyasi uchun zamin yaratildi. Texnikaning jadal rivojlanishi matematika oldiga ko'p sonli texnik masalalarni qo'ydi, bu esa elastiklik nazariyasining jadal o'sishiga olib keldi. Juda ko'p murakkab muammolardan biri elastik materiallar xossalarining tadqiqoti bo'ldi. Bu muammoning yechilishi

tashqi yuk ta'siri ostida elastik jismda sodir bo'ladigan ichki kuch va deformatsiyalarni chuqurroq va to'la o'rganish imkonini berdi [21].

Elastiklik nazariyasi masalalarini yechishning katta matematik qiyinchiliklari XIX asrning ko'pgina Lamé, Klapéyron, Poisson, Navier va b. kabi matematik va olimlarni e'tiborini o'ziga jalb qildi.

Elastiklik nazariyasining keyingi rivojlanishi O. Koshi (1789–1857) ning ishlarida o'z aksini topdi, u asosiy tenglamalarni keltirib chiqarishni qisqartirish yo'li bilan, deformatsiya va kuchlanish tushunchalarini kiritdi.

1828 yilda o'sha vaqtda Peterburg aloqa yo'llari institutida dars bergan fransuz G. Lamé (1795–1870) va B. Klapéyron (1799–1864) olimlari ishlarida elastiklik nazariyasining asosiy matematik apparati o'z yakuniga yetdi. Ularning ishlarida amaliy muammolarning yechimi uchun umumiy tenglamalarning izohi berilgan [34].

Elastiklik nazariyasining ko'pgina masalalari Sen-Venant ismi bilan nomlanadigan, u oldinga surgan prinsip (qonun-qoida) dan so'ng o'z yechimini topdi, u elastiklik nazariyasi masalalarini yechishning samarali usulini taklif etdi. Lyav so'zi bo'yicha uning xizmati yana shundan iboratki, u to'sinning buralish va egilish muammosini umumiy nazariya bilan bog'ladi.

Agar fransuz matematiklari ko'proq nazariyaning umumiy muammolari bilan shug'ullanishgan bo'lsa, MDH davlatlarining olimlari esa ko'proq dolzarb amaliy masalalarni yechish bilan bu fanning rivojlanishiga katta xissa qo'shdilar.

1828 yildan 1860 yilgacha Peterburg texnik oliy o'quv yurtlarida matematika va mexanikadan M.V. Ostrogradskiy (1801 – 1861) dars berdi. Uning elastik sharoit (muhit) da sodir bo'ladigan tebranish masalalari bo'yicha tadqiqotlari elastiklik nazariyasining rivojlanishi uchun katta ahamiyatga ega bo'ldi. M.V. Ostrogradskiy atoqli olim va muhandislar guruhini tarbiyaladi. Ular orasida D.I. Juravskiy (1821–1891) aytish mumkin, u o'shanda quriladigan Peterburg–Moskva temir yo'lida ishlab, nafaqat ko'priklarning yangi sxemasini, balki ko'prik fermalarini hisoblash nazariyasini ham yaratdi va egiladigan to'sinda urinma kuchlanish uchun formulalarni keltirib chiqardi [21].

A.V. Gadolin (1828–1892) Lamé masalasini artilleriya quroli stvolida sodir bo'ladigan kuchlanishlar tadqiqotiga qo'lladi, bu bilan u birinchilardan bo'lib aniq muhandislik masalasiga elastiklik nazariyasini qo'lladi.

XIX asrning oxirlarida yechilgan boshqa masalalardan yana biri sifatida X.S. Golovinning (1844–1904) elastiklik nazariyasi usuli bilan erishilgan egri brusning aniq hisoblash ishini qayd qilish mumkin, u taxminiy yechimlar aniqliq darajasini topish imkonini berdi. F.S. Yasinskiy

(1856–1899) ishini ham ahamiyati kam emas, elastiklikning amaliy masalalari, va xususan, siqilgan sterjenlar turg'unligi masalalari bilan shug'ullandi [21].

Kompleks o'zgaruvchilar funksiyasi nazariyasini qo'llashga asoslangan elastiklik nazariyasining tekis (yassi) masalalarini yechish usuli G.V. Kolosov (1867–1936) tomonidan tavsif etilgan. Keyinchalik bu usul N.I. Muskhelishvili tomonidan rivojlantirildi va umumlashtirildi [21].

Yupqa devorli fazoviy sterjenlar, qat-qatli tizim va qobiqlarning umumiy nazariyasi bo'yicha V. Z. Vlasovning (1906–1958) ishlari kapital (bosh) amaliy ahamiyatga ega.

Elastiklik klassik nazariyasining asosiy tamoyillari. Fanning zamonaviy holati (imkoniyati) real jismlar tuzilishining hamma o'ziga xos xususiyatlarini e'tiborga oluvchi hisoblashning umumiy usulini yaratish imkonini bermaydi. Shuning uchun elastiklikning klassik nazariyasi o'zining hamma hulosalarini deformatsiyalanadigan qattiq jismlarning ba'zi bir modelida quradi. Yuqorida aytganimizdek, bunday modelga ideal elastik jism kiradi. Bunday modelning asosiy xossalarini ko'rib chiqamiz [21].

Ideal elastik jism tamoman elastik deb taxmin qilinadi. Tamoman elastik deb qattiq jismning ichki kuchlar sodir bo'lishi bilan bog'liq fizik kuchlar ta'siri ostida o'zining shakli va hajmini o'zgartirish, va bu ta'sirlarni bartaraf etgandan so'ng boshlang'ich holatini to'la tiklash xossasi tushuniladi. Jismning boshlang'ich holati shunday taxmin qilinadiki, unda yuklar mavjud bo'lmaganda xech qanaqa kuchlanishlar sodir bo'lmaydi. Jismning bunday holatini, odatda, tabiiy holati deb nomlashadi. Jismning tabiiy holati to'g'risidagi taxmin tabiati va qiymati, qoidaga ko'ra, bizga noma'lum va jismning paydo bo'lish tarixiga bog'liq bo'lgan boshlang'ich kuchlanishlarni ko'rib chiqishni inkor etadi.

Ideal elastik jismda jism yuki va uning deformatsiyasi orasida chiziqli bog'liqlik mavjudligi taxmin qilinadi, u vaqtga bog'liq bo'lmagan holda har bir harorat uchun kuchlanish va deformatsiya orasida bir xil bog'liqlikni o'rnatish imkonini beradi.

Ideal elastik jism butun deb taxmin qilinadi, ya'ni deformatsiyalanishigacha butun (yaxlit), deformatsiyalangandan so'ng ham u butun bo'lib qoladi. Jismning har qanday hajmi, shu jumladan, mikrohajmlar bo'shliq yoki uzluksizlikning uzilishlariga ega emas. Bu jism nuqtasi deformatsiya va siljishlarini koordinatalarning uzluksiz funksiyasi sifatida qarash imkonini beradi. Shu bilan birga, moddalarning atomistik strukturasi va jismni tashkil qiluvchi alohida molekulalarning harakati e'tiborga olinmaydi [21].

Ideal elastik jism birjinsli deb faraz qilinadi. Bu, demak, jismning

hamma nuqtasida bir xil kuchlanish ta'siri ostida bir xil deformatsiyalanish sodir bo'ladi. Birjinslilik to'g'risidagi taxmin jismning butun hajmi bo'ylab doimiy bo'lgan uning elastiklik xossasini xarakterlaydigan qiymatini hisoblash imkonini beradi. Ideal elastik jism izotrop deb faraz qilinadi. Bu shunday tushuniladi: jismning elastik xossasi berilgan nuqtadan o'tkazilgan hamma yo'nalish bo'yicha bir xil, jism zarrachasi (bo'lagi) dan o'tadigan har qanday tekislik uning uchun simmetriya tekisligi hisoblanadi. Agar jismning hamma zarrachalarida bu xossalar bir xil bo'lsa, unda bir xil izotrop jism tushunchasiga kelamiz.

Klassik chiziqli qurilish mexanikasi va elastiklik nazariyasidan keng foydalanish imkoniyati ikkita asos bo'ladigan tamoyillarini taxmin qilish bilan cheklanadi: uzayish, siljish va buralish burchagining arzimagan qiymati va bir xil tartibi to'g'risida, hamda Gukning umumlashtirilgan qonuni to'g'risida. Bu taxminlarning birortasini rad etish elastiklikning nochiziqli nazariyasi variantiga olib keladi [4-10, 12, 14-17, 13-14, 25]. Guk qonunini kuchlanish va deformatsiya orasidagi nochiziqli bog'liqlik bilan almashtirish *fizik nochiziqlikning* mohiyatini tashkil etadi.

Siljishlarning arzimagan qiymatini taxmin qiladigan deformatsiyalanmaydigan holati bo'yicha hisoblashning dastlabki shartlarini rad etish, konstruksiya shakli va o'lchamlari o'zgarishini uning kuchlanganlik-deformatsiyalanish holatiga ta'siri bilan bog'liq *geometrik nochiziqlilikni* hisobga olish zaruratini keltirib chiqaradi. Deformatsiyalanish jarayonida konstruktiv o'ziga xos xususiyati oqibatida konstruksiyaning hisobiy sxemasi o'zgarishi mumkin (masalan, yangi bog'lanishlar sodir bo'lishi yoki eski bog'lanishlar uzilishi mumkin). Bunday hollarda konstruksiyaning *konstruktiv nochiziqliligi* to'g'risida gapiriladi.

Uch xil ko'rinishdagi – fizik, geometrik va konstruktiv nochiziqlilikni ko'rib chiqish qurilish mexanikasi mazmunini oliy darajada boyitadi va bir vaqtda u asosida olinadigan yechimlarni murakkablashtiradi. Shunga yarasha nochiziqli tizimning deformatsiyalanish energiyasi kvadratik shaklga ega emas, shuning uchun superpozitsiya tamoyilini va shu tamoyilga asoslangan qurilish mexanikasining klassik teoremasini qo'llash mumkin emas. Umumiy masalaning ayrim hollarini ko'rib chiqishga to'g'ri keladi, unda hisoblashning maqsadi va konstruksiyaning o'ziga xos xususiyatlariga bog'liq holda bir vaqtda nochiziqlilikni bu uchta turining hammasi emas, ulardan ba'zilar hisobga olinadi.

Bu masala V.V. Novojilov tomonidan ishlab chiqilgan, bunday masalalarning to'rt turini ko'zda tutuvchi, hammaga ma'lum elastiklikning nochiziqli nazariyasi masalalarini tasniflash (sinflash) uchun asos bo'lib xizmat qildi: 1) *fizik va geometrik chiziqli*; 2) *fizik nochiziqli, geometrik*

chiziqli; 3) fizik chiziqli, geometrik nochiziqli; 4) fizik va geometrik nochiziqli. Bu tasniflash unga konstruktiv nochiziqlilik tushunchasini kiritish bilan kengayadi. Fizik nochiziqlilik bilan masalalarning yechimini yengillashtirish uchun, nochiziqli-elastik material to'g'risidagi faraz (gipoteza) keng qo'llaniladi, unga muvofiq kuchlanish va deformatsiyalar orasidagi bog'liqlik yuklash va yukdan bo'shatishda bir-biriga o'xshash (yukdan bo'shatish qonuni yuklash qonuniga mos keladi).

Bu faraz L. M. Kachanov teoremasiga asoslangan: faol plastik deformatsiyada elastik-plastik jismning o'zini tutishi kuchlanish-deformatsiya orasidagi xuddi shunday bog'liqlik bilan nochiziqli-elastik jismning o'zini tutishidan farq qilmaydi. Konstruksiyalarni hisoblash nochiziqli nazariyasining jadal rivojlanishiga har xil sabablar bo'lgan, ularning asosiysi – qurilish amaliyotiga deformatsiyaning nochiziqli diagrammasiga ega bo'lgan yuqori mustahkamli materiallar va samarali konstruksiyalarni joriy qilish.

Konstruksiyalarning o'zini tutishiga oid aniq masalalarni o'rganish bilan birga parallel ravishda elastiklikning nochiziqli nazariyasi ham o'zining keyingi rivojini topdi. Bu yerda quyidagi muammolar tug'iladi: 1) jism nuqtalari holatini aniqlash koordinatalar tizimini tanlash; 2) tenzor-invariantli va termodinamik mulohazalarni e'tiborga olib kuchlanishlar va deformatsiyalar tavsiflari orasidagi aloqa turini o'rnatish; 3) variatsion tamoyillarni ta'riflash; 4) nochiziqli masalalarni yechish usullarini ishlab chiqish.

Elastiklikning nochiziqli nazariyasi o'zining taraqqiyoti bilan XIX va XX asr olimlari oldida minnatdor. Hozirgi vaqtda M.V. Lomonosov nomidagi MDU da, TulaPI, TFA QFTI da (Qozon), Rostov-na-Donu, Yekaterinburg, Krasnodar davlat universitetlarida maktablar mavjud. O'zbekistonda bunga o'xshash tadqiqotlar ToshDU da, O'zR FA qoshidagi inshootlar dinamikasi va seysmik chidamlilik institutida, SamDAQI da olib borilayapti. Bundan tashqari V.V. Novojilov [1], A. Grin va Dj. Adkins [6], L.I. Sedov [7,8], A.I. Lure [9,10], L. Trusdell [11] larning kapital monografiyalarini alohida ajratib ko'rsatish mumkin.

Elastiklik nochiziqli nazariyasi keyingi rivojlanishining asosiy yo'nalishlari:

1. Hisoblashning sonli, sonli-analitik, analitik va variatsion usullarini ishlab chiqish. Jamlangan (bir yerga to'plangan) ta'sirlarning tadqiqoti;
2. Masalalarning yangi sinfini yangi aniq yechimini olish;
3. Ucho'lchamli va ikkio'lchamli masalalarni qo'yish va ularni yechish;
4. Chetki masalalar yechimining mavjudligi, yagonaligining tadqiqoti;
5. Kontaktli masalalarni yechish;
6. Anizotrop, kompozit va har xil modulli materiallar uchun bog'liqlik

(o'zaro nisbat) larni keltirib chiqarish;

7. Optimizatsiya masalalarini yechish;
8. Turg'unlik (ustivorlik) masalalarini yechish;
9. Boshlang'ich kuchlanishli jismlarning tadqiqoti;
10. Amaliy masalalarni hisoblashga nazariyani tatbiq qilish.

Plastiklik nazariyasi. Plastiklik nazariyasi elastiklik nazariyasidan farqli o'laroq yo jismlarga tashqi ta'sirlarni qo'ya boshlanishi bilan, yoki yuklashning biror-bir bosqichidan boshlab elastiklik qonuniga bo'ysunmaydigan jismlarni tekshiradi [21].

Plastiklik nazariyasi qisqaroq tarixga ega. Plastiklikning birinchi matematik nazariyasi XIX asrning 70-yillarida Sen-Venan tomonidan Tresk tajribalari asosida yaratilgan. XX asr boshida plastiklik muammolari ustida Karman, R. Mizes, G. Genki, L. Prandtl kabi olimlar ishladi. XX asrning 30-yillarida plastiklik nazariyasi taniqli chet el olimlari katta davrasining (A. Nadai, V. Prager va b.) e'tiborini o'ziga jalb etdi. Plastiklik nazariyasi bo'yicha Rossiya olimlari – V.V. Sokolovskiy, A.Yu. Ishlinskiy, G.A. Smirnov-Alyayev, L.M. Kachanovlarning ishlari keng tanilgan. A.A. Gvozdev plastinka va qobiqlarning ko'taruvchanlik xususiyati bo'yicha hisoblash nazariyasini ishlab chiqdi. Bu nazariya A.R. Rjanitsin tomonidan juda yaxshi rivojlantirildi [21].

Plastiklik nazariyasi – bu yaxlit (butun) muhit mexanikasi bo'limi, uning vazifasi deformatsiyalanadigan jismning elastiklik chegarasidan tashqarida kuchlanish va siljishlarni aniqlash. Bunda deformatsiya vaqtga bog'liq emas deb faraz qilinadi.

Plastiklik nazariyasi bo'yicha birinchi ishlar XIX asrning yetmishinchi yillarida Sen-Venan va Levi tomonidan amalga oshirilgan bo'lib, u plastiklik nazariyasining variantlaridan birini yaratish, hamda tekis deformatsiya masalasining asosiy tenglamasini olishga bag'ishlangan. 1909 yilda variatsion tamoyilidan plastiklik nazariyasining asosiy tenglamasini keltirib chiqarishga uringan Xar va Karmanlarning ishlari nashr qilindi. Mizes (1913 y.) maqolasida Sen-Venan–Levilar tenglamasi tizimi bir oz oldinroq Guber tomonidan olingan plastiklikning boshqa sharti bilan to'ldirdi. Genki, Prandtl va Mizeslar tomonidan plastiklik nazariyasi har xil variantlarining asosiy tenglamalari va tekis deformatsiya masalasining yechimi olindi. XX asrning 20-yillarida bir qator ishlarda har xil gipotezalarning eksperimental tekshiruv natijalari nashr qilindi va plastiklik nazariyasi masalalarining yechimi keltirildi. O'tgan asrning 50-yillaridan boshlab sirpanish konsepsiyasiga asoslangan plastiklik nazariyasi rivojlana boshladi [21].

Bu nazariya plastiklikning "klassik" nazariyalariga nisbatan bir qator

qulayliklarga ega. Masalan, yuklash tekisligini eksperimental aniqlash plastik deformatsiya sodir bo'lish momentini aniq qayd qilishni talab etadi, xaqiqatda esa buni amalga oshirish mumkin emas. Shuning uchun plastiklik nazariyasini tuzish (qurish) da tabiiy ravishda plastiklik sharti (yuklash tekisligi) ga, kuchlanishlar va deformatsiyalar orasidagi bog'liqliklardan esa eksperimentdan olinadiganiga asoslanmoq lozim. O'ttiz yil davomida A. A. Ilyushin tomonidan rivojlantirilgan bunday yo'l plastik deformatsiya ("sirpanish") ning soddaroq mexanizmini qurish bilan to'ldiriladi. Bu yo'nalishda akademik V. V. Novojilov, Ye. I. Shemyakin, M. Ya. Leonovlarning ishlari hammaga ma'lum [21].

Hozirgi vaqtda plastik oqish nazariyasi ko'proq ma'qul [12]. Ammo bu nazariya har xil materiallar va yuklash turlari uchun eksperimental o'rganishni talab etadi, xususan – yuklash tekisligining deformatsiyalanish parametrlari va xususiy (ayrim) koeffitsiyentlarga bog'langan aniq bog'liqliklarini. Boshqa tarafdin, ba'zi hollarda (oddiy yuklashdan tashqari) oddiyroq nazariya ma'qulroq bo'lishi mumkin. Amaliy nuqtai nazardan plastiklik nazariyasining boshqa variantlarining tadqiqoti ham maqsadga muvofiq bo'lmas.

Konstruktiv tizimlarni statik yuklashda hisoblashning amaliy usullarida "yuk – siljish" muvozanat holati egriligining ikki turini, jism geometriyasi o'zgarishi bilan ko'taruvchanlik xususiyatining mumkin bo'lgan oshishi va kamayishini tasvirlovchi fizik va geometrik noxizizliklarni hisobga olib, sifat jihatdan farqlashadi; birinchi tur asosan egiladigan elementlarga, ikkinchisi esa siqilgan elementlarga javob beradi.

Materialning fizik xossalari va geometrik noxizizlikliligi to'g'risida turli shart-sharoitlarni qabul qilish bilan hisoblashning har xil nazariyalari sodir bo'ladi. Bikt plastikli material modeli va siljishlarning arzimagan qiymatiga *chegaraviy muvozanat nazariyasi* asoslangan. Konstruksiyani mexanizmga aylanishida siljish qiymatining elastik-ruxsat etilganiga nisbati katta oraliqda o'zgaradi. "Geometrik zichlashish" holatida chegaraviy yuk qiymati ko'taruvchanlik xususiyatini "mustahkamlik zaxirasiga" aniqlaydi. Konstruksiyaning "geometrik bo'shashish" holatida chegaraviy muvozanat nazariyasi konstruksiyaning ko'taruvchanlik xususiyatidan ancha katta natijalarni berishi mumkin. Murakkab konstruksiyalarni hisoblashda chiziqli dasturlash (programmalash) usullari-dan foydalanish lozim.

Tadqiqot natijalarini taqqoslash shuni ko'rsatadiki, MDH mamlakatlarining qurilish fani hozirgacha chet eldagilardan qolishmaydi, ba'zi hollarda esa ularnikidan ustun. Plastiklik nazariyasi keyingi taraqqiyotining asosiy yo'nalishlari:

1. Plastiklik nazariyasida funksional bog'liqliklarning qo'llanishlik

- amaliy chegaralarini o'rnatish;
2. Har xil materiallar va ularni yuklash uchun plastik oqish nazariya-sini eksperimental o'rganish;
 3. Geometrik nochiziqli elastik-plastik jism va tizimlarning umumiy teoremlarini ta'riflash;
 4. Dinamik yuklangan geometrik elastik-plastik jism va tizimlar, shu jumladan geometrik nochiziqli umumiy teoremlarining tadqiqoti;
 5. Bir xil o'lchamli bo'lmagan elastik-plastik tizimlarning turg'unlikka hisoblashda Shenli konsepsiyasini ommalashtirish;
 6. Dinamik yuklangan geometrik elastik-plastik jism va tizimlarni optimal loyihalashning umumiy teorema va usullarini ta'riflash.

1.3. Salqilik nazariyasining rivojlanishi

Salqilik nazariyasi elastiklik va plastiklik nazariyalaridan farqli o'laroq boshlang'ich yuklash natijasida qattiq jismda sodir bo'ladigan kuchlanish va deformatsiyalarning vaqt bo'yicha o'zgarishini o'rganadi.

Ma'lumki, betonning salqiligi beton va temirbeton konstruksiyalarning deformatsiyalarini aniqlashda ham, tegishli statik noaniq tizimlarning statik hisob-kitobida ham, hisobga olinishi juda zarur bo'lgan mazkur materialning muhim xossasi hisoblanadi [21].

Betonning fizik nochiziqliligi ham uning muhim xossalaridan hisoblanadi – yukning qisqa muddat ta'sir etishida ham, uning uzoq muddat ta'sir etishida ham sodir bo'ladigan deformatsiyalar va kuchlanishlar orasidagi umumlashtirilgan bog'liqlikning nochiziqligi, qachonki salqilik jarayoni nihoyasiga yetganda va kuchlanish-deformatsiyalanish holati statsionar xarakterga ega bo'lganda.

Nuqtadagi beton holatini uning oxirgi hajmida aniqroq tasvirlashga shunday fizik nazariyani yaratish bilan erishish mumkinki, u salqilik, nochiziqlilik hodisalarini alohida hisoblashga asoslanmasdan, materialning bu xossalarini organik birlashtiradigan bo'lsin.

Biroq, uch o'lchamli masalalar sharoitida betonning murakkab kuchlanganlik holatini tasvirlash uchun, uning analitik tushunchasining asosiy elementlari bo'lgan kuchlanishlar, deformatsiyalar tenzorlarining invariantlari va vaqt bo'yicha hosilasi bo'lgan bunday nazariyani yaratish o'ta murakkab masala hisoblanadi. Bunda asosiy qiyinchilik chamasi nafaqat nazariyaning o'zini ishlab chiqishda, balki unda muvozanat tenglamalar va deformatsiyalarning ajralmaslik shartlari bilan beriladigan fizik munosabatlarning uyg'unligida, ya'ni tutash yechiladigan tenglamalar tizimini qurishda.

Ma'lumki, salqilik va nochiziqlilikni alohida hisobga asoslangan fizik munosabatlarni olishning taxminiyoq bo'lgan boshqa yo'li ham mavjud [21].

Salqilik har xil sharoitlarda ko'pgina qurilish materiallariga xos bo'lgan xossa. Materiallarning fizik tuzilishi har xil bo'lgani uchun, aniqlovchi munosabatlar ular uchun juda farqlanishi mumkin. Keng ma'noda esa salqilik deb jismning o'zgarmaydigan (doimiy) yuklarda vaqt bo'yicha sekin deformatsiyalanish xususiyatiga aytiladi. Bunga shaxsan salqilik, relaksatsiya, yuk ta'siridan keyingi, teskari salqilik hodisalari kiradi. Beton, polimer va kompozit materiallar salqiligi to'g'risidagi ma'lumotlar [4-9] larda, metallar uchun esa [16-19] lardagi tahlillarda mavjud. Asosiy vazifa kuchlanishlar, deformatsiyalar, harorat, shikastlanish me'yori va vaqt orasidagi aniqlovchi munosabatlarni topishdan iborat. Agar oldingi ishlarda qayishqoq-elastiklik bo'yicha kuchlanishlar va deformatsiyalar orasidagi differensial munosabatlar ko'rilgan bo'lsa, G. N. Maslov, N. X. Arutyunyanlar ishlaridan so'ng salqilik va relaksatsiya yadrosi bilan integral bog'liqliklar kengroq qo'llanila boshlandi.

Yetarlicha yuqori kuchlanishlarda salqilikning kuchlanishlar va deformatsiyalar orasidagi bog'liqlik nochiziqli bo'lib qoladi. Bundan tashqari, nochiziqli salqilik turli hollarda mavjud, masalan, ko'priklarning oldindan zo'riqtirilgan temirbeton oraliq qurilmalarida. Beton uchun bir onli yuklashda kuchlanishlar va deformatsiyalar orasidagi bog'liqlik mustahkamlik chegarasiga qadar chiziqli bo'lib qoladi. Shu bilan birga, ba'zida tegishli aniqlovchi munosabatlari bilan betonning nochiziqliligi va bir onli deformatsiyasi hisobga olinadi, u gruntlar, muzlagan gruntlar, muz, polimerlarning salqilik nazariyasida ham qo'llaniladi. Materiallar salqiligidan nochiziqli deformatsiyalariga harorat ta'sirini hisobga olish masalari [4] ishda ko'rib chiqilgan.

Yu.N.Rabotnov materialning bir onli deformatsiyalanishida "kuchlanish-deformatsiya" egriligi izoxronli egriliklar o'xshashligiga asoslangan kuchlanishlar va deformatsiyalar orasidagi munosabatlarni tavsiya etdi, xususan, polimerlar va metallar salqiligini ta'riflash uchun qo'llanildi [4]. Bir qator tadqiqotlar chekli deformatsiyalar holida holat tenglamalarini ta'riflashga bag'ishlangan [4, 10, 11, 12, 13].

Qayishqoq-elastiklik nochiziqli nazariyasining masalalarini yechish uchun har xil soddalashtirilgan o'zaro bog'liqliklar tavsiya etilgan, masalan [7] da. Integral bog'liqliklar bilan bir qatorda beton, polimer, grunt, muz va boshqa materiallar salqiligini ta'riflash uchun differensial bog'liqliklardan foydalaniladi. Uch o'qli kuchlanganlik holatida bunday bog'liqliklarni umumlashtirish uchun plastiklik nazariyasi gipotezasining

qo'llanishi mumkinligi faraz qilinadi.

Yuklash momentidan boshlab to sinish momentigacha bo'lgan vaqt oralig'i sinishgacha bo'lgan vaqt yoki *uzoqqa chidamliligi* deyiladi. Har bir oraliq vaqt uchun sinish sodir bo'ladigan kuchlanishning eng katta qiymati *uzoq muddatli mustahkamlik chegarasi* deyiladi. Mustahkamlik harorat-vaqt bog'liqligining tahlili uning bir qator mezon va nazariyalarini ta'riflash imkonini beradi [3]. Boshqa yo'l materialning tarqoq shikastlanishlarini jamlanishini hisobga oladi. A.A. Ilyushin kuchlanish tenzorlari va shikastlanishlar me'yorlari tushunchasini kiritib, bu yo'lni umumlashtirdi [6]. Salqilik nazariyasining keyingi rivoji quyidagi asosiy yo'nalishlar bo'yicha amalga oshiriladi:

1. Materiallar tavsiflari va hisobiy modellarni aniqlash uchun konstruktiv materiallar salqiligini, klimatik omillarni ham e'tiborga olib uzoq muddatli (ko'p yillik) eksperimental tadqiqotlari. Anizotrop materiallarning kichik va chekli siljishlarda deformatsiyalanishi. Statik ma'lumotlarni jamlash uchun namunalarning katta guruhini sinovdan o'tkazish. Salqilikni o'zgaruvchan va vibratsion yuklarda eksperimental tadqiqoti. Materiallarning pasportli tavsiflarini olish;
2. Salqilik nazariyasida har xil fizik maydon (issiqlik, namlik, radiatsion va sh. o.) larning ta'sirini hisobga olish;
3. Hajmiy kuchlanganlik holatida kuchlanish, harorat va yuklash rejimining har xil sathi uchun salqilik nazariyasining rivojlanishi;
4. Fazoviy o'tish, uzluksiz va diskret ulash yoki materialni olib tashlash, chirishni hisobga olish;
5. Salqilik sharoitida haroratning har xil diapazoni (chegaralari) dagi doimiy va o'zgaruvchan yuklarda turli materiallarning asta-sekin sinish mexanizmining tadqiqoti;
6. Materiallarning uzoq muddatli mustahkamlik va uzoqqa chidamlilik nazariyalarining rivojlanishi. Material va konstruksiyalarning uzoq muddatli deformatsiyalari, uzoq muddatli mustahkamligi va uzoqqa chidamliligini bashorat qilish usullarining rivojlanishi.

1.4. Mexanika – qadimiy fanlardan biri

Mexanika – qadimiy fanlardan biri – odamlarning amaliy faoliyati ehtiyoji tufayli paydo bo'lgan, uning rivojlanishi boshqa fanlarning shakllanishi uchun ko'pgina hodisalarni tushunishga turtki berdi va qiziqtirdi [1]. Qurilish mexanikasi, plastiklik va elastiklik nazariyasi, materiallar qarshiligi, qobiq va plastinka hamda boshqa fazoviy tizimlarning nazariyasi fundamental fanlarning alohida bo'limlarini tashkil etadi;

deformatsiyalanadigan qattiq jismlar mexanikasiuning asosida turli material (metall, yog'och, temirbeton, plastmassa, kompozit) lardan tayyorlangan konstruksiyalarni modellashtirish va loyihalash, hamda ularning har xil tashqi muhit bilan o'zaro ta'siri yotadi.

Qurilish mexanikasi, elastiklik va plastiklik nazariyasining klassik (tarixiy paydo bo'lgan) o'quv kurslari, hamda ularning zamonaviy aspekt (tomon) lari va rivojlanish muammolarini o'rganish muhandislarni inshootlar nazariyasi (bir vaqtlarda qurilish mexanikasini shunday deb nomlashgan) bilan qurollantiradi. Qurilish mexanikasi va plastiklik va elastiklik nazariyasining umumiyliigi va fundamentalligi shundaki, ular asosida nafaqat qurilish konstruksiyalari, balki aviasozlik, raketsozlik, kemasozlik, mashinasozlik va boshqa konstruksiyalar barpo etiladi [1]. Qurilish mexanikasining (QM fani qanday shakllandi? Fanning tushuncha apparatini tashkil qilgan bu tushunchalar qanday ta'riflandi?

Kuch (va moment) ancha ilgari (boshqa jismlar tomonidan mazkur jismga biron bir ta'siri sifatida) paydo bo'ldi. Kuch (moment) miqdorini o'lchashni o'rgandilar. Ko'riladigan jismga bu tashqi ta'sirlarni o'lchash usullari zarurati tug'uldi. Fahmlashdiki, ba'zi bir sxemalarida va bu ta'sirlarning o'zaro munosabatlarida jism harakatsizlikda bo'lar ekan. Nazariy mexanikaning bosh manbai vujudga keldi, jismning muvozanat sharti shakllantirildi. Ammo bunda jism absolyut qattiq (deformatsiyalanmaydigan) deb qaraldi. Vaqt o'tishi bilan ishondilarki, xatto bu kuch (moment) larning qiymatini bilgan bilan, jismning sinishini oldini olish imkoni bo'lmas ekan, ya'ni buning uchun muvozanat sharti mutlaqo yetarli emas ekan. Sababini qidirish boshlandi. Bilishdiki, jism yuklanganda uning har xil nuqtalari har xil siljir ekan va shakli ba'zi bir o'zgarishlarga yo'liqar (deformatsiyalanar) ekan, garchi ko'pincha bu o'zgarishlar jismning gabarit o'lchamlariga nisbatan ancha kichik bo'lsa ham.

Jism deformatsiyalanishi (shaklining o'zgarishi) ni uning nuqtalari va elementlarining siljishiga bog'laydigan tushunchalar yordamida tasvirlash kerak bo'ldi. Har xil o'lchamli jismlar uchun buni qanday qilish mumkin? Bitta jism shaklining o'zgarishi (ya'ni, masalan, absolyut uzayish-qisqarish yoki qiyshayishi) ni qanday qilib boshqa jismga olib o'tish mumkin? Uzunlikning har bir birligiga to'g'ri keladigan o'zgarish, ya'ni nisbiy uzayish (chiziqli deformatsiya), va nisbiy burchak deformatsiya (dastlabki to'g'ri burchakning o'zgarishi) tushunchasi bundan qutqardi. Bu tushunchalarni chiziqli va burchak deformatsiyalarning jadalligi deb nomlash mumkin edi. Jism berilgan yuzasiga tashqi bosim (yuk) jadalligi tushunchasi, keyinchalik esa berilgan yuza (jismning ko'ndalang kesimi) ga ichki kuch (kuchlanish) jadalligi tushunchasi paydo bo'ldi.

Jism shaklining o'zgarishi – bu deformatsiyalarning (chiziqli va burchakli) jadallik tushunchasi. Ko'pincha adabiyotlarda “deformatsiya jadalligi” termini o'rniga “nisbiy deformatsiya” (burchakli va chiziqli) termini ishlatiladi. Shunday qilib, berilgan miqdor (yuk, deformatsiya va sh. o'.) jadalligi tushunchasiga kelishdi, ya'ni berilgan kichik maydonga, balki yuzaga qanday miqdor (qiymat) to'g'ri keladi. Shundan jadallik o'lchovligi – yuza (yoki uzunlik) birligiga o'tkazilgan o'lchanadigan qiymat (kattalik) tushunchasi paydo bo'ldi. Ammo jism deformatsiyasini ta'riflash jismga ta'sir qiladigan kuch bilan bog'liq emas ekan, ya'ni jismdagi yukni bilmay turib, undagi deformatsiyani o'lchash mumkin. Boshqa so'z bilan aytganda, u yoki bu omillarni aniqlash bir-biri bilan bog'liq emas, ular mustaqil.

Bu sog'lom fikr yuritishga teskari edi, tajriba shuni ko'rsatdiki, tashqi kuch ta'sirlarining oshishi yoki kamayishi jism deformatsiyasining o'zgarishiga olib kelar ekan, ya'ni bu omillarning o'zaro bog'liqligi bor ekan. Yuk (kuchlanish) jadalligi va nisbiy deformatsiya jadalligi orasidagi bog'liqlikni aniqlash lozim edi. Bu kattaliklarning har biri o'zining kelib chiqishiga ega (bu ularning o'lchov birligidan ko'rinib turibdi).

Bu kattaliklar har birining tushunchasi mantiqiy mulohazalar asosida kiritilgan. Ammo mulohazalar haqiqiy tabiiy aloqa (bog'liqlik) ni o'rnatishi mumkinmi? Yo'q. Buning yo'li topildi. Faqat tajriba, eksperiment kuchlanish va deformatsiya orasidagi qidirilgan bog'liqlikni aniqlash imkonini berdi. Bu xizmat 350 yildan beri Robert Gukka qarashli. Va faqat shundan keyin tushunchalar tizimi to'la-to'kis (yopiq) bo'ldi: jismning yuklanish va deformatsiyalanish jarayonini to'la ta'riflash uchun masalaning uch tomonini e'tiborga olish lozim bo'ldi: statik, geometrik va fizik [1].

1.5. Material va konstruksiyalar nazariyasining rivojlanishi

Materiallar qarshiligida kinematik yoki statik gipotezalar (masalan, tekis kesim gipotezasi) ni qo'llab taxminiy nazariy usullar ko'riladi, shu bilan birga, materiallar qarshiligining asosiy ob'ekti bo'lib sterjenli tizimlar va ularning elementlari hisoblanadi. Agar jism plastika yoki qobiq shakliga ega bo'lsa, unda qurilish materiallarining klassik usullari ob'ektning kuchlanganlik va deformativ holatini aniqlash imkonini bermaydi [21].

Beton va temirbetonning mustahkamlik shartlari to'g'risida. Temirbetonning qarshilik nazariyasi tajriba ma'lumotlari va mexanika qonunlariga asoslanib quriladi va konstruksiyalarni tashqi yuklar bilan

yuklashning har xil bosqichlarida haqiqiy kuchlanganlik-deformatsiyalanish holatiga yaqin qilib olishdan kelib chiqadi. Hozirgi vaqtda loyihalashda hisoblashning qo'llaniladigan mavjud usullari kuchlanganlik-deformatsiyalanish holatini aniqlashda deformatsiyalanish noxiziqliqi va muvozanatsizligi bilvosita (bir tomonlama) e'tiborga olinadi. Temirbeton konstruksiyalarning deformatsiyalanishdan oldingi davrining kuchlanganlik-deformatsiyalanish holatiga ta'siri hozirgacha yetarlicha tadqiqot qilinmagan. Materiallarning qarshilik tavsiflarini haqiqiy baholash temirbeton konstruksiyalarning kuchga qarshiligini yetarlicha bashorat qilish imkonini berar edi [1].

Vaqt va yuklash rejimini hisobga olib temirbetonda materiallar orasida ichki kuchlarni qayta taqsimlanishi ham bugungi kunda yetarlicha tadqiqot qilinmagan. Eksperimental ma'lumot va hisoblashning mavjud usullari o'xshashligini tahlil qilish nazariyasi bilan tajribaning ancha bir-biriga mos kelmasligini ko'rsatadi. Bu konstruksiyalarning kuchlanganlik-deformatsiyalanish holatini baholash usullarini mukammallashtirish dolzarbligidan dalolat beradi.

Agar kuchlanishlar va deformatsiyalar orasidagi bog'liqlik unga ta'sir qiladigan omillarni e'tiborga olib o'rnatilgan bo'lsa, unda bu bog'liqlik foydalanishning berilgan shart-sharoitlarida materialning konstruksiyada o'zini tutishini aniqlovchi mexanik, ya'ni uning deformatsiyalanishga qarshilik ko'rsatish holati tenglamasi bo'ladi.

Materialni (uzoq muddatli mustahkamlik, chidamlilik, deformatsiyalanish kabi) xossalari yuzga yuklash rejimining ta'siri zamonaviy me'yorlarda empirik koeffitsiyentlar yordamida bir tomonlama (bilvosita) hisobga olinadi, ular nafaqat yuklarni vaqt bo'yicha o'zgarishini e'tiborga olmaydi, xatto ularning qisqa muddatli va uzoq muddatli qismlari nisbatlarini ham e'tiborga olmaydi, faqat u yoki bu turi mavjudligi yoki yo'qligini e'tiborga oladi. Ko'p sonli tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, materiallar xossalari yuzga yuklash rejimi natijasi bo'lgan ular qabul qiladigan kuchlanish rejimiga to'g'ridan-to'g'ri bog'liq ekan [21].

Ma'lumki, temirbeton noxiziqli, muvozanatsiz deformatsiyalanadi, u yuklash rejimi va oldingi davrini ko'zga tashlanadigan darajada sezadi, uning uchun xususiy va dastlabki kuchlanishlari, yoriq paydo bo'lishi jiddiy (muhim). Hozirgi davrda foydalanadigan mavjud hisoblash usullarining aksariyat ko'pchiligida kuchlanganlik-deformatsiyalanish holatini ta'riflash uchun deformatsiyalanishning noxiziqliqi va notekisligi bilvosita hisobga olinadi.

Betonning deformativ xossalari to'g'risidagi ma'lumotlar ishonchli statistik asoslash bilan mustahkamlanmagan va hajmi bo'yicha uncha ko'p

bo'lmagan mavjud eksperimental ma'lumotlarning tanlangan qismiga tayanadi. Konstruksiyalarning deformativ xossalarini hisobga olish masalasi har bir muayyan holatda xususiy empirik formula va koeffitsiyentlardan foydalanishga olib kelinadi. Bunda ularning individual o'ziga xos xususiyatlari turli-tumanligi bilan shartlangan konstruksiyalar deformatsiyalanishining muhim qonuniyatlarini aks ettirish imkoniyati yo'qotiladi. Uzoq muddatli va bir onli mustahkamlik masalalari nafaqat bir-biridan ajralgan holda, balki konstruksiyalarning deformatsion hisob-kitobidan ajralgan holda ko'riladi. Shu bilan birga, hodisalarning fizik mazmunidan ularning umumiyliigi kelib chiqadi.

Biroq, ilmiy tadqiqot natijalari loyihalash me'yorlarida bu omillarni e'tiborga olishning ishonchli usullari yo'qligidan emas, balki muhandislik amaliyotida ular (usullar) ni qo'llash yetarlicha murakkab va sermashaqqatligi uchun bo'sh ifodalangan. Bu konstruksiyalarning kuchlanganlik-deformatsiyalanish holatini baholash usullarini oddiy, ammo, shu bilan birga, temirbeton to'g'risida bizni qoniqtiradigan zamonaviy tasavvur olish maqsadida takomillashtirish dolzarbligini ko'rsatadi.

MDH davlatlari va chet elda o'tgan asrning 70-yillarida betonning mustahkamlik va salqilik nazariyalarini ishlab chiqishda, hamda sterjenli, yassi va fazoviy temirbeton konstruksiyalarning hisoblash usullarini rivojlantirishda katta yutuqlarga erishildi. Beton va temirbeton mustahkamligi va salqiligi sohasida tadqiqotlarning yuksalishi ularning sinishi va deformatsiyalanishida vaqt davomida materialda sodir bo'ladigan jarayonlarning o'ziga xos fizik xususiyatlarini to'liq va aniq hisobga oladigan nazariyalarni yaratishga intilish bilan ta'riflanishi mumkin [1].

Temirbeton konstruksiyalarni hisoblash usullari asosan ikkita o'ziga xos yo'nalishlar bo'yicha rivojlandi [21]:

- 1) u yoki bu konstruksiyaning chegaraviy ko'taruvchanlik xususiyatini aniqlash;
- 2) tizimlarni deformatsion hisob-kitobi.

Bu yo'nalishlardan birinchisi, ibtidosi (boshlanishi) o'tgan asrning 30-yillarida ishlab chiqilgan to'sinlarni ko'taruvchanlik xususiyati bo'yicha hisoblash usulidan olingan, chegaraviy muvozanat usulini ishlab chiqish, asoslash va amaliy tatbiqida o'zini to'laroq mujassamlashtirdi. Hozirgi vaqtda chegaraviy muvozanat usuli statik noaniq sterjenli tizim, plastinka va qobiqlarni hisoblashda muvaffaqiyatli qo'llanilmoqda.

Ikkinchi yo'nalishda, aftidan, egiluvchi elementlarning bikrlilik va yoriqbardoshlik nazariyasi yutuqlarini amaliy hisoblashlarda qo'llashni, hamda beton salqilik nazariyasining tegishli natijalarini ko'proq muhim deb hisoblasa bo'ladi. Ammo shuni ta'kidlash lozimki, hozirgi vaqtda bir

qator sterjensiz (asosan yirik) betonli va temirbetonli konstruksiyalarning kuchlanganlik-deformatsiyalanish holati birjinsli izotrop jismlarning chiziqli elastiklik nazariyasi bo'yicha aniqlanadi. Muhitning bunday modeli ko'proq taxminiy bo'ladi va ko'pincha material hamda konstruksiyalarning haqiqiy ishini aks ettirmaydi.

Hisoblashlarda chiziqli-deformatsiyalanadigan muhit nazariyasini qo'llash sababini, chamasi, metallarning yaxshi ishlab chiqilgan plastiklik deformatsion nazariyasiga o'xshash beton va temirbetonning asoslangan va amaliy ma'qulroq deformatsion nazariyalarining mavjud emasligida qidirish lozim.

[21] ishda beton va temirbeton mustahkamlik va deformativlik nazariyalarining keyingi taraqqiyotiga urinib ko'rilgan, u yuqorida keltirilgan tadqiqotlar yo'nalishini tasniflash aspektida o'z oldiga quyidagi vazifalarni qo'yadi:

1. Murakkab kuchlanganlik holatida bo'lgan beton va temirbetonli sterjensiz konstruksiyalarning ideal (juda soz) plastik muhitning plastiklik matematik apparati nazariyasidan foydalanish asosida chegaraviy ko'taruvchanlik xususiyatini aniqlash usullarini ishlab chiqish;
2. Beton va temirbetonning plastiklik deformatsion nazariyasini ishlab chiqish va undan ishining ekspluatatsion rejimi sohasida murakkab kuchlanganlik holatida joylashgan beton va temirbetonli konstruksiyalarni hisoblash uchun foydalanish.

Birinchi masalaning yechimi chegaraviy muvozanat usulini o'rganish predmeti hisoblangan javobni ham berishi kerak. Boshqa muhitlar uchun bu yo'nalishning o'xshash (analog) lari sochiluvchan muhit statikasi va ideal bikr plastinkali jism nazariyasi hisoblanadi. Ikkinchi masalaning yechimi hozirgi vaqtgacha yirik betonli va temirbetonli konstruksiyalar uchun elastiklik nazariyasi usullari bilan yechilgan savollarga javob beradi. Ikkala ta'riflangan masalalar beton va temirbeton mustahkamlik muammosining ikki yo'nalishi kabi o'zaro chambarchas bog'liqlikda ko'rilgan.

Beton va tosh materiallari kabi konstruksion materiallarning mustahkamlik xossalari murakkab va xilma-xil. Mustahkamlik – sinish va plastik deformatsiyalar – muammosini o'rganish bir necha yo'nalishlar bo'yicha amalga oshirilayapti [37]:

- fizik, qattiq jismlar fizikasi nomini olgan, fizika bo'limiga qo'shilgan mustahkamlik to'g'risidagi fan;
- fizik-kimyoviy, plastik deformatsiya va sinish jarayonlari bilan bog'liq har xil fizik-kimyoviy hodisalarning barchasini o'rganadigan [46];
- mexanik-hisobiy (texnikaviy), yaxlit muhit mexanikasi konsepsiyasiga asoslangan;

- eksperimental (tajriba-ishlab chiqarish), konstruksiya va materiallar ishining empirik usullar tizimi va tadqiqoti bilan bog'liq [53, 54].

Mustahkamlik to'g'risidagi oxirgi yo'nalish fanda o'z ahamiyatini eng ko'p jamlangan qimmatli eksperimental materiallar hisoblangan faqat tor amaliy sifatida saqlaydi. Birinchi ikki yo'nalishga kelsak, ular sinish jarayonining yagona fizik-kimyoviy sifatlari hisoblanadi. Shunday qilib, materiallarning mustahkamlik xossalarini o'rganishda bir-biridan farqlanadigan ikki yo'l mavjud – fizik va mexanik. Bu xildagi tafovut qattiq jismlar mustahkamligi tadqiqotining ikkita asosiy muammolarini maqsadli yo'naltirilganligi bilan aniqlanadi.

Fizik muammolar oldida ikkita masala tug'iladi: tadqiqot qilinadigan jismning mexanik omillari, harorati, tarkibi va strukturalari, hamda uning atrof muhit bilan o'zaro ta'sirining barchasiga bog'liq holda mustahkamlik xossalari bog'liqliklarini o'rnatish va ma'lum xossalari bilan har xil materiallarning fizik jarayonlar mexanizmini olish va qonuniyatlarini oydinlashtirish [21].

Mustahkamlikning mexanik konsepsiyasi bo'yicha ish o'zgacha ko'rinishga ega. Bu yerda asosiy masala bo'lib, bir xil bo'lmagan murakkab kuchlanganlik holatda bo'lgan konstruksiyaning murakkab shakli uchun uning o'zini tutishini o'rganish usulini berish, ya'ni kuchlanish va deformatsiyaning o'zgarish qonunini aniqlash turibdi.

Ikkita ko'riladigan maqsad va vazifalari bilan bir-biriga bog'langan muammolarning farqi real materiallarga modeli ko'rinishlarining yaqinlik darajasi bilan aniqlanadi.

Tajribalarda kuzatiladigan qattiq jismlar deformatsiyanishi va sinishining sifatli qonuniyatlarini sonli tahlil qilishga urinish mustahkamlik – fizik va mexanik deb nomlanadigan nazariyalarda o'z aksini topadi.

Mexanik nazariyalar qattiq jismlarning makroskopik tutish qoidasini ba'zi bir ideallashtiruvchi taxminlar qilib va sinish jarayonini o'ziga xos xarakterli xususiyatlariga ahamiyat bermasdan fenomenologik (juda yaxshi) tasvirlaydi. Ular vaqt va deformatsiyanish tezligiga bog'liq bo'lgan mustahkamlik mezonlarini ko'rib chiqmaydi. Bu nazariyalarda sinish faqat kuchlanish va deformatsiyanish holatiga bog'liq deb qabul qilinadi.

Fizik nazariyalar jarayonning ichki mohiyati (tabiati) ni tushunishga va shu mustahkamlikning fizik qonunlari asosida xulosa qilishga harakat qiladi [32, 61]. Ammo mustahkamlik buzilish jarayonlarining murakkabligi fizik nazariyalarning umumiy qonuniyatlarini yaratishni qiyinlashtiradi [33]. Shu sababli hozirgi vaqtda konstruksiyalarni hisoblashda, bir tomondan, aniq kuchlanganlik holatlarini eksperimental tadqiqotlarini umumlash-tirishga asoslangan, boshqa tomondan esa mustahkamlikka hisoblash

usullari izohlarida nisbatan oddiy va qulay qo'llash imkonini beradigan, tajriba ma'lumotlariga ishlov berish orqali olingan matematik bog'liqliklarni o'rnatishga intilgan mustahkamlikning mexanik nazariyalari asosiy ahamiyatga ega.

Oxirgi mulohaza odatda elastiklik va plastiklik nazariyasida olingan va qo'llanilayotgan, o'xshashligi bo'yicha o'sha yutuq va matematik apparatdan foydalanish imkonini berishga olib keladi. Mustahkamlikning bu nazariyalarini yaratish material mustahkamlik xossalari buzilishi – yuqori kuchlanishlarda plastik deformatsiyalar va mo'rt sinish natijasida shaklning noto'g'ri ko'rinishi kabi ikkita tomoni (momenti) ni o'z ichiga olgan statik mustahkamlikning tor mazmunli, maxsus (ixtisoslashtirilgan) tushunchasi bilan bog'liq. Bu nazariya muhandislik hisob-kitoblar apparati kabi ikki xil maqsadni ko'zda tutadi – mustahkamlikning mumkin bo'ladigan buzilish tavsifini aniqlash va jismda uni tashqi kuchlar bilan yuklaganda ichki kuchlanishlarning taqsimotini olish.

Mexanik nazariyalar – bu masalalarni qandaydir hisobiy ko'rsatkichlarni materiallarning sinish tajribasida kuzatiladigan hodisalar bilan bog'lab o'rganish yo'li bilan hal qiladi. Bu muammoni quyidagicha hal qiladi. Sinish jarayoniga tanlangan hisobiy ko'rsatkichlarning ko'proq ta'siri to'g'risidagi gipotezani kiritadi; qabul qilingan gipoteza asosida hisoblash nazariyasi yaratiladi; yaratilgan nazariya har xil kuchlanganlik holatlari uchun tajriba yo'li bilan tekshiriladi.

Mustahkamlikning fenomenologik nazariyasi, qoidaga ko'ra, kuchlanganlik holatining biror bir oddiyroq holi (o'q bo'ylab cho'zilish va siqilish, toza egilish va sh. o'.) uchun, mustahkamlikning boshlang'ich tavsiflari sifatida qabul qilinadigan va eksperiment orqali aniqlanadigan yo'nalishini belgilaydi.

Kuchlanganlik holatining murakkabroq hollari uchun bu boshlang'ich ma'lumotlar o'rnatiladigan nazariy bog'liqliklarning parametrlari sifatida foydalaniladi. Bu yo'l bilan qurilgan mustahkamlik gipotezasi quyidagi ba'zi umumiy shartlarga javob berishi kerak [21]:

1. Murakkab kuchlanganlik holatlar uchun tajribaning qoniqarli mos kelishi;
2. Amaliy qo'llash qulayligi, aynan, hisobiy bog'liqliklarning soddaligi, mustahkamlik shartlarini aniqlash oddiyligi va ularning soni ko'pmasligi;
3. Masalani logik, aniq matematik ta'riflanishi.

Materiallar qarshiligi va qurilish mexanikasining asosiy tamoyillari. Materiallar qarshiligi va qurilish mexanikasida real ob'ektning hisob-kitobi hisobiy model (hisobiy sxemani) ni tanlashdan boshlanadi. Bunday model

materiali sifatida bir qator xossalarga ega bo'lgan ideallashtirilgan jism qabul qilinadi [1]:

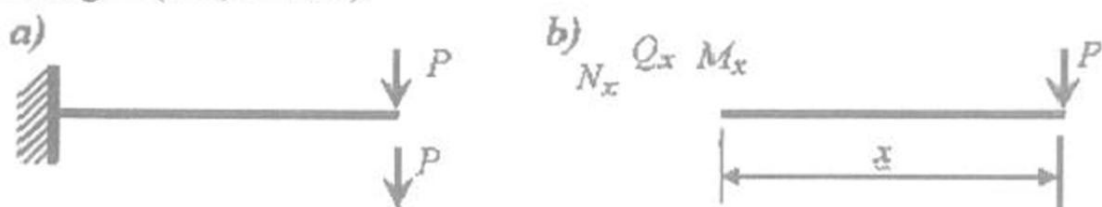
a) jism moddaning molekulyar tuzilishining o'ziga xos xususiyatlariga bog'liq bo'lmagan butun (bo'shliqlarsiz) deb hisoblanadi, ya'ni jism materiali yaxlit muhit kabi ko'riladi. Bunday sxema cheksiz kichik miqdorlar tahlilining matematik apparati va chegaraviy o'tish imkoniyatidan foydalanish imkoniyatini beradi;

b) jism materiali birjinsli (jismning har bir nuqtasida material bir xil) va izotrop (ya'ni berilgan nuqtadan hamma yo'nalish bo'yicha jism xossasi bir xil) hisoblanadi;

v) jism ideal elastik hisoblanadi, ya'ni yuk olib tashlangandan so'ng jism o'zining boshlang'ich (dastlabki) shakli va o'lchamini to'la tiklash qobiliyatiga ega.

Shunday qilib, chiziqli deformatsiyalanish xossasiga ega bo'lgan ideal elastik birjinsli izotrop jism (yoki sterjenlar – jismlar tizimi) ko'riladi. Materiallar qarshiligida ham va qurilish mexanikasida ham biror bir tizimning kuchlanganlik-deformatsiyalanish holatini ta'riflashni soddalashtirish uchun bir qator qonun-qoida (tamoyil) lardan foydalaniladi. Esga solamizki, prinsip – bu asos soladigan, isbotlanmaydigan, o'zining umumiyliги bilan aksiomadan farqlanadigan umumiy ko'rinishdagi aytiladigan fikr. Materiallar qarshiligida bu kabi uchta prinsip qo'llaniladi.

Bu nisbiy bikrlilik (qotish) tamoyili, yoki boshlang'ich o'lchamlarning o'zgarmasligi, superpozitsiya tamoyili (kuch ta'sirining mustaqilligi) va Sen-Venan tamoyili. Ko'rsatilgan prinsiplardan birinchisi ko'pgina hollarda jism shakli tashqi kuch ta'sirida sezilarli darajada o'zgarmasligiga asoslangan. Bu muvozanat tenglamalarini tuzishda, yuklanishgacha qanaqa o'lchamga ega bo'lsa, shunaqa geometrik o'lchamga ega bo'lgan deformatsiyalanmagan jism kabi qarash imkonini beradi. Mazkur prinsipning illyustratsiyasi to'sin-konsolni R kuch ta'sirida egilish misolida ko'rsatilgan (1.1, a-rasm).



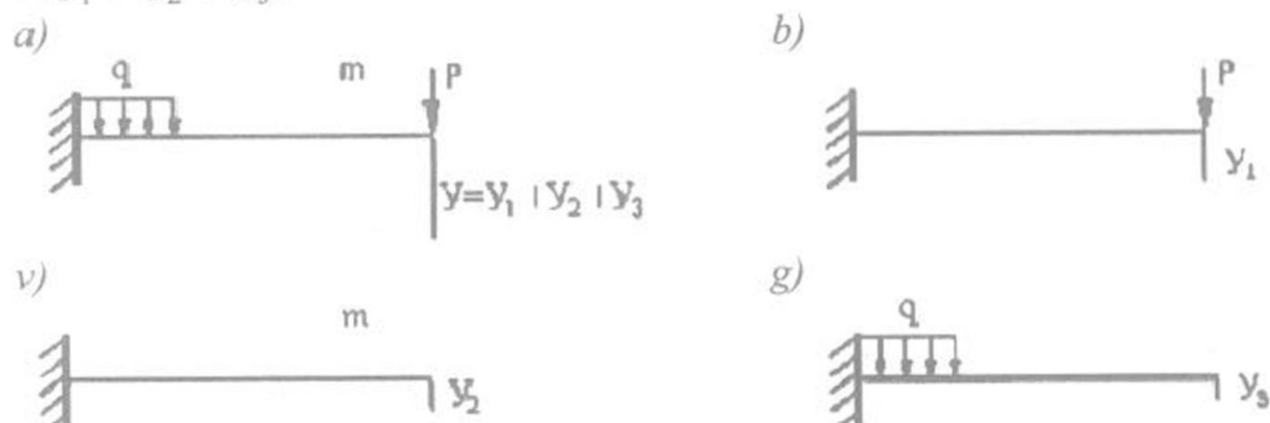
1.1-rasm. Konsolli to'sin: a – deformatsiyalanish sxemasi; b – to'sin deformatsiyalangan sxemasining parchasi (fragmenti) [1]

To'sinning egilishida kuchning qo'yilish nuqtasi siljiydi, bu ichki kuchlarni aniqlashda qiyinchilik tug'diradi, chunki ko'riladigan kesib olingan qismining yangi geometrik o'lchamlari, o'z navbatida, tizimning

geometrik shakliga bog'liq bo'lgani uchun, ichki kuchlar aniqlanguncha noma'lum bo'lib qoladi. Kichik siljishlarda ko'rsatilgan vaziyat ahamiyatga ega emas, chunki deformatsiyalangan tizim deformatsiyalanmaganidan sezilarli farqlanmaydi. Bu holda qotish tamoyiliga muvofiq muvozanat tenglamasi deformatsiyalanmagan tizim uchun (1.1, b-rasm) tuziladi. Shuning uchun hisobiy tenglamalar chiziqli, va bunda $N_x = 0$, $Q_x = P$, $M_x = P_x$ olinadi. Aks holda, jism o'lchamlari o'zgarganda, hisobiy tenglamalar nochiziqli bo'lib qoladi.

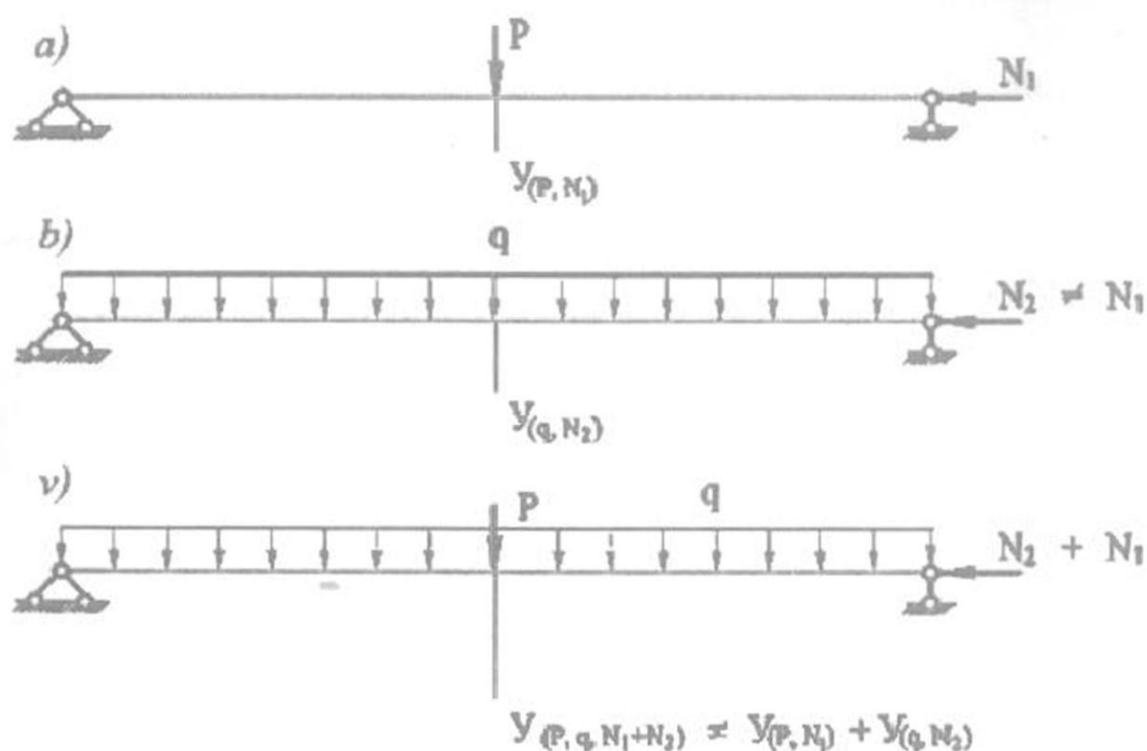
Agar hisob-kitobni deformatsiyalangan sxema (ularning geometrik o'lchamlari o'zgarishini hisobga olib) bo'yicha olib borilsa, unda muvozanat tenglamalari nochiziqli (bunda R kuchning "yelkasi" ancha o'zgaradi) bo'lib qoladi. E'tibor berish lozimki, bu prinsipni katta siljishlar mavjud bo'lganda qo'llash mumkin emas. U kichik siljishlarda ham to'g'ri kelmasligi mumkin, agar yuklangan jism shakli ancha o'zgarsa. Siljishlar va tashqi kuchlar orasidagi mutanosiblik sharti rioya qilingan tizimlar asosiy tamoyillarining ikkinchisiga – *superpozitsiya* (ustiga qo'yish) yoki kuch ta'sirining mustaqilligi *tamoyiliga* bo'ysunadi.

Shu prinsipga muvofiq siljish va ichki kuchlar elastik jismda sodir bo'ladi, tashqi kuchlarni qo'yish tartibiga bog'liq emas deb hisoblanadi: agar tizimga bir nechta kuch qo'yilgan bo'lsa, unda har bir qo'yilgan kuchdan sodir bo'lgan ichki kuchlarni alohida aniqlash mumkin, keyin esa hamma kuchlar ta'sirining natijasi har bir kuch ta'siri yig'indisi kabi olinadi. Superpozitsiya tamoyilini qo'llash R kuch, m moment va teng tarqalgan q yuklar bilan yuklangan to'sin-konsolning egilish misolida ko'rsatilgan (1.2-rasm). Superpozitsiya (kuchlar ta'siri mustaqilligi) tamoyilidan kelib chiqadiki, u, masalan, R , m va q yuklardan sodir bo'lgan (1.2, a-rasm) to'sin uchidagi U egilish alohida har bir yuk ta'siridan sodir bo'lgan U_1 , U_2 va U_3 egilishlar yig'indisiga teng (1.2, b, v, g-rasm), ya'ni $U = U_1 + U_2 + U_3$.



1.2-rasm. Superpozitsiya tamoyili uchun: a – to'la yuklash sodir bo'lgan egilish; b, v, g – deformatsiyani tashkil etuvchilari [1]

Xuddi shunday to'sinning ixtiyoriy kesimida eguvchi moment va ko'ndalang kuch to'g'risida gapirish mumkin. Superpozitsiya tamoyilini faqat chiziqli-deformatsiyalanadigan elastik tizimlar uchun qo'llash mumkin. Misol bo'lib "bikr" to'sin xizmat qilishi mumkin, unda bo'ylama kuchning egilishga ta'siri juda sezilarsiz namoyon bo'ladi. Aksincha, egiluvchan (qayishqoq) to'sinda bo'ylama kuchdan sodir bo'lgan moment ko'ndalang kuchdan sodir bo'lgan moment bilan o'lchovdosh (bir-biriga yaqin). Bunday to'sinda KDH nafaqat qo'yiladigan ko'ndalang va bo'ylama kuchlarning yakuniy qiymati, balki ularning qo'yilish ketma-ketligiga ham bog'liq bo'ladi. Shunga amal qilgan holda, masalan, to'sin sxemasini (1.3,v-rasm) sxemaning superpozitsiya kabi qarash mumkin emas (1.3,a,b-rasm).



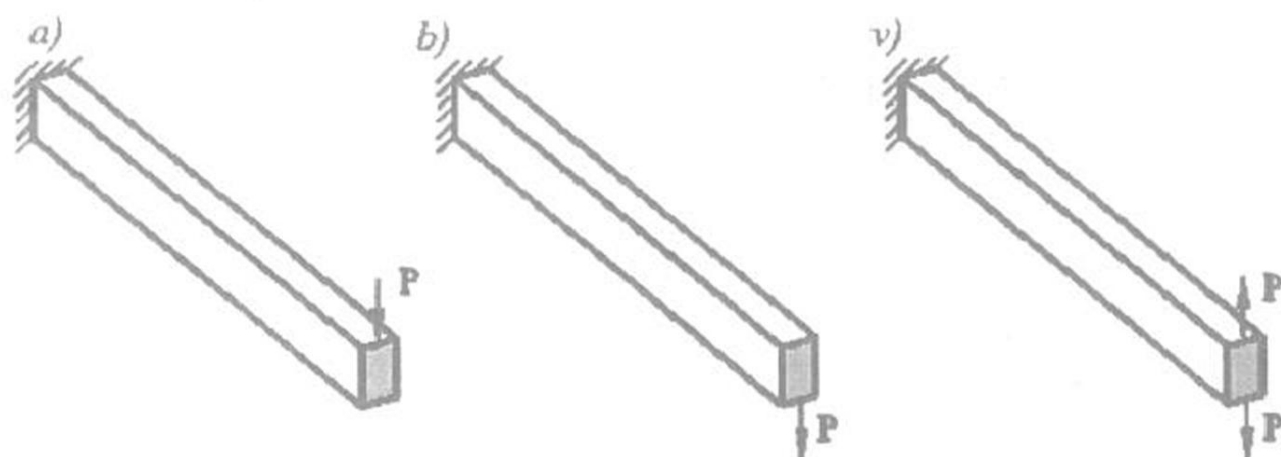
1.3-rasm. Egiluvchan to'sin: a, b – P va N_1 , Q va N_2 yuklardan sodir bo'lgan egilish; v – P va N_1 , Q va N_2 yuklarning birgalikdagi ta'siridan sodir bo'lgan egilish [1]

Uchinchi – Sen-Venan tamoyilini ko'rib chiqamiz. Prinsipning mohiyati: agar elastik jismning biror-bir zonasi oralig'iga kuchlar tizimi (majmui) qo'yilgan bo'lsa, unda ko'rilayotgan zonaning xarakterli o'lchamlaridan ancha kattaroq masofada hamma statik ekvivalent kuchlar uchun kuchlanish va deformatsiya deyarli bir xil. Sen-Venan tamoyili, masalan, jism yuzasining kichik qismida ta'sir qiladigan taqsimlangan (tarqalgan) yukni yig'ma yuk bilan amashtirish imkonini beradi, va, aksincha, unga muvofiq yig'ma yukni yuzaning kichik qismiga qo'yilgan

tarqatilgan yuk bilan almashtirish mumkin. Sterjenning bir nechta nuqtasida ko'ndalang kesilgan joyiga qo'yilgan momentlarni bitta yig'ilgan moment bilan almashtirish mumkin. Sterjenning ko'ndalang kesilgan joyiga qo'yilgan kuchni ta'sir chizig'i bo'yicha ko'chirish mumkin. Haqiqatdan, a sxemadan b sxemaga o'tish v sxemani qo'yish bilan bog'liq, unda egilish sodir bo'lmaydi (1.4, a , b , v -rasm).

Mustahkamlik mezonlari keyingi taraqqiyotining asosiy yo'nalishlari [4-9]:

1. Izotrop va anizotrop materiallarning mustahkamlik va plastiklik nazariyalarini ishlab chiqish, shu jumladan, hajmiy kuchlanganlik hol uchun orttirilgan anizotropiya bilan yuklashning turli, jumladan, murakkab va takroriy o'zgaruvchi rejimlarida;
2. Ma'lum mexanik xossalari bilan yangi materiallar yaratishning ilmiy-asoslangan usullarini ishlab chiqish;



1.4-rasm. Sen-Venan tamoyili uchun: a , b – yuk qo'yishning har xil ekvivalent sxemalari; v – tushuntiruvchi ekvivalent sxema [1]

3. Yangi materiallar fizik-mexanik xossalarining eksperimental tadqiqoti va natijalarini muhandislik hisob-kitoblarida qo'llash;
4. Elastik va plastik materiallar mustahkamligining tegishli statik nazariyalarini keyingi ishlovi va uni takomillashtirish;
5. Mustahkamlik va plastiklikning deformatsion mezonlarini ishlab chiqish;
6. Deformatsiyalanadigan qattiq jismlar mexanikasida termodinamik va energetik konsepsiyalarni mukammallashtirish va rivojlantirish;
7. Materiallarning dinamik yuklar ta'siridagi mustahkamlik va plastiklik nazariyalarini ishlab chiqish;
8. Yuklashning dinamik va siklik rejimlarida qattiq jismlar sinish mexanikasining keyingi rivoji.

1.6. Qurilish mexanikasining tarkibiy qismlari

Sterjenli tizim – yassi va fazoviy ferma, to'sinli tizim, arka, yassi va fazoviy rama, tirgovich devor va sh. o'. larning mustahkamlikka, bikrlikka va turg'unlikka hisoblash nazariyasi qurilish mexanikasi hisoblanadi. Qurilish mexanikasida materiallar xossalariga tegishli materiallar qarshiligining barcha dastlabki shartlari va gipotezalaridan foydalaniladi [1].

Qurilish mexanikasining tamoyiliy mohiyati, rivojlanishining boshi nafaqat hisoblash imkoniyatlaridan tashkil topgan. Qurilish mexanikasi rivojlanishining asosiy bitmas-tuganmas manbai konstruksiyalarni hisoblash uchun quyida keltirilgan asosiy talablarni qondiradigan shunday modellarni qurish hisoblanadi [1]:

- hisobiy model (sxema) ning haqiqiy konstruksiyaga maksimal mos kelishi – bu konstruktiv shakllar taraqqiyotiga, yangi material va tayyorlash texnologiyalariga, konstruksiya elementlarining bir-biri bilan, hamda konstruksiya o'zining tashqi muhit va sh. o'. lar bilan o'zaro ta'sirining chiziqli va nochiziqli shakllarini tanlashga hisobiy modellarning mos kelishiga doimiy zidligi;
- hisobiy modellarning konstruksiyalar rivojlanishining intellektual (zakovatli) shakllariga yaqinlashishi, shu jumladan, konstruksiyalarning kuchlanganlik-deformatsiyalanish holatini boshqarish, neyroboshqariladigan konstruksiyalarni yaratish uchun. Bu yerda qurilish mexanikasining bir-biriga yaqin boshqa fanlar bilan sintezi sodir bo'ladi, fanlar birikuvida fanlararo taraqqiyot deb nomlanadigan;
- materiallar iqtisodiy, mehnat sarfi va sh. o'. talablarni maksimal qondirish maqsadida konstruksiyalarni optimal loyihalash va ularni boshqarish;
- konstruksiyaning har xil muhitlar bilan o'zaro ta'sirini hisobga olish (termoelastiklik, aeroelastiklik, gidroelastiklik, magnitoelastiklik va b. larning bog'langan (birikkan) vazifasi deb nomlangan).

Qurilish mexanikasining tamoyiliy funksional strukturasi va uning konstruksiyalar bilan fundamental asos kabi rivojlanishi uchun aloqasi 1.5-rasmda ko'rsatilagan.

Bu yerda uchta manba ajratilgan – qurilish mexanikasining uch tarkibiy qismi:

- rasmiylashgan (hisoblash usuli va algoritmi);
- rasmiylashmagan (ideologiya, model, gipoteza, tashqi ta'sirlar, tashqi muhit bilan aloqa va sh. o'.);
- tajriba qismi, hisoblashning aniqligini tekshirish mezonlari, hamda mukammallashtirish va rivojlantirish uchun manba hisoblangan ishlab

chiqarish tajribasi bilan birga.



1.5-rasm. Qurilish mexanikasining uch tarkibiy qismi [1]

Ta'kidlash lozimki, qurilish mexanikasining rasmiylashtirilmagan va eksperimental qismi uni rivojlanishining tuganmas manbai hisoblanadi. Bu fanning hozirgi va kelajak tarixi shunaqa. Qurilish mexanikasi (konstruksiya mexanikasi) ning turdosh (amaliy matematika, hisoblash texnikasining sonli usullari) fanlari, konstruksiya, materiallar, qurilish texnologiyalari va eksperimenti, foydalanish tajribasi bilan aloqasi 1.6-rasmda ko'rsatilgan. Bu yerda ikkita har xil tamoyilli yo'llari ajratilgan [1]:

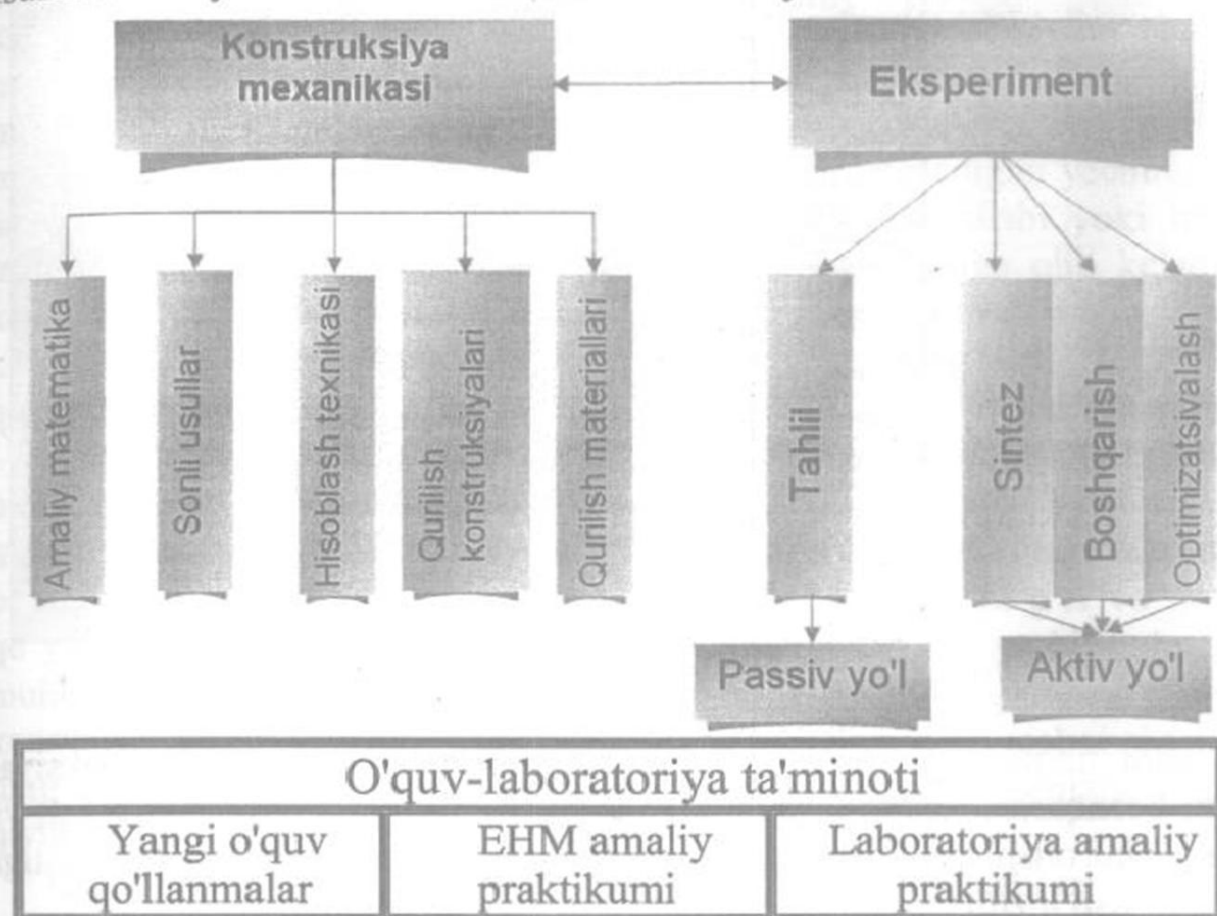
- passiv – tahlil qilish maqsadiga ega, ya'ni sodir bo'ladigan vaziyatni qayd qilish va tushunish;
- faol – konstruksiyani uni yaratuvchisi – konstruktorning istagan talablariga bo'ysundirish maqsadiga ega.

Nafaqat yangi konstruktiv shakllar tahliliga, balki sinteziga ham ijodiy munosabatni shakllantiruvchi laboratoriya praktikumi, o'quv qo'llanma va yangi turdagi vazifalar uchun boshqariladigan konstruksiya modelining o'quv sinfi o'quv-uslubiy ta'minot va faol o'qitishning asosi hisoblanadi.

Qurilish mexanikasining maqsad va vazifalari. EHM ni qo'llab qurilish mexanikasi masalalarini yechishni shartli ravishda uch bosqichga bo'lish mumkin.

Birinchi bosqichda – o'tgan asr 60-yillarining o'rtalarigacha, qoidaga ko'ra, ayrim (xususiy) masalalarni yechishda o'sha oldin sinalgan usul va algoritmlarni qo'llab, EHM dan foydalanmasdan amalga oshirildi. EHM uchun dasturlar ham xususiy xarakterga ega edi, garchi konstruksiya-

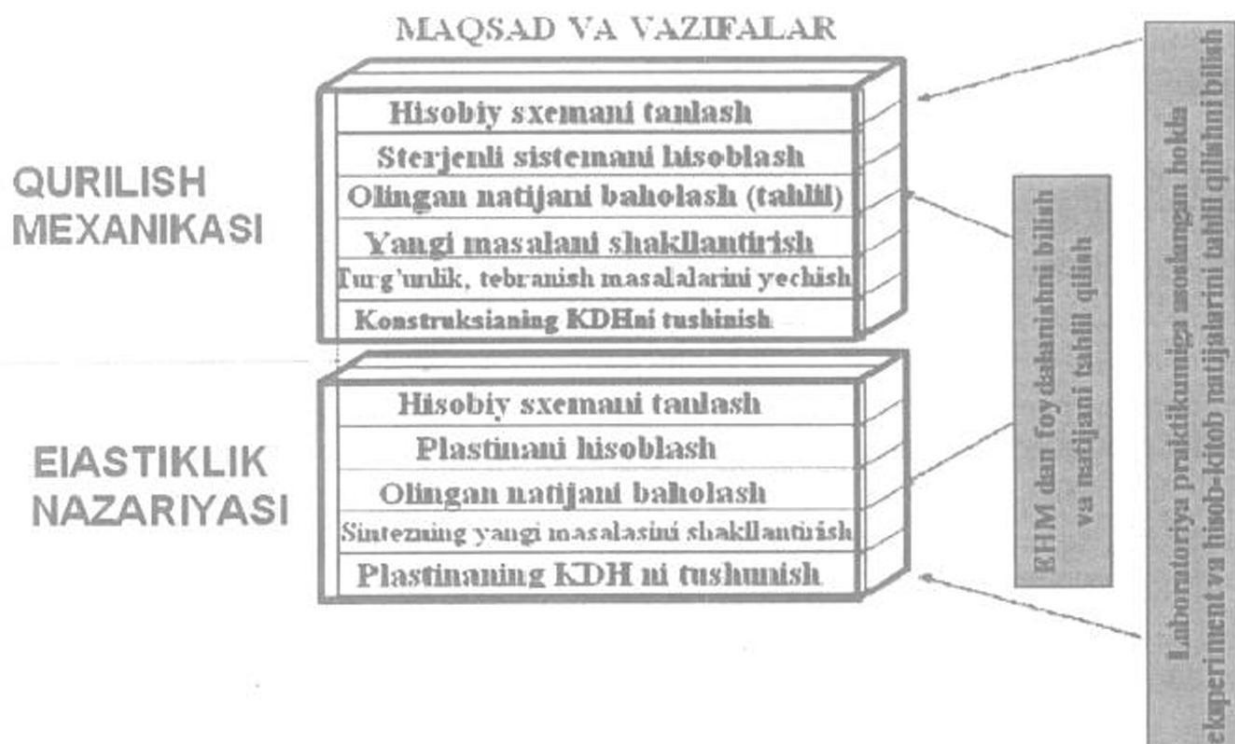
larning mustahkamlikka bir qator murakkab kuch, siljish, chekli ayirma usullaridan foydalanib hisob-kitoblari EHM da yechilsa ham.



1.6-rasm. Qurilish mexanikasining boshqa fanlar bilan o'zaro aloqasi [1]

Ikkinchi bosqichida – o'tgan asr 60-yilning o'rtalaridan 70-yilning o'rtalarigacha – ko'pgina loyiha institutlari va OO'Yu larida ishonchli va umumli dasturlarni yaratish imkonini beradigan EHM larning ikkinchi avlodini qo'llay boshlashdi. Bu chekli elementlar usulini (ChEU) keng qo'llash va taraqqiy ettirish, hamda murakkab fazoviy tizimlarni mustahkamlikka hisoblash uchun tegishli dasturiy majmualarni yaratishning material bazasi (asosi) bo'lib xizmat qildi. Bu davrda bajarilgan ko'pgina ishlarning ajralib turadigan xususiyati mualliflarning amaliyot ehtiyojlarini qondirishga, hisobiy modellarni real konstruksiyalarga yaqinlashtirib, murakkabroq tizimlarni hisoblash imkonini beradigan usul, algoritmi va dasturiy majmualarni yaratishga intilishi hisoblandi.

Uchinchi bosqichda – (o'tgan asr 70-yillarining o'rtalaridan boshlab) rivojlangan operatsion tizim, yuqori saviyadagi har xil til (usul), hamda axborotlarni kiritish va olishning kengaytirilgan imkoniyatlari mavjudligi bilan xarakterlanadigan mashinalarning uchinchi avlodidan (asosan YeS EVM) foydalana boshlashdi (1.7-rasm) [1].



1.7-rasm. Qurilish mexanikasi va elastiklik nazariyasining maqsad va vazifalari [1]

Faol tizimli yondashish usullarini egallamoq, xususan konstruksiyalarni boshqarish, optimal rejimlarni yaratish, avariya xavfidan qutulish va uni oldini olish, yangi tipdagi konstruksiyalarni ishlab chiqish mahoratiga ega bo'lish lozim bo'ldi.

Mantiqqa zid ravishda, ammo zamonaviy hisoblash texnikasi va uning dasturiy ta'minoti rivojlanishi bilan yangi negativ vaziyatlar vujudga keladi. Bularga quyidagilar kiradi [1]:

1. EHM hamma narsaga qodir va kompyuter yechimi, so'zsiz, aniq va to'g'ri degan tushuncha xato va mubolag'ali. Bunday tushunchalar qurilish mexanikasida yetarlicha kompetentli bo'lmagan mutaxassislar uchun xos, afsuski, bularga birqator loyihachilar ham kiradi. Qurilish mexanikasini yetarlicha bilmasdan, bunday "mutaxassislar" kompyuterda o'tirishadi va dasturda keltirilgan yo'riqnomaga rioya qilib, yetarlicha murakkab konstruksiyalarni hisoblashga kirishishadi;
2. Hisobiy dasturlar va chekli-elementlar tahlili asoslarining tushunchasi mavjud emasligi;
3. Sertifikatsiyalashtirilmagan dasturlardan foydalanish.
4. Hisoblash aniqligi, maqbulligi (yaroqliligi) rostakam (haqiqiy) konstruksiyaning chekli elementli hisobiy modelining mosligi masalalari ko'pincha tahlil qilinmaydi, mexanika qonunlariga yechimlarning mosligi tekshirilmaydi. Natijada tushunilmagan (ongsiz ravishda qilingan) xatolar sodir bo'ladi, unda kompyuter

yechimlarining bexatoligiga mulohazasiz ishonch yashirishgan.

Balki, shuning uchun ba'zi bir jiddiy firmalar yechimlarni ikkita kompyuter dasturi bo'yicha olish tartibi (qoidasi) ni kiritishgan. Ammo ishga bunday munosabat bo'lganda ham bu tadbir ishonchlilikni ta'minlamasligi mumkin. Kompyuter hisoblovchi – konstruktor qo'lida yetarlicha murakkab instrument hisoblanadi va u tomonidan beriladigan yechim masalaning qo'yilishiga bog'liq. Masalaning yomon qo'yilishi yoki boshlang'ich ma'lumotlarning yetarlicha aniq emasligi shunga olib keladiki, kompyuter dasturi yordamida olinadigan "aniq" yechim mohiyati bo'yicha xato. Bu xatolarga kompyuter aybdor emas, balki uning egasi – vazifani qo'yuvchi.

Shuni aniq tushunish lozimki, xatto eng mukammallashgan kompyuter ham qo'yilgan vazifa chegarasidan chetga chiqa olmaydi yoki boshlang'ich ma'lumotlarni to'g'rilay olmaydi. Eng yaxshi holda unga nima topshiriq berilgan bo'lsa, shuni yaxshi (halol) bajaradi. Masalani to'g'ri va ijodiy qo'yish uchun, qurilish mexanikasi va matematikadan chuqur bilim hamda muhandislik sezgirligi (intuitsiya) ga ega bo'lish kerak, ayniqsa, fazoviy konstruksiyalarni ratsional shakllarini vujudga keltirish va tashqi shartlarning noaniqligida, qonunlar tushunarsiz va modellarni formallashtirish qiyinligida.

Qurilish mexanikasining masalalari har doim hisoblash xususiyatiga ega bo'lgan katta qiyinchiliklarni bartaraf qilish bilan bog'liq bo'lgan. Shuning uchun A.F. Smirnovning ilmiy ishlari alohida o'rin egallaydi, unda EHM va tegishli chet el ishlari paydo bo'lishiga qadar muntazam ravishda matritsa (matematik elementlar jadvali) nazariyasi apparati, chiziqli algebraning hisoblash usullaridan foydalanildi [59].

Keyinchalik, EHM laridan keng foydalanilganligi va chiziqli algebra usullarining rivojlanganligi tufayli ayniqsa hisoblash usullari jadal rivojlanayapti va qurilish mexanikasi masalalari shakllanadigan chiziqli algebra tili asosiy bo'lib qolayapti. EHM lari paydo bo'lgandan so'ng chet elda konstruksiya va inshootlarni hisoblashning "matritsali usullari" paydo bo'ldi va tezlik bilan rivojlana boshladi. J. Argiros va uning izdoshlari [7] ishining rus tilidagi birinchi tarjimai mustahkamlikka hisob-kitoblarning matritsali shaklini tatbiq qilishga imkon tug'dirdi.

Qurilish mexanikasi sonli usullari taraqqiyotiga yetakchi matematiklarning ishlari ham jiddiy ta'sir ko'rsatdi, akademik A.I. Krilovning hamma davlatlarga taniqli kitobidan boshlab, chiziqli algebra bo'yicha D.K.Fadeev, V.I.Fadeeva kabi mutaxassislar va boshqa ko'pgina mamlakatimiz va chet el matematiklarining fundamental ishlarigacha [59].

Qurilish mexanikasining asosiy tizimli tamoyillari. Tizimli yo'l

(yondashish), tizim taraqqiyot qonunlari masalalari va yechimlar qabul qilish mahoratiga bir qator ilmiy monografiyalar bag'ishlangan. Tizimli yo'lni bilish zamonaviy muhandisga amaliy dialektika kabi kerak. Hisobiy modellarni tanlash uchun muhandislik yo'lining umumiy masalalarini ko'rib chiqamiz. Hisobiy modelni tanlashda yo'lining tizimligi, qoidaga ko'ra, quyidagi masalalarni yechish bilan bog'liq [1]:

- dastavval, hisoblashning maqsadli funksiyasini aniqlash (masalan, mustahkamlikka hisoblash yoki konstruksiyaning istalgan shaklini saqlash maqsadida texnologik ekspluatatsion ishonchliligini ta'minlash uchun);
- model geometrik qismini ideallashtirish;
- konstruksiya materiali xossasini ideallashtirish;
- elementlar orasidagi birikuvlarni ideallashtirish;
- tashqi kuch va klimatik ta'sirlar hamda ish sharoitini aniqlash.

Bu masalalarning barchasini yechish hisoblashning fundamental maqsadiga bo'ysunadi va, ko'pincha, ob'ekt va unga ta'sirlar to'g'risida bilimning noaniqligi bilan qiyinlashadi. Ko'p funktsionallik bir emas, balki bir nechta hisobiy modellarni qo'llashni talab etadi. Masalan, ko'zguli antenna qobig'ining hisobi mustahkamlik, turg'unlik va b. shartlardan tashqari, uning parabolik shaklini saqlashni talab etadi. Muhandis doim nafaqat tanlangan modelni to'g'ri hisoblashning umumiy talablarini bajarishi kerak, balki bu model real loyihalangan konstruksiyani, uning funktsional vazifasi, ish va foydalanish sharoitlarini qanday yoritishning g'amini yemog'i lozim [1].

BOB II.

Konstruksiya va inshootlarni hisoblashning sonli usullari

2.1. Hisoblash sonli usullari rivojlanishining asosiy yo'nalishlari

Chekli elementlar usulining umumiy qoidalari. Yaxlit muhit va uzluksiz jarayonlarning umumiy modeli va uning asosiy usuli – kichik uchastkalarda uzluksiz funksiyalarga chiziqli yaqunlashish kabi matematik tahlilni tuzib, Nyuton uni bevosita tizim tenglamalarini tuzish va hisoblashlarni amalga oshirish uchun tatbiq qildi [1]. Shuning uchun u, masalan, chekli va taqsimlangan ayirmalar jadvalini qurdi. Shu bilan birga, modellar xossalari va hisoblash uchun cheksiz kichik tahlil ishlab chiqildi va qo'llanildi, ya'ni bu tenglamalar chegaraviy xossalarning uchastkalar o'lchamlarini kamaytirishda analitik tadqiqot. Ammo keyingi vaqtlarda asosan analitik yo'nalish rivojlandi: tenglamalar katta tizimlarining kompyutersiz yechimi juda ham sermashaqqat vazifa bo'ldi.

XIX–XX asrlarda konstruksiyalarning hisob-kitobida ham tahlilning asosiy usuliga kam e'tibor qaratildi. Statik aniq konstruksiyalarni hisoblashga katta e'tibor qaratildi va ularni statik noaniqligini ochish uchun qo'llanildi. Bunda muvozanat sharti tenglamalarini soddaroq, mustaqil va oson yechilishining qulay ketma-ketligini tanlanishi yutuqning garovi bo'ldi. EHM lar paydo bo'lishi bilan tahlilning asosiy usuli konstruksiyalarni modellashtirish va hisoblashda yana o'zining mustahkam o'rnini egalladi. Uning ikkita asosiy shakli paydo bo'ldi va keng qo'llanila boshalandi: Nyutonga tegishli bo'lgan chekli ayirmalar usuli (ChAU), va chekli elementlar usuli (ChEU), u rivojlanishining asosiy tomoni (momenti) ni lokal koordinatali funksiyalar bilan Galerkin usulidan foydalanish to'g'risidagi R. Kurant [62] g'oyasi bilan bog'lanadi.

Yaxlit muhitlarni modellashtirish va hisoblash uchun ko'pgina zamonaviy universal dasturiy majmualar ikkita katta afzallikka ega bo'lgan ChEU ga asoslangan. Birinchisi: lokal koordinatali funksiyalar hisobiy zonaning triangulyatsiyasi asosida qurilishi mumkin, ya'ni uni oddiy va ko'phadli funksiyalarning o'zaro moslashtirilgan tushunchalari olinadigan oddiyroq figuralar – uchburchak yoki tetraedr (hamma yoqlari uchburchakdan iborat to'rtyoqlik) larga bo'lish. Va ikkinchisi: Galerkin usuli (amalga oshirsa bo'ladigan qonun-qoida taraqqiyoti kabi) eng qisqa yo'l bilan geometrik birikma va uzluksizlik shartlari bilan tenglamalarning moslashtirilgan tizimini beradi.

Siljish usuli paydo bo'lgandan va uni biki tugunli ferma, yassi rama va

sh. o". larni hisoblashlarda birinchi muvaffaqiyatli qo'llanishidan so'ng, o'tgan asrning 20-yillaridayoq A.A.Gvozdev ishlarida bu usulning varianti tavsiya qilindi; unda tizim elementi sifatida yakka sterjen emas, balki amaliy masalalarda ko'p uchraydigan oddiy rama qabul qilindi. Bu chekli elementlar usuli paydo bo'lishidan ancha oldin superelementlar qo'llanishining birinchi qadami bo'ldi.

U tomondan kuch usuli va siljish usuli algoritmi umumlashtirildi, sterjenli tizimlarni hisoblashning qo'shma usuli tavsiya etildi, bu usul ko'pgina olimlarning keyingi ilmiy ishlarida sterjensiz tizimlarda ham qo'llanildi. I.M.Rabinovich ilmiy ishlarida bu usullarni elastik tizimlar uchun ham qo'llash bilan bog'liq bir qator teoremlar isbotlandi, bu tizimlarni hisoblashning ayirma analitik usullari yo'nalishi rivojlantirildi [1].

Boshlang'ich parametrlar usuli keng ommalashtirildi, u ko'pgina olimlarimiz ishlarida uziladigan parametrlar bilar tizimlarni hisoblash kabi ko'rib chiqildi. V.Z.Vlasov va uning izdoshlari ishlarida bu usul yupqadevorli tizimlarni hisoblashda qo'llanildi va hozirda jadal rivojlanayotgan boshlang'ich funksiyalar usuliga aylantirildi (transformatsiya qilindi). Keyinchalik qurilish mexanikasining usullari inshootlar dinamikasi va turg'unligi masalalarini yechishda qo'llanildi, hamda undan konstruksiyalarining optimizatsiya masalalarida foydalanildi. S.P.Timoshenko, P.F.Papkovich, I.G.Bubnov, B.G. Galerkinlarning ilmiy ishlarida o'rin olgan g'oyalarga tayanib, ko'pgina olimlar murakkab fazaviy tizimlarni hisob-kitob masalalarini yechishda variatsion usullardan muvaffaqiyatli foydalandilar [1].

Bu to'g'ri sonli usullarni qurilish mexanikasining klassik algoritmi bilan aloqasi ko'rsatildi; u, masalan, inshootlarning dinamika va turg'unligi bo'yicha V.V. Bolotin ilmiy ishlarida muvaffaqiyatli foydalanildi.

Hisobiy modellar uchun evolyutsion yo'l. Konstruksiya hisobiy modelini aniqlash uning mohiyatini, kuchlanganlik-deformatsiyalanish (umumiy va lokal) holati va foydalanish parametrlari ko'rinishida bilishning muhim bosqichi sifatida qarashni talab etadi. Hisobiy sxemalarni izlash va tanlashda bilish jarayonining hamma tamoyilli o'ziga xos xususiyatlari mavjud bo'lishi kerak, shu jumladan [1]:

- bir butun tizimli yo'l, unda konstruksiyani uning konstruktiv o'ziga xos xususiyatlari bilan tayyorlash texnologiyasi va uni montaj qilish masalalari tashqi ta'sirlar, foydalanish, uzoqqa chidamlilik, ishonchlilik, ko'nikuvchanlik (moslashuvchaklik) shartlari hamda yakunida konstruksiyani yaratuvchisi va buyurtmachi tomonidan belgilangan (ko'rsatilgan) maqsadli funksiyalar bilan o'zaro aloqasi chuqur kelishiladi;

- qabul qilingan taxmin (gipoteza) lar va haqiqiy konstruksiya hisobiy modeli mosligini baholashga yo'naltirilgan hisobiy model rivojlanishi (mukammallashtirish) ning ko'psiklli (qoidaga ko'ra, bir martali emas) evolyutsion jarayoni.

Hisobiy modelni evolyutsion mukammallashtirish hisobiy modelda qabul qilingan taxminlarni ketma-ket baholash va uni qo'shimcha olinadigan axborot, shu jumladan, ham hisobiy, ham tajriba ma'lumotlari asosida oxirigacha o'rganish imkonini beradi. Hisobiy modelning evolyutsion taraqqiyot metodikasi [47] da bayon qilingan. Hisobiy model (rivojlanishi, mukammallashtirishi) ni bilishning ba'zi bir aqliy (intellektual) jarayoni sifatida oxirigacha o'rganish, qadamba-qadam (ketma-ket yaqinlashish) usuli bo'yicha [2] ham hisobiy, ham tajriba ma'lumotlaridan foydalanishda o'rganiladigan tanlov va uni to'ldirish asosida neyrotarmoqli texnologiya yordamida yaxshi amalga oshiriladi [36].

Aktuatorlar yordamida konstruksiyaning o'zgaruvchan parametrlari bilan boshqarishning neyrotarmoq moduliga qiritilgan uning hisobiy modelini mukammallashtirish (evolyutsiya) neyrotarmoqli texnologiyasi hisobiy modul va konstruksiyaning haqiqiy ishi orasidagi farq (qarama-qarshilik) ni bartaraf etish imkonini beradi, shu jumladan, neyroboshqarish, neyrobashorat, neyrooptimizatsiya masalalarini yechish [35]. Bunday yo'l ayniqsa konstruksiyalarni boshqarish, ularning ishonchliligi va uzoqqa chidamliligini oshirishda maqsadga muvofiq. U yangi konstruksiya, mashina, mexanizmlarni me'yoriga yetkazishda ham zarur, ular hisobiy model mukammal bo'lmagani uchun, ular real tizim va ularni tayyorlash texnologiyasidan tafovuti sababli sodir bo'ladi.

Qayd qilish lozimki, tanlangan hisobiy model bo'yicha hisob-kitoblarni amalga oshirish qo'llaniladigan hisoblash va dasturlar aniq ma'lum usulining imkoniyatlari va o'ziga xos xususiyatlari bilan bilish vositasi sifatida hisobiy model tushunchasi odatda farqlanmaydi (chalkashtiradi, aralash-tiradi). Boshqa so'z bilan aytganda, hisobiy modelga foydalaniladigan hisoblash usulining qo'shimcha o'ziga xos xususiyati va chegaralangan imkoniyatlari, yechimning aniqligi bo'yicha uning xatoligi, konstruksiyaning o'ziga xos xususiyatlarini to'g'ri hisobga olish va sh. o'. larni qo'yishadi. Bunda hisob-kitob qiluvchining bu usul to'g'risida yaxshi bilim va mahoratga ega bo'lishi, ma'lum hisoblash kompyuter dasturini qo'llash bo'yicha nazariy qoidalar va ko'rsatmalar yo'riqnomasini tushinishida, xato va nomuvofiqliklarini namoyon qilishda uning shaxsiy usuli alohida ahamiyat kasb etadi.

Ba'zi bir qora qutilar kabi foydalaniladigan ChE va sh. o'.larning o'ziga xos xususiyatini, olingan ma'lumotlarning aniqligini tadqiqot qil-

masdan va mexanika qonunlarining bajarilishi nuqtai nazari bilan ularni baholashsiz, nazariyani bilmasdan ko'pgina loyihachilar tomonidan ChEU kompyuter dasturlaridan foydalanishning tarqalishi alohida xavotirga soladi. Bu sub'ektiv omillarni bilishning ma'lum bosqichiga qo'yish sodir bo'ladi. Bu tomonlarni aniq farqlashga rioya qilish lozim, chunki psixologik (ruhiy) sub'ektiv baholash ob'ektiv mohiyatni to'sadi (xiralashtiradi).

Hisoblash dasturi va usullari kamchiliklari, hamda foydalanuvchining tajribasizligini boshqa usullar bilan yengish lozim va bilish jarayonining tamoyiliy qoidalari bilan aralashmasligi lozim. Bu tomonlarni aralashtirish hisobiy modellar va ular tahlilining imkoniyatlariga bag'ishlangan [38] monografiyada mavjud. [1] ning muallifi fikriga muvofiq, bu yerda hisobiy modellarni ta'riflashning filosofik bilish bo'yicha mohiyatining kamayishi o'rin oladi, hamda foydalanuvchilarning xatolari va mualliflarning bir qator shubhali tavsiyanomalariga ko'ra sonli chekli element tatbiqi bilan bog'langan dalil va misollarni to'plashni bo'rttirib yuboradi. Masalan, bularga quyidagilar kiradi:

- mualliflarning quyida kursiv bilan ajratilgan fikri (da'vosi), "... ta'kidlash lozimki, qovurg'alar joylashishining markazdan qochganligi kuchlarning membranli guruhiga mansub natijalariga ta'sir qiladi, shuning uchun konstruksiyada sof egilish tipidagi (va tegishli chekli elementlardan to'plangan) ekssentrisitetni hisobga olish" xech narsa bermaydi;
- Richardson bo'yicha shkala (jadval) ketma-ketligiga ekstrapolyatsiyani boshqa, masalan, neyroshkalali usullarining ekstrapolyatsiya va bashorat qilishga imkoniyatlari to'g'risida mulohazasiz ta'riflash [2];
- yechim aniqligining ChE larni tartibi bo'yicha (bikrli uchidan egiluvchi yoki teskarisi) raqamlashtirishga bog'liqligi va undan qanday qutulish to'g'risida mulohaza;
- foydalaniladigan elementlarning o'zigi xos xususiyatlari (ularning xossalarini isbotlanmaganligi) to'g'risida fikr yuritmaslik;
- ma'lumotlarning tarqoqligi (bir-biridan uzoqligi) asossiz yuqori bo'lgan hisobiy va eksperimental natijalarni taqqoslashni mantiqqa zid ravishda (paradoks holida) baholash; hisobiy dastur va b. lar samaradorli-gini taqqoslash metodikasi.

Hisobiy modelning taqribiy sonli tatbiqini baholash to'g'risida. Ta'kidlash lozimki, chekli-elementlar usullarining ahamiyati va samadorligini baholash azaldan har xil ma'noga ega bo'lgan. O'tgan asrning 70-yillarida ChEU ning paydo bo'lishi bilan mexanikaning rivojlanishi oxiriga yetdi degan fikrlar aytilishi o'rin oldi. Keyin bu fikrni Super ChEU ga o'tkazishga harakat qilindi. Murakkab tizimlarni ba'zi bir

chekli-elementlar approksimatsiyasida hisoblash imkoniyatlari bilishning chegaraviy absolyutizatsiyasi kabi qabul qilindi. Hozirda ham hisoblashning bir qator kuchli (qudratli) dasturli majmualari mavjud bo'lishi ChEU ni tushunib yetish jarayoni oxiriga yetmagan va uning kompyuter va neyrotarmoqli texnologiyalarning oshib boruvchi imkoniyatlari bilan bog'liq istiqbolli taraqqiyoti aniqlanmagan.

ChEU bo'yicha olinadigan natijalarning amaliy ishonchliligi bir qator hollarda maxsus tadqiqotlarni talab etadi. Axir bekorga ba'zi bir amerika firmalari faqat ular tomondan ko'rsatilgan dasturlar bilan olingan hisoblash natijalarini tan olishmaydi, va bu talablar me'yoriy hujjatlarda yoziladi. Bu ChEU ning tartib (tizim) siz ravishda rivojlanishiga jiddiy xislat (sifat), ayniqsa qo'llaniladigan yangi murakkab masalalarga.

Nodir (kamdan-kam uchraydigan) shkalalarda hisoblash natijalariga, yechimlar bir-biriga mos tushishlik tadqiqotisiz, mexanika qonunlari bajarilganligini teshirmasdan, bir qator hollarda esa eksperimental va boshqa etalon ma'lumotlari bilan ishonchli taqqoslamasdan o'tkazilgan hisoblashlarga tanqidiy qarash lozim. Boshqa tomondan, ba'zi bir analitik ("aniq") yechimlar bir qator hollarda "nuqta", "chizik", "yig'ma kuch" va b. turdagi bir qator matematik abstraksiya sababli ba'zi bir taxminiy sonli yechimlarga nisbatan haqiqiysidan ancha uzoq bo'lar ekan. Mexanikaning rivojlanish tarixini S.P. Timoshenko, V.Z. Vlasov, V.I. Feodosev, I.M. Rabinovich, P.M. Varvark, D.V. Vaynberg, I.F. Obrazsov va boshqalarining ishlarida keltirilgan ajoyib klassik traditsiya va usullarni esdan chiqarish kerak emas [1].

Kimlargadir tegishli mexanika rivojining oxiri bo'lib tuyulgan fikrga kelsak, shuni qayd qilish lozimki, "hisobiy model va haqiqiy konstruksiya orasidagi tafovut" turdagi ziddiyatlarni bartaraf etish mexanika taraqqiyotining tuganmas manbai hisoblanadi. Buning ustiga yangi material va konstruksiyalarni (shu jumladan neyroboshqariladiganlarni), hamda b. larni yaratish innovatsiyasini hisobga olish kerak. Shu sababli hisobiy sxemalar (aniqlik kiritish ketma-ketligi va hisobiy sxemalarni takomillashtirish) evolyutsiyasi to'g'risida konstruksiyalarning har xil o'ziga xos xususiyatlarini (nafaqat lokal turdagilarini) e'tiborga olib, ishonchliligi, yashovchanligini aniqlash, avariya holatlarini oldini olish va b. larni o'z ichiga olgan konstruksiyalarni hisoblash va loyihalash (masalan, eskizli taxminiy loyihadan texnik va ishchi loyihagacha) maqsadlarini jamlashga bog'lab gapirish mumkin [1].

Ko'rsatilgan texnik imkoniyatlar qurilish mexanikasi klassik usullarini hisoblash matematikasining har xil ko'rinishdagi usullari bilan birlashtirish imkonini beradi. Nochiziqli masalalar yechimiga alohida e'tibor

qaratilayapti, shu munosabat bilan iteratsion usullarning har xil variantlari mukammallashtirilayapti va ishlab chiqilayapti. Nyuton usuli, parametr bo'yicha integrallash va kichik parametr usullarining har xil variantlari keng ommalashib borayapti. Chetki masalalarning yechimi sohasida progonka usuli, hamda interpolatsionli polinomlardan foydalanishga asoslangan usullar juda samarali bo'lib chiqdi [1]. Deformatsiyalanadigan tizimlarning harakat tenglamalari uchun Koshi masalasini yechishning bir qator maxsus usullari yaratilayapti va takomillashtirilayapti, juda yuqori tartibdagi tizimlar uchun xususiy qiymatlarning qisman muammosini yechishning sonli usullari kuchli rivojlanayapti.

Bu usullarning taraqqiyoti sanoat xizmatidagi MDH davlatlarida yangi *Prochnost, Lira, Paradoks, Super, Parsek, Sprint* va b. kabi ma'lum dasturiy majmualarni yaratish imkonini berdi. Bu va boshqa majmualar juda murakkab ob'ektlar – temirbetonli fazoviy konstruksiya, yupqa devorli fazoviy tizim, ko'p qavatli bino, deformatsiyalanadigan asosdagi konstruksiya va sh. o'. larni hisob-kitobini o'tkazish imkonini yaratdi. Hisob-kitob ham fizik, ham geometrik noxiziqliklarni, hamda yuklashning murakkab turlari (seysmik, harorat va sh. o'.) ni hisobga olib amalga oshirilishi mumkin [4–9].

Yuqorida ta'kidlaganimizdek, inshootlarni hisob-kitoblarida EHM larni qo'llashning ilmiy bazasi bo'lib rivojlanayotgan va takomillashtirilayotgan chekli elementlar usuli (ChEU), chegaradosh elementlar usuli (ChegEU), oldinroq esa variatsion-ayirma usul (VAU) lari hisoblanadi. Hozirgi vaqtda bu usullarga bag'ishlangan adabiyotlarning o'lkan soni mavjud. ChEU bo'yicha keng bibliografiyaga ega tarjima qilingan kitoblar ko'proq ma'lum. Bular yetakchi chet davlat mutaxassisleri monografiylari, hamda MDH davlatlari tadqiqotchilarining ko'p sonli ishlari. EHM larini tatbiqi orqada qolgan (kechikkan) ligi sababli ular bu sohada ishni chet el hamkasblariga nisbatan keyinroq boshlashdi, ammo ChEUning rivojlanishi va mukammallashtirishida o'zlarining katta hissalarini qo'shdilar.

MDH davlatlari matbuotida birinchi bo'lib paydo bo'lgan ish, chamasi, A.V. Aleksandrov va N.N. Shaposhnikovlarning maqolasi hisoblanadi [10]. Kitobda A.V. Aleksandrov tomonidan plita-to'sinli tizim uchun siljish usulining varianti nashr qilingan, u mohiyati va zamonaviy tasnifi bo'yicha qabul qilinganidek, silindrik tizimlarning aniq sinfi uchun ChEU ning poluanalitik varianti hisoblanadi. U adabiyotimizda va hisob-kitob amaliyotida chet eldagiga nisbatan ancha oldin paydo bo'ldi. Bu ChEU rivojlanishidagi boshqa ko'pgina yutuqlarga ham taalluqli. Masalan, shartli-variatsion prinsip asosidagi original nazariya qo'shma usulni ChEU ga kiritish to'g'risidagi tavsiya R.A. Reznikov ishlarida bayon etilgan [7–

9]. Bu usul, mohiyatiga ko'ra, hozirda gibridli elementlarni qurish to'g'risidagi tavsiyasi ham hisoblanadi. Bu o'sha vaqtda qudratli EHM lari mavjud emasligi uchun tatbiq qilinmagan edi. Zamonaviy tadqiqotlarda ChEU ning hamma yo'nalishlari rivojlanayapti [7-9], chunonchi:

- har xil konfiguratsiyali va har xil elastik izotrop va anizotrop muhitlar uchun qo'llaniladigan koordinatalarning har xil tizimlarida yangi chekli elementlarni ishlab chiqish;
- elementlarning erkinlik darajasini orttirish yo'li, yuqori (ikkinchi va uchinchi va sh. o.) darajali elementlarni qurish orqali aniqlikni oshirish;
- superelementlar usulini rivojlantirish, hisoblash algoritmini tegishli o'zgartirish orqali oddiyrog'ini murakkabroq elementlarga ketma-ket birlashtirish;
- hisoblashning mos algoritmini qurish orqali elementlar va butun tizimni fizik va geometrik noxiziqqligini hisobga oluvchi elementlarni qurish;
- ChEU larining maxsus usullari va algoritmlarini ishlab chiqish va tenglamalarini yechish.

Zamonaviy qudratli ko'p protsessorli EHM larning mavjud emasligi (yetishmasligi) amaliyotimizda bu usulni nisbatan kamroq qo'llashga olib kelayapti, bu esa o'z navbatida tadqiqotlar sifatini kamaytiradi. ChegEU ni quvvati past EHM larida qo'llash ChEU bilan taqqoslaganda yetarlicha samaraga ega emas, chunki ChEU tenglamalari tizimining matritsasi simmetrik emas, lentali strukturaga ega emas, hisob-kitob uchun maxsus dasturni talab etadi. Bularning hammasi statika masalalariga ChegEU ni qo'llash samarasini kamaytiradi. Inshootlar dinamikasi masalalarida bu kamayish xatto bizlarda foydalaniladigan EHM larda ham unchalik sezilarli emas.

2.2. Inshootlar dinamikasi usullarining rivojlanishi

Bu mavzuga tegishli ishlar sonining ko'pligi bois, bu yerda gidro- va aeroelastik tebranishlar, sinish mexanikasining dinamik masalalari, dinamik masalalar yechimining ehtimollik usullari va b. masalalarni batafsil ko'rib chiqmasdan, asosan qurilish konstruksiyalarining hisoblash usullarini determinatsiyalashgan ko'rinishda ko'rib chiqish bilan cheklana-miz.

Chekli elementlar usuli. ChEU harakat tenglamalari fizik va geometrik chiziqli masalada umumqabul qilingan ko'rinishda quyidagicha yoziladi: $[K]y + [C]y + [M]y = F(t)$, noxiziqli omillarni hisobga olganda esa: $R(y - y, \dots) + [M]y = F(t)$, bu yerda $[K]$, $[C]$, $[M]$ – bikrlilik, dempfirlash

(tebranishni pasaytirish) va massa matritsalarini; R , u , F – reaksiya, siljish, yuk vektorlari; t – vaqt. Differensial tenglamalar (Runge-Kutt, Adams va b.) yechimining an'anaviy sonli usullari ChEU tenglama-larining o'ziga xos xususiyatlarini to'liq holda hisobga ola olmagan sababli, o'tgan asrning 60 – 70-yillarida differensial tenglamalarni yechish-ning maxsus usullari faol ishlab chiqila boshlandi [7], har xil usullar samaradorligini baholash uchun ularning tasnif va yo'llari o'rnatildi.

Sonli integrallash usullarini olinadigan yechim vaqt funksiyasi (xususiyy tebranishlar shakli bo'yicha ajratish usuli) hisoblangan analitik usullarga va yechim vaqtning bir qator qayd qilingan qiymatlari uchun olinadigan diskret (qadam) li usullarga ajratish mumkin. Usullarni yechimning aniqligi nuqtai nazaridan farqlashadi. Aniqlikning ikkinchi darajasi talabi umumiy qabul qilingan. Sonli yechim ustivorligi (barqarorligi) nuqtai nazari-dan, qadamli usullar shartli va, shak-shubhasiz, ustivorlarga bo'lingan.

Sonli yechimlar ustivorligining tadqiqot uslubiyati chiziqli masalalarga moslab batafsil ko'rilgan [7] va oshkora (aniq) va oshkorasiz (noaniq) usullarini qamrab oladi. Ammo nochiziqli masalalar uchun sonli yechim ustivorligi tadqiqoti umumiy metodikasida va aralash usullardan foydalanishda mazkur jihat (tomon) mavjud emas. Shu bilan birga, xususiyy ko'rinishdagi masalalar uchun ba'zi bir usullar ishlab chiqilgan.

To'ppa-to'g'ri qadamba-qadam integrallash usuli oshkora, oshkorasiz, yarimoshkora, aralashgan usullarga bo'linadi. Oshkora usullar oson tatbiq qilinadi, chunki massaning diagonal matritsasi holida deyarli tenglamalar tizimini yechish talab etilmaydi, vaqt bo'yicha o'zgaruvchan qadam ruhsat etiladi. Oshkora usullarning samaradorligi shartli ustivorlikni kamaytiradi, shuning uchun bir qator masalalar vaqt bo'yicha integrallashning juda kichik qadami va, tegishlicha, bunday qadamlarning katta soni talab etilishi mumkin. Oshkorasiz usullarni qurishda siljish, tezliklarning o'zgarishi xarakteri to'g'risida har xil taxminlar va muvaqqat interval ichida tezlashtirishdan foydalanishadi. Yechimni izlash sharti sifatida vaqtinchalik intervalda ba'zida harakat tenglamalarining integral qoniqtirish shartidan foydalanishadi.

Aralash usullarning rivojlanadigan guruhini alohida belgilash lozim, ulardan foydalanilganda tenglamalarning har xil guruhlari vaqt bo'yicha turli usullar yoki har xil qadamli bir usul bilan integrallashtiriladi. Aralash usullarni qo'llanishi birkirliki jiddiy farqlanadigan masalalarni yechishda dolzarb, masalan, grunt – inshoot tizimi hisob-kitob masalalari uchun. Katta birkirlikka ega bo'lgan inshootlar harakati tenglamalari oshkorasiz usul yoki vaqt bo'yicha kichik qadamli oshkora usul bilan integrallashtirilishi mumkin. Massiv yoki gruntga harakat tenglamalari

aniq sxema bo'yicha masalalarni yechish muddatini jiddiy qisqartirish imkonini beradigan kattaroq qadam bilan integrallashtirilishi mumkin. Chet el mutaxassislari aralash usullarni rivojlantirishni davom etishayapti. [25] da chekli elementlar shkalasi (to'ri) ning har xil tugunlari uchun vaqt bo'yicha qadamlari orasidagi karralilik talablari olib tashlangan. [29] da parallel hisoblashlar bilan zamonaviy EHM dan foydalanishga yo'naltirilgan aralash usul varianti tavsiya etilgan.

Superelementlar usuli ko'rinishida ChEU bo'yicha dinamik hisob-kitob masalalariga katta e'tibor qaratilmoqda. Ham harakat tenglamalarini to'ppa-to'g'ri integrallashtirishda, ham xususiy tebranishlar shakllari bo'yicha ajratish usulida qo'llaniladigan, yo superelement ichki erkinlik darajasining statik kondensatsiyalanishi (to'planishi) ga, yoki alohida konstruksiyalar tebranish shakllarining sinteziga asoslangan taqribiy yondashish (yo'l) lardan foydalanish xarakterli [29]. Ehtimol, hamma erkinlik darajalari uchun harakat tenglamalari qoniqtiriladigan, va to'ppa-to'g'ri qadamli integrallashtirish qo'llaniladigan yagona ish [9] hisoblanadi.

Chegaradosh elementlar usuli (ChegEU). ChegEU da masala chegaradosh integral tenglamalarning diskret o'xshashligini yechishga olib kelinadi. Integral tenglamalarning o'zi yaqinlikning [29] dinamik teoremasi yoki elastiklik dinamik teoremlarini fundamental yechimining vaznli funksiyasi sifatida foydalanish bilan uyg'unlik (anglashilmovchilik) ning fazo va vaqt bo'yicha muallaq usuli asosida olinishi mumkin [13–16]. Laplas o'zgartirishidan foydalanib, chegaradosh integral tenglama muvaqqat bog'liqlikdan xalos bo'lgan ko'rinishga nisbatan yozilishi mumkin. Dinamika masalalarida to'ppa-to'g'ri bo'lmagan ChegEU ning varianti ham mumkin [29], ammo u keng ommalashmadi.

Yechimning sonli qidirish ham chegaradosh tenglamalarni to'ppa-to'g'ri qadamli integrallashtirish, ham yechimning originalini olish uchun Laplas sonli teskari o'zgartirishlarining har xil usullaridan keyinchalik foydalanib, ko'rinishlarini qidirish yo'li bilan amalga oshishi mumkin. Oxirgi tadqiqotlar shundan dalolat beradiki, Laplas o'zgartirishlariga asoslangan yo'l bir xil aniqlikda mashina vaqtining kichik sarfini talab etadi, shuning uchun uning keng ommalashganini tushunish mumkin.

ChegEU ning dinamika masalalarida qo'llanishi nochiziqli omillarning hisobga olish qiyinchiligi, ixtiyoriy (erkin) anizotropiyali muhit uchun qulay analitik tushuncha mavjud emasligi bilan chegaralanadi. ChEU dagi kabi nostandart masalalarning yechimi, sermashaqqat ish, bu oxirgi vaqtlarda tegishli algoritmlarni mukammallashtirish bo'yicha nashr qilingan ishlar sonining ko'pligi bilan tushuntiriladi.

Diskretizatsiyaning boshqa usullari. Butun qurilish mexanikasida ham,

inshootlar dinamikasida ham oxirgi vaqtlarda diskretizatsiyaning har xil usullarini uyg'unlashtirish yo'nalishi rivojlanmoqda. Ikkita asosiy yo'lni ajratish mumkin. Birinchi – ikkita aniq usulni uyg'unlashtirish, masalan, ChEU va ChAU yoki ChEU va ChegEU; ko'proq bu yo'l grunt – inshoot tizimini modellashtirish uchun qo'llaniladi. Ikkinchi – superelement usuli asosida murakkab tizimlarni tahlili uchun ko'p sathli yo'l, bunda har bir superelementning hisob-kitobi optimal usul bilan bajariladi [7–8].

Seysmik ta'sirlarga hisoblash usuli. Oxirgi uch o'n yillikda ruhsat etilgan lokal sinishlar va noelastik deformatsiyalarni hisobga olib inshootlarni seysmik ta'sirlarga to'ppa-to'g'ri dinamik hisob-kitoblari tez avj olib rivojlanmoqda. Eksperimental usullar rivojlantirildi, shu jumladan, muhandis-seysmometrikli o'lchashlar, inshootlar hisobiy modellarini identifikatsiyalash usuli, qudratli seysmoplatforma va vibromashinalar yaratildi. Seysmoizolyatsiya nazariyasi rivojlantirildi – seysmoizolyatsiyalangan binolar soni bo'yicha Rossiya dunyoda birinchi o'rinda turadi.

Ammo, shuni ta'kidlash kerakki, inshootlarning sinishiga yaqin bosqichida temirbeton elementlar va xatto po'lat konstruksiyalarning deformatsiyalish chegarasi yetarlicha o'rganilgan emas. Bunda empirik ma'lumotlarni umumlashtirish ko'rsatilgan masalalarni yechishning yagona usuli bo'lishi mumkin emas. Bir tomondan, qattiq jismlar mexanikasining rivojlanishi va, ikkinchi tomondan, kompyuterli tahlil imkoniyatlarining kengayishi seysmik yuklarga hisoblash uchun gisterizis aylanmasini qurishning nazariy usullarini jiddiy rivojlantirish imkonini beradi. Tadqiqotlarning boshqa muhim masalalaridan quyidagilarni belgilash mumkin:

- temirbetonli va po'lat konstruksiyalarning sinish mexanizmlarini batafsil (mukammal) o'rganish, chegaraviy holatlar mezonlarini ishlab chiqish;
- optimal boshqarish va seysmik riskni minimallashtirish nuqtai nazaridan sinish mexanizmlarini rejalashtirish va optimal boshqarish usullarini yaratish;
- seysmoizolyatsiya usullarini rivojlantirish.

Xulosada shuni qayd qilamizki, inshootlar dinamikasi bo'yicha tadqiqotlarning boshqa sohalarida umumdunyo darajasi (saviyasi)dan orqada qolishi, sonli usullarni o'zini rivojlanishi hisoblash texnikasining rivojlanishi sabab bo'lganligida. Ilg'or ilmiy markazlarni zamonaviy EHM lari bilan ma'lumotlarni parallel qayta ishlash bilan ta'minlashga erishish lozim. Shu asosda bunday EHM lari uchun dinamik masalalar yechish algoritmlarini ishlab chiqish va tatbiq qilishdagi orqada qolishga barham berish mumkin bo'ladi. Fikrimizcha, dinamik masalalar yechimining har xil sonli usullarini ratsional uyg'unlashtirish masalalarida xali to'la oydinlik yo'q va

tadqiqotlar bu sohada dolzarb hisoblanadi. Konstruksiyalarning fizik xossalarini, ularning atrof muhit bilan o'zaro ta'sirining o'ziga xos xususiyatlarini to'laroq hisobga olib, nochiziqli masalalarni yechish usullarini rivojlantirish masalalari ham dolzarb hisoblanadi.

Konstruksiya va zaminlarning nochiziqli deformatsiyanishi, hamda gruntdagi to'liqli jarayonlarni hisobga olib, murakkab yer usti va yer osti inshootlarni seysmik ta'sirlarga o'zini tutishini sonli modellash yo'nalishida keyingi ishlanmalari zarur. Mikroseysmika, mikroseysmik hududlashtirish va har xil turdagi yuqori aniqlikdagi ishlab chiqarish (korxona) larni vibratsiyadan himoya qilish muhim muammolardan hisoblanadi. Loyihalash me'yorlarining yangi avlodidan foydalanishga yo'naltirilgan murakkab nochiziqli konstruksiyaning o'zini tutishini dinamik tahlili uchun dasturlar majmualarini yaratish dolzarb hisoblanadi, ularni qurilish konstruksiylari va loyihalash bo'yicha mutaxassislar bilan uyg'unlikda birga ishlab chiqish zarur.

2.3. Nochiziqli masalalarni yechish va inshootlar turg'unligi tadqiqotlari usullari

Nochiziqli tizimlarning deformatsiyanishi tegishli nochiziqli tenglamalar bilan ta'riflanmogi lozim. Bu tenglamalarning yechish usullariga ham ega bo'lmoq lozim. Hisob-kitoblarda EHM lardan foydalanish fizik, geometrik va konstruktiv nochizililiklarni hisobga olib yechiladigan qurilish mexanikasi masalalarining doirasini keskin kengaytirish imkonini berdi. Shunday qilib, EHM lar tadqiqot (hisoblash) ob'ekting matematik model xossasini real fizik tizim xossalariga yaqinlashtirish imkonini berdi. Boshqa murakkab tizimlar kabi qurilish mexanikasi murakkab tizimlarining o'ziga xos xususiyatlari shundaki, ularni ta'riflaydigan nochiziqli tenglamalari kamdan-kam hollarda oddiy analitik shaklda beriladi.

Fizik nochizililik elementlar materialining nochizililigi kabi eng qulay holda qandaydir egrichiziqli diagramma yoki kuchlanishlar va deformatsiyaning murakkabroq nisbati bilan beriladi. Geometrik nochizililik tizim va uning elementlarining qurilish mexanikasi tenglamalari, masalan, tizimning muvozanat tenglamalarini tuzish va yechishda, real deformatsiyasi va siljishlarini hisobga olish talablarida o'z aksini topadi. Bu talab bir qator masalalarda qurilish va hisoblashlar amaliyotidan olinadi. Konstruktiv nochizililikni hisobga olish hammadan ko'proq kuch ishorasi o'zgarishi sababli ba'zi bir tugunlarning ishdan chetlashtirish yoki element bikrligini tegishli o'zgartirish zaruratiga olib kelinadi. Inshootlar dinamikasi masalalarida vaqt bo'yicha

energiyaning tarqalishi bilan bog'liq bo'lgan nochiziqlilik qo'shiladi.

Hisob-kitoblar amaliyoti aniq tizimlarni hisoblashning ko'pgina masalalari uchun u yoki bu nochiziqli omillarni hisobga olishning har xil ko'rinishli qoida, metodika, algoritmlarini ishlab chiqdi, ular ancha oldin muhandislarga ma'lum edi va zamonaviy dasturiy majmualarda qo'llaniladi. Masalan, siqilgan-egilgan sterjenli (ustunli) ramalarni hisob-kitobida siqilgan ustun elementlarining nochiziqliligi eng ko'p ta'sir ko'rsatadi. Tizim umumiy geometriyasining o'zgarishi, ya'ni tugunlar siljishini tizim geometriyasiga ta'siri bu holda yechimga kam ta'sir ko'rsatadi.

Qurilish konstruksiyalarining nochiziqligi muhandislar – hisoblovchi va ilmiy xodimlarning tajribasi qurilish me'yor va qoidalarida kiritilgan. Bu yo'nalishda QKMITI (SNIISK, Moskva) va MMQI (MISI, Moskva) jamoasining ishlarini alohida ta'kidlash lozim, ammo EHM hisob-kitoblarida foydalanishga mo'ljallangan yetarli darajada umumiy usullarni yaratish hozircha kelajak ishi. Matematikada yetarli darajada mavjud bo'lgan umumiy usullar – Nyuton usuli, kichik parametr usuli – ko'pgina aniq dasturlarda qo'llaniladi, ammo bir qator taxminlarni kiritib. Iteratsiya usuli har xil talqin qilinadi va xatto chiziqli masalalarni yechishda ham qo'llaniladi.

Hozirgi vaqtda qo'llaniladigan nochiziqli tizimlarni hisoblashning barcha metodikasidan eng ko'p umumiyrog'i, fikrimizcha, "qadambaqadam" (poshagovaya) metodikasi hisoblanadi. Yuk qadam bo'yicha kichik pog'ona bilan qo'yila boriladi. Har bir qadamda tizimning siljishi aniqlanadi, uning yangi geometriyasi olinadi, kuchlanish sathi topiladi, bikrlilik (yumshoqlik) matritsalariga tegishli o'zgartirishlar kiritiladi, keyingi yuklash amalga oshiriladi va sh. o'. Ravshanki, bunday metodika mashina vaqtining katta sarfini talab etadi va, shu bilan birga, taqribiy bo'lib qoladi, chunki har bir qadamda tizim tavsiflari doimiy deb hisoblanadi. Mumkin, nochiziqli tizimlar hisob-kitobining yetarli darajada umumiy algoritmlarini qurishning optimal yo'llarini "matematik nochiziqli dasturlash" umumiy usullarini o'zgartirishda qidirish lozimdir [7]. Bu yo'nalishda ishlar ozgina bajarilgan, chunki bunday tadqiqotlar yaxshi material va dasturiy bazaga muhtoj bo'ladi.

Deformatsiyalanadigan tizimlar turg'unligi tadqiqotlarida alohida to'xtalish lozim, chunki ular nochiziqli tizimlarning hisob-kitobi bilan chambarchas bog'langan, ularda muvozanat shaklining tarmoqlanishi (bo'linishi) mumkin. Material Guk qonuniga bo'ysunganda, tizim turg'unligining yo'qolishi elastik bosqichda ham sodir bo'lganligi uchun, muvozanatning differensial tenglamalari esa siljishlarda nisbatan oddiyroq, va unda bu sohadagi tadqiqotlar haddan tashqari keng va nisbatan oddiyroq algoritmlargacha olib borilgan. Qurilish mexanikasining bu qiziqarli

bo'limi ham mamlakatimiz, ham chet davlatlarning ulkan bibliografiyasiga ega. Masalan, qurilish mexanikasi bo'yicha hamma obzor (umumlashtiruvchi qisqacha ma'lumot) lar elastik tizimlarning turg'unligi masalalariga bag'ishlangan maxsus boblardan tashkil topgan. Bu tadqiqotlar saviyasi doim dunyo fanining saviyasiga mos kelgan.

ChEU paydo bo'lishiga qadar S.P. Timoshenkoning energetik usuli ko'proq plastinka va qobiqlarning turg'unligi tadqiqotlarida qo'llanilgan. V.V. Bolotin [14–17] tomonidan tavsiya etilgan sterjenli tizimlar uchun bu usul paydo bo'lishining muhimligi, oldiniga chinakamiga anglab yetilmagan edi, chunki oldinroq bikrlilik matritsasiga qo'shimchalarning asosiy formulalari A.F. Rjanitsin tomonidan aniq transsedentli funksiyalarni parchalash (ajratish) yo'li orqali olingan edi. ChEU ning rivojlanishi bilan aniq bo'ldiki, V.V. Bolotin metodikasi sterjensiz elementlarga ham oson joriy qilinir ekan.

MDH davlatlari turg'unlikning dinamik yo'qolishi, nokonservativ yuklardagi turg'unligi bo'yicha tadqiqotlarda ham yetakchi bo'lgan. V.V. Bolotin [14–17] kitobi elastik tizimlar turg'unligi bilan jiddiy shug'ullanadigan hamma mutaxassislariga ma'lum, va bu sohada tadqiqotlarning butun oqimi (potogi) ni keltirib chiqardi. Bunday tadqiqotlar parallel ravishda ham matematika, ham mexanikalarda bajariladi. Albatta, nokonservativ yuklarda elastik tizimlarning o'zini tutish muammosi yuqori darajada mashinasozlik, raketasozlik va sh. o'. larga tegishli, ammo qurilish ob'ektlari ham shamolning qo'zg'aluvchi yuklariga duchor bo'ladi, bu tizimlarning fizik nochiziqliligi esa ularni mohiyatiga ko'ra nokonservativ qiladi.

2.4. Konstruksiya va inshootlarni hisoblash sonli usullari keyingi rivojlanishining konsepsiyasi va dolzarb yo'nalishlari

Umuman olganda, mamlakatimizda qurilish mexanikasi sonli usullari rivojlanishining saviyasi yuqori bo'lgani sababli, EHM paydo bo'lganiga qadar va bu mashinalardan foydalanish orqada qolishiga qaramasdan o'tgan asrning 70–80-yillarigacha uzoq vaqt – MDH davlatlaridagi mamlakatimiz fani chet fanidan orqada qolmadi. Oldinroq ishlab chiqilgan qurilish mexanikasi usullarining matritsali algoritmlari, sterjenli va yupqadevorli tizimlarning statika va dinamikasi, elastik-plastik deformatsiyalar tadqiqoti, elastik tizimlar turg'unligi va elastik zamindagi tizimlar deformatsiyalari sohalaridagi yutuqlar, qurilish mexanikasi sohasida yaxshi qo'yilgan ta'lim tizimi va ilmiy kadrlarni tayyorlash, kamchiliklar va hisoblash texnikasining kechikib amalga oshirilgan tatbiqini o'rmini

to'ldirdi, uning yangi namunalari, ulardan foydalanishning yangi ideologiyasini tezlikda o'zlashtirdi – "EHM oddiy arifmometr emas, tadqiqotlarning yangi qudratli instrumenti" [4–9].

Fan, ta'lim nufuzining pasayishi va kompyuterlash sohasida G'arbdan orqada qolish tezlashishi bilan, rivojlanishda ham, ko'proq sonli usullar qo'llanishida orqada qolish sezilarliroq bo'lib qolayapti. Yangi yutuqlar mualliflar tomonidan ko'proq nisbatan oddiyroq misollarni namoyishi uchun qo'llanilayapti. Murakkab, bahaybat va amaliy muhim masalalarni yechish esa qudratliroq hisoblash texnikalari paydo bo'lgunga qadar keyinga surilmoqda. Bular ayniqsa chegaradosh elementlar usuli, nochiziqli masalalar, inshootlar dinamikasining murakkab masalalari, elastik zamin-dagi fazoviy konstruksiyalar hisob-kitoblarini optimallashtirish masalalarining yechimlari rivojida sezilarli darajada ko'rinib turibdi. Aytilganlarga yakun yasab, shuni ta'kidlaymizki, bevosita qurilish mexanikasi sonli usullarining rivojlanishi sohasida bu jarayonning moddiy va uslubiy ta'minoti sharoitida quyidagi asosiy yo'nalishlar istiqbolli hisoblanadi [4–9]:

- tegishli dasturiy majmualarni yaratish samara beradigan tizimlarda bir vaqtda ChEU va ChegEU larini qo'llanishini hisobga olib keyingi mukammallashtirilishi;
- nochiziqli dasturlash sohasida matematikaning zamonaviy yutuqlaridan foydalanib nochiziqli qurilish mexanikasi va tegishli sonli usullar sohasida ishlarni kuchaytirish (kengaytirish), noyob inshootlarni ulkan EHM larda tadqiqot qilish uchun ko'proq umumiy usul va yo'llarini ham, shaxsiy (maxsus) EHM larida tizimlarning tor doirasi uchun alohida masalalarni yechishning ixtisoslashtirilgan metodikalarini ham yaratish;
- sonli-analitik usullarni yaratish va rivojlantirish, xususan, silindrik va o'qlari simmetriyali tizimlar uchun ular ishining nochiziqliligini hisobga olib chekli elementlarning yarim analitik usulini mukammallashtirish;
- inshootlar turg'unligi va dinamikasi masalalarini konstruksiyalarning hisobiy sxemalarini ularning haqiqiy ishiga yaqinlashtirish maqsadida, xususan, zilzilabardoshligi va vibrohimoyalari masalalarida yechish usullarini rivojlantirish;
- muntazam (doimiy) konstruksiya va diskret muhitlarning nochiziqliligini hisobga olib hisoblash usullarini rivojlantirish va mukammallashtirish;
- murakkab shaklli qobiqli konstruksiyalarning hisoblash usullarini mukammallashtirish. Bu masalalarni, shu jumladan nochiziqli, soddalash-tirish uchun ko'pgina hollarda qidiriladigan nochiziqli

yechimlarni chekli effekt (ta'sir) yechimlari bilan momentsiz, "yelimlab tuzatish" ko'rinishida tasvirlash mumkin;

- statik va dinamik ta'sirlarda zamin bilan o'zaro ta'sir qiluvchi gruntlar modellari va inshootlarning hisoblash usullarini mukammallashtirish.

2.5. O'quv jarayonida dasturiy majmualardan foydalanishning maqsad va imkoniyatlari

Konstruksiyalarning hisob-kitobi bilan bog'liq fanlarni o'rganishda ikkita asosiy jihat ishlab chiqiladi. Birinchisi – deformatsiyaning va mustahkamlikni ta'riflaydigan tushunchalar tizimi bilimni egallash: konstruksiyaning matematik modellari asosini tashkil etuvchi deformatsiya, kuchlanish, ichki kuch, kuchlar oqimi va b. lar. Mazkur tushunchalar asosida uncha katta bo'lmagan o'quv masalalarni tahlili bilan yechishdan tashkil topgan o'quv faoliyati shularga yo'naltirilgan. Ikkinchisi – muhandislik ichki hissiyot (intuitsiya) ni ishlab chiqish: u yoki bu sharoitlarda har xil konstruksiya o'zini qanday tutadi. Bu ko'p sonli misollarda har xil konstruksiyaning o'ziga xos xususiyatlarini tahlil qilish orqali erishiladi. Bunda ham variantlarni tezlikda hisoblash va olingan natijalarni mag'zini chaqmoq uchun yaxshi dasturlar zarur, konstruksiyaning u yoki bu parametrlarini KDH ga ta'siri to'g'risidagi ba'zi bir tadqiqiy masalalar, hamda optimallashtirishga o'tish ham bunga kiradi [1].

Ko'riladigan SCAD, COSMOS, ANSYS, NASTRAN dasturiy majmualar bu vositalarning keng kompleksi (to'plami) ni ifodalaydi. Qiyinchiligi faqat shundaki, ularda foydalanuvchilar uchun mavjud bo'lgan zamonaviy kompyuterlarning hammasida ham "samimiyligni" yaxshilash rezervlari foydalanishdan yiroqda va ularni o'rganishda ko'p vaqt talab etiladi, bu esa o'quv rejalarida mavjud emas. Bunday dasturiy vositalarga talabalar qiziqishining yuksakligini e'tiborga olib, bu dasturlarni fakultativ (ixtiyoriy ravishda) o'rganishdan foydalanish mumkin. Bunda talabaning bilim saviyasi, bunday majmualarni qurish tamoyillarini tushunish kengayadi. Bitta dasturni tushunish boshqalarini nisbatan oson o'zlashtirish imkonini beradi. Asosiysi, yaxshi hisobiy model va dasturlardan foydalanishga erishiladi, konstruksiyaning ishini tushunish asosida ular uchun faol usullar ishlab chiqiladi [1].

Foydalanishda oson va konstruksiya ishini chiziqli va nochiziqli tahlilining katta imkoniyatlariga ega bo'lgan dasturiy majmualarni ishlab chiqish to'g'risidagi masalalar ham dolzarb: "yoqding – va foydalanding". Bunday masalalar konstruksiya mexanikasi modellari, kompyuter texnikasi va dasturlash vositalari rivojlanishining bugungi kundagi saviyasida

bajarilishi mumkin bo'lgan masalalardir [1].

Olingan natijalarni muhandislik tushunib yetish (anglash). Ma'lumki, hisoblash texnikasining qo'llanishi konstruksiyalarni hisoblash, tahlil qilish va ularni samarali qo'llash uchun yangi asrni ochib berdi. 60 – 70 yillar oldin mutaxassisning malakaviy saviyasi uning qanday murakkablikdagi ramani hisoblay olishi mumkinligiga qarab aniqlanar edi. Hozirda ishlab chiqilgan kompyuter dasturlari yordamida talabalar bu dasturlar uchun keltirilgan yo'riqnomaga amal qilib juda murakkab konstruksiyalarni hisoblay olishadi. Hisoblash instrument (kompyuter) lari va usullari o'zgardi, ammo qurilish mexanikasining mohiyati, uning asosiy xususiyati (konstruksiya xossalari, undagi kuchlar ijrosi, natijalarning ishonchliligi va samaradorligi) oldingiday, klassik bo'lib qoldi, buni inkor qilish mumkin emas. Talabalarni faqat kompyuter dasturlaridan foydalalanib, qurilish mexanikasi, elastiklik, plastiklik nazariyalari, fazoviy yupqa devorli tizim va b. larga yetarli e'tibor qaratmasdan hisob-kitoblar qilishga o'qitish mumkin emas. Afsuski, bunday tendensiya (yo'nalish) bor, ayniqsa hisob-kitob qiluvchilar – loyihachilar orasida, ular o'z xatolarini ko'rishmaydi va samarali natijalarga erisha olmaydi. Instrument (kompyuter) lar xizmatini bo'rttirib ko'rsatib, ular kompyuter dasturlari bo'yicha olingan natijalarni tekshirish va tahlil qilish masalalarida mexanikaning ahamiyati va imkoniyatlarini kamaytirishadi. Shuning uchun bir qator tavsiyanomalarni keltiramiz [1].

1. Qurilish mexanikasining boshlang'ich (asos soluvchi) xizmati qulay ratsional tizimni tanlay bilishdan iborat va uni hisoblash uchun vazifani shakllantirish (qo'yish). Bu klassik, rasmiyatlashtirish (formalizatsiya) ga bo'ysunmaydigan loyihalashning qo'yilish qismi, u kompyuterlar orqali almashtirilishi mumkin emas. Fizik model va hisobiy sxema (oqilona qisqartirish, gipoteza, ideallashtirish) turini tanlash, hamda faoliyatning keyingi sikli uchun ozuqa beradigan natijalarning tahlili bilan maqsad va vazifalarni (optimizatsiyalashni ham qo'shib) aniqlash, bu masalalarning hammasini mexanika echadi. Ta'lim butunicha muhandislik san'ati bo'lib qoladi, ularni egallashga hisoblash, loyihalash, eksperimentlar tajribasi yordam beradi.

2. Kompyuterlarda hisoblashda qanday qilib xatoliklardan qutulish mumkin? Konstruksiya olingan KDH natijalarining ishonchliligiga qanday aniqlash mumkin? Axir noto'g'ri fikr mavjud: hisoblash EHM da qilinganmi, demak, u to'g'ri! Bu turmushda bo'ladigan (kundalik) ruhiy (psixologik) taxlit (stereotip) fanga, qurilish mexanikasiga xech qanday bog'liqligi yo'q.

Umumiy qoidalar (tavsiyanomalar). Quyidagilarga tayanish lozim [1]:

- masalani qo'yishga, shu jumladan, hisobiy sxemani tanlashga asoslangan nazariya va qurilish mexanikasining bilimi (ilmi) ga;
- foydalaniladigan kompyuter dasturi foydalanuvchi uchun yo'riqnomani bilish va tushunishga, shu jumladan, hisoblash dasturida aynan qanday usul kiritilgan, qanday chekli elementlardan foydalaniladi va sh. o'largacha;
- yechimlarning ishonchlilik va aniqlik tahliliga va hisoblash natijalarini tekshirishga, ular nazariya va qurilish mexanikasi, elastiklik va plastiklik nazariyalari usullari ilmiga asoslangan bo'lishi kerak. Agar qaysi usul (masalan, kuch usuli yoki siljish usuli) bilan hisob-kitob qilinganini bilmasang, unda hisoblashni qanday tekshirishing mumkin? Ulardan qaysilari (statik yoki geometrik) yetarli bo'ladi?

Bu uchta masalani qo'yish jarayonlarining o'zaro bir-biri bog'langan tomonlarini aniq tasavvurisiz uni yechish va natijalarni baholashda uning aniqligiga va qanday hal qilinganiga ishonch hosil qilish mumkin emas. Hisobiy sxemani tanlash masalani qo'yishda aniqlovchi hisoblanadi. Bunda hisobiy sxemani haqiqiy konstruksiyaga mosligining tamoyilli asosi qo'yiladi. Masalan, ko'pgina bog'liqlik (aloqa) lar absolyut biki deb qabul qilinadi, garchi ular haqiqatda elastik (egiluvchan). Mumkin (va maqsadga muvofiq) hisobiy sxemaga keyingi aniqlik kiritishda ularni egiluvchan bog'liqliklarga almashtirish, masalan, tortgichlar yumshoqligi yoki zamin yumshoqligi va sh. o' larni hisobga olish. Boshqa so'z bilan aytganda, chuqur mulohazali hisoblovchi-tadqiqotchi hisobiy sxemalarni aniqlashtirishda bir qator yechimlarni bajaradi. Har bir sxema bo'yicha ideallashtirish mos emas (bog'liqmas) ligini tasvirlovchi xatoni hisoblash, keyin esa xatoni KDH ga ta'sirini aniqlash mumkin [1]. Ko'riladigan tizimni geometrik o'zgaruvchanmasligini tahlil qilish, aloqalarni taqsimlash soni va sifatini aniqlashni bilish katta ahamiyatga ega. Bundagi xatolar shunga olib keladiki, masala umuman yechilmaydi yoki boshqa tizim hisoblanadi. Aloqalarning yetishmasligi muvozanat tenglamalarining zaruriy komplektini tuzish imkonini bermaydi. Ba'zi hollarda aloqalarning ko'pligi shunga olib keladiki, tizimning ba'zi elementi ishlamaydi (undagi kuch no'lga teng bo'ladi). Masalan, agar tortgichlar bo'ylab ikki tomondan bo'ylama absolyut biki aloqalar qo'yilsa, unda tortgichlar ishlamaydi. Zamonaviy ta'limning muhim tomon (aspekt) laridan biri (kompyuterlash vositalari sharofati bilan) inshootlarning fazoviy hisobiy sxemalaridan foydalanish imkoniyati hisoblanadi, ular quyilarga imkon beradi [1]:

- hisobiy sxemalarni konstruksiyaning haqiqiy ishiga ko'proq yaqinlashtirish va kuchlanganlik-deformatsiyalanish holatini fazoviy qayta taqsimlanishini hisobga olish sharofati bilan konstruksiya yuk

ko'taruvchi xossalarning ilg'or samarasini to'laroq kiritish. Bu bino va inshootni butun bog'langan tizim kabi ko'rilganda alohida ahamiyatga ega bo'ladi. Grunt sharoitlarining o'ziga xos (maxsus) holida, masalan, gruntlarning notekis cho'kishi va b., bunday fazoviy tizimli hisob-kitob juda ham kerak bo'ladi;

- fazoviy tizimli hisob-kitobdan foydalanib tekis tarqalmagan yuklar-da, shu jumladan inshoot ayrim qismlarini lokal (mahalliy) yuklashda yashovchanlik va konstruksiyaning real (haqiqiy) xossalarni aniqlash.

Izoh. Mualliflarning kompyuterlarda bunga o'xshash hisob-kitoblari ko'pincha siyrak shkala (to'r) da yechim aniqligini tahlil qilmasdan bajarilishi bilan uchrashishlariga to'g'ri keladi, bu esa ko'pincha noto'g'ri baholashga olib keladi.

Yechimlarni tekshirish masalasi bo'yicha:

- ko'pchilik kompyuter dasturlari siljish usuliga asoslangan. Shuning uchun tekshirish bo'lib tugunlar, qismlari va butun tizimning muvozanat (reaksiyalarning qo'yilgan yuklarga mosligi) shartlari bajarilishi hisoblanadi;
- agar unda tizim va yuklar simmetrik bo'lsa, unda kuchlanganlik-deformatsiyalanish holati ham tegishli simmetrik bo'lishi kerak.

Kompyuter dasturlaridan foydalanishni boshlovchilarga ba'zi amaliy tavsiyanomalar. *Boshlang'ich yo'nalish.* Juda ko'p hollarda hisoblash metodikasi, foydalaniladigan chekli elementlarning tavsiflari va sh. o'. lar foydalanuvchiga noma'lum va u faqat dastur uchun keltirilgan yo'riqnoma-ga amal qiladi [1]. Bu vaziyatdan amalda qanday chiqish mumkin?

Yechimi ma'lum bo'lgan aniq oddiy testli misolni tanlang va dastur bo'yicha hisoblashni amalga oshiring. Natijalarni taqqoslash keyingi hisoblashlarda ma'lum ishonchlilikni yaratadi. Shunga o'xshash ba'zi bir xarakterli testli masalalarni tanlab, dasturdan foydalanishni o'rganish mumkin. Buni foydalanuvchining misollarida "qora quti" hisoblanadigan dastur ta'limi deb nomlaymiz. Agar misollarning o'rganadigan tanlovi yetarlicha bo'lsa, unda ta'limning natijalari qoniqarligiga umid bog'lasa bo'ladi.

Shunday bo'lsa ham keyingi yangi masalani yechish zarur bo'lsin. Uni darhol yechishga harakat qilmang. Chaqqonligi mumkinday tuyulgani natijada qidirishga va xatolarni to'g'rilashga vaqt ketishiga aylanadi va natijaga ishonchsizlik keltirib chiqaradi. Masalani soddalashtirish maqsadga muvofiq, ularni bir nechta nazorat qilish imkonini beradigan oddiyga bo'lib ularni yechish kerak. Shunday dasturdan foydalanish tajribasi va natijaga ishonchlilik orttiriladi. Agar shundan keyin ham murakkab masalalar yechilmasa yoki shubha uyg'otsa, unga kirgan yoki unga yaqin

bo'lgan hamma oddiyroq masalalarning hammasi ko'rib chiqildimi. Bunday ketma-ket darajama-darajali yo'l albatta natijaga olib keladi.

Oldin yechilgan masalalar tajribasi, nazariya va mexanika prinsiplari ilmlari bilan boyitib muhandislik sezgirlik (intuitsiya) ni rivojlantiring. Shunday, masalan, ramaning deformatsiyalangan ko'rinishini qurish va taqqoslash foydali (eguvchi moment epyurasi, tashqi yukning xarakterli yo'nalishlari bilan cho'zilgan tolalar bo'yicha).

Chekli-elementlar hisobiy majmualarining qo'llanish tajribasi shunga olib keldiki, ko'pgina firmalar ikkita har xil dasturlar bo'yicha hisob-kitobni bajarishni talab etishayapti. Bunday bir-birini takrorlash bir tomondan, hisoblovchi tomonidan kiritiladigan tasodifiy xarakterdagi xatolarni oldini olishga yordam beradi, ikkinchi tomondan esa – aniq kompleksni hisoblashning o'ziga xos spetsifik xususiyatini nazorat qilish va unga xos hisoblash noaniqligidan kutulish imkonini beradi.

Kompyuter hisob-kitobining mumkin bo'lgan vaziyatlari. Kompyuterga kiritilgan masala yechilmaydi. Mumkin bo'lgan sabablari [1]:

- dastur uchun yo'riqnomaga muvofiq ma'lumotlarni kiritish bo'yicha hamma ko'rsatmalar bajarilmagan;
- tizim geometrik o'zgaruvchansizligini ta'minlaydigan hamma aloqa (bog'liqlik) lar kiritilmagan. Masalan, yassi tizimni (ferma, ramalar) fazoviy tizimlar uchun hisob-kitob algoritmi bo'yicha hisoblash tizim tekisligidan aloqalarni kiritishni, hamda uni bikrli butun kabi qo'zg'alishi (siljishi) ni oldini olishni talab etadi;
- boshqa xato va noaniqliklar ham bo'lishi mumkin.

Masala yechildi. Kompyuter yechimni berdi. Mumkin, tamoman boshqa masala yechilgan bo'lishi, ya'ni boshlang'ich ma'lumot (yuk, aloqalarning hisobiy sxemasi, bikrlik parametrlari, o'lcham) larni tekshirish kerak va ishonch hosil qilish lozim, keyin esa tugun, qism, tayanch reaksiya va sh. o'.larning muvozanatini tekshirish kerak. Qanday aniqlikda yechim olingan: chekli ayirmalar usuli (ChAU) yoki chekli elementlar usuli (ChEU) asosida. ChAU sonli yechimining aniqligi to'g'risidagi savolga yechimlar o'xshashligining tahlili asosida, ya'ni shkala (to'r) ning har xil zichligida (chekli elementlarning har xil sonida) bir nechta yechimlarni taqqoslash yo'li bilan javob olish mumkin. Ko'p hollarda siyrak shkalada yechimning aniqligi past bo'ladi.

BOB III.

Konstruksiya va materialshunoslikning hisob-kitoblarida sinish mexanikasi usullarining rivojlanishi va qo'llanishi

3.1. Konstruksiya va materiallar sinish mexanikasining boshi

Bu fanning boshida Leonardo da Vinchi va Galileo Galiley kabi buyuk arboblar turibdi. Leonardo da Vinchi, aftidan, birinchi bo'lib (temir sim ustida eksperiment) ko'taruvchanlik xususiyatini aniqlash bo'yicha tajriba o'tkazish masalasini qo'ydi. Garchi odamlar qadimiy zamonlarda ham har xil va juda murakkab inshootlarni qurishiga to'g'ri kelgan bo'lsada, materiallar mustahkamligi va sinishi to'g'risidagi bilim oldin empirik va sezilarli darajada tasodifan to'planib borildi, tajriba avlodidan avlodga qandaydir san'at kabi yetkazib berildi. Xususan, hozirda masshtab samarasi deb nomlanadigan hodisa kashfiyot Leonardo da Vinchiga mansub. Ammo Leonardo da Vinchining yutuqlari bevosita uning ortidan ergashgan avlodlar uchun noma'lum bo'lib qoldi va shuning uchun sinish mexanikasining rivojlanishiga ta'sir ko'rsatmadi.

Galileo Galiley cho'ziladigan brusning sindiruvchi yuki uning ko'ndalang kesimiga to'g'ri mutanosib (proporsional) ekanligini aniqlaganligi uchun, haqiqatdan sinish mexanikasining asoschisi hisoblanadi. Ta'kidlaymizki, bu xulosa bir xil bo'lmagan kuchlanganlik holati uchun zamonaviylashtirilgan (modernizatsiyalashtirilgan), hozirgacha mustahkamlikka amaliy muhandislik hisob-kitoblarida asosiy o'rinni egallaydi [27].

Sinish mexanikasining keyingi taraqqiyoti Sh. Kulon, A. Sen-Venan, O. Mor, A. Griffitslar nomlari bilan bog'liq. Sh. Kulon, A. Sen-Venan va O. Morlar chegaraviy muvozanat, A. Griffits – mo'rt sinish nazariyalariga asos soldilar. Bu ikki nazariya ham hozirgi vaqtda ularning izdoshlari tomonidan mukammal holga yetkazilib, zamonaviy sinish mexanikasining poydevorini tashkil etadi. Ular sinish jarayonining har xil xossalarini u yoki bu darajada hamma qattiq jismlarga xos nazariy ta'riflash imkonini beradi [4–9].

Sinish mexanikasi rivojlanishining asosiy bosqichlari V.Z. Parton va G.P. Cherepanovlarning tahlillarida yoritilgan [58]. Mo'rt sinish mexanikasi rivojlanishining ma'lum yakuni G.P.Cherepanov monografiyasida keltirilgan [58]. Rus tilida V.Z. Parton va Ye.M. Morozovlarning birinchi monografiyasi sinishning noxiziqli mexanikasiga bag'ishlangan va ko'p sonli adabiyot manbalaridan tashkil topgan. Avval tarqalgan shikastlanishlarning to'planish jarayonini ko'rib chiqamiz [4–9].

Mexanika uchun materiallarning ba'zi sinflarida qo'llaniladigan, qat'iy shakllantirilgan va yetarlicha umumiy modellari doirasi (chegarasi) da sinish hodisasining asosiy xususiyatlarini ta'riflashga intilish xarakterli. Shu bilan birga, amaliyot uchun sinishning bir qator juda kerakli hodisalari mavjud, ular hozirgacha o'zining mexanik sharhiga ega emas va keyingi nazariy ishlanishlar uchun o'z faoliyatining qiziqarli maydonini ifodalaydi.

Sinish mexanikasi – mexanika bo'limi bo'lib, unda sun'iy inshootlarda qo'llaniladigan konstruksion materiallar va toliqish yoriqlari mavjud bo'lganda tashqi kuch ta'siri, hamda turli texnologik va ekspluatatsion nuqsonlar ostida ularning sinishga qarshilik ko'rsatish qobiliyati o'rganiladi. Sinish mexanikasi sohasida asosiy tadqiqotlar foydalanish davrida materiallar sinishini oldini olish usullarini ishlab chiqishga bag'ishlangan. Sinish mexanikasida masalalarni yechishda yaxlit muhit mexanikasi usullarini eksperimental hamda nazariy fizika va kimyoviy materialshunoslik, elastiklikning matematik nazariyasi va qurilish mexanikasi usullari bilan uyg'unlashishiga asoslangan sinish muammosi uchun kompleks usuldan foydalanishadi [4–9].

Sinish mexanikasi tadqiqotlarining asosiy yo'nalishlari qatoriga klassik deformatsiyalar sharoitida, nometall materallarning sinishi, dinamik yuklashda yoriqlarning tarqalishini o'rganish, tajovuzkor korrozion muhitlardagi muammolar kiradi. Sinish mexanikasi nuqsonlarning tasodifan sodir bo'lishi, hamda magistral yoriqlarni to'xtatish yoki o'sishini kamaytirish uchun tegishli chora-tadbirlar qabul qilish bo'yicha tavsiyanomalarni hisobga olib, konstruksiya elementlarining resursi va ishonchlilikini bashorat qilish imkoniyatini beradi [4–9].

Qattiq jismlarning sinish mexanikasi yaxlit muhit mexanikasi va qattiq jismlar fizikasi yutuqlariga asoslangan usullarga tayanadi. Sinish muammosi – kompleks muammo, u juda murakkab va sezilarli yutuqlarga qaramasdan xali yagona nazariyani qurishga ishonch oz, ammo hozirda u yoki bu sharoitlarda adolatli bo'lgan yoriqlar nazariyasining ayrim bloklari, turli materiallarning sinish modeli aniq rasmiylashtirilmoqda.

Konstruksion materiallar har doim har xil sabablardan kelib chiqqan va har xil o'lchamdagi ko'p sonli nuqsonlarga ega. Bularga kristallik panjarasidagi bo'sh joylar, siljish (dislokatsiya) lar, begona narsa (aralashma) lar, bo'shliqlar kiradi. Bu nuqsonlarning jism hajmi bo'yicha taqsimlanishi tasodifiy. Konstruksiya materialining kuchlanganlik holati tasodifiy xarakterga ega bo'lgan yo'naltirilgan yorilishlar sodir bo'lishiga imkon tug'diradi [4–9].

3.2. Yoriqlar mexanikasi

Chiziqli-elastik materiallar uchun hozirgi vaqtda yoriq uchidagi kuchlanganlik holatini tavsiflovchi yetarlicha aniq (jiddiy) nazariya ishlab chiqilgan. Shu bilan bir vaqtda, plastik deformatsiyalar rivojlangan lokal (mahalliy) zonali yoriq uchidagi kuchlanganlik holatini tavsiflash hozirgacha mavjud emas, garchi bunday zonaning mavjudligi yuk ostidagi yoriqli jismning o'zini tutishiga hal qiluvchi ta'sir ko'rsatadi [4–9].

Yoriqlar bilan shikastlangan yoki yoriq tipidagi ishlab chiqarishga oid (ekspluatatsion) nuqsonlari mavjud bo'lgan sun'iy inshootlar konstruksiyalarining o'zini tutishi odatda ikki bosqichga bo'linishi mumkin: o'zgaruvchan yuklar ta'siri ostida yoriqlarning barqaror rivojlanishi; bir martali yuklashda konstruksiyaning uzil-kesil (yo'qolish deb nomlanadigan) sinishi. Bunda sinish mexanikasining vazifalari toliqqan yoriqlar o'sish tezligini baholash va qoldiq mustahkamlikni, ya'ni yoriqlar bilan shikastlangan konstruksiyalar uchun sindiruvchi yukni aniqlash hisoblanadi.

Materiallar xossalari va transport konstruksiyalari elementlarini yuklash shartlariga bog'lab rivojlanadigan yoriq tevarak atrofida plastik deformatsiyaning nisbatan kichik zonasi bilan tavsiflanadigan mo'rt sinish va yoriq uchidagi plastik deformatsiya zonasining yirikroq o'lchamlari bilan tavsiflanadigan kvazimo'rt sinishga farqlashadi. Mo'rt va kvazimo'rt sinishlar hollarida yoriqlar uchiga yaqinidagi elastik kuchlanish va deformatsiyalar qat'iy matematik tahlil natijalariga asoslanadigan sinish mexanikasi sinishning chiziqli mexanikasi deb ataladi.

Sinishning chiziqli mexanikasida foydalaniladigan asosiy parametr – kuchlanishning intensivlik koeffitsiyenti K_{cl} , u yoriq uchi yaqinidagi kuchlanganlik-deformatsiyaning holatini ta'riflovchi analitik ifodaning parametri hisoblanadi. Sinishlarning mo'rt va kvazimo'rt holatlari uchun yoriqning nostabil (beqaror) o'sish holati kuchlanish intensivlik koeffitsiyentining (K_{cl}) kritik qiymatlari bilan aniqlanadi, ular konstruksiya elementlari uchun o'lchamlari, materiallar xossasi va yuklash shartlariga bog'liq holda tajriba yo'li bilan topiladi [26].

O'zgaruvchan yuklar ta'sir etgan hollarda yoriqlarning barqaror o'sishida toliqqanlik yoriqlarning o'sish tezligi tebranish (davri) $T(D)$ amplitudasi bilan yetarlicha yaxshi korreallashtirilgan (mazmuni boshqa tushuncha bilan munosabatdagina ochiladigan tushuncha). T ga bog'liq yoriqlar o'sish tezligining parametrlari material tavsifi hisoblanadi.

Plastik deformatsiyaning ancha-muncha zonalarida material yoriqbar-doshligini tadqiqot qilish uchun, yoriqlarning beqaror (nostabil) o'sish holati J intervallari qiymatlaridan foydalanib yoriqning ochilish va uning

uchi o'ldiruvchilari, konstruksiya sinishida plastik deformatsiya ozod qilinadigan energiyasining mutanosiblik zichligini baholash asosida aniqlanadi.

Aksariyat ko'pchilik hollarda betonning sinish jarayoni uning kesimi orqali yoriqlardan biri yoki tarmoqlangan yoriqlar oilasining unib chiqishi natijasida sodir bo'ladi. Bunday yoriqlarni ko'pincha magistral deb nomlashadi. Betonli namunani yuklagandan so'ng magistral yoriq uzoq vaqt davomida kuzatilmaydi, keyin esa paydo bo'lib va katta tezlik bilan namuna bo'ylab "yugurib" uni tezda sindiradi.

Hozirgi vaqtda mo'rt sinish qonuniyatlari to'g'risida yig'ilgan tahlil shuni ko'rsatadiki, beton tipidagi materiallarda quyidagi jarayonlar bo'lib o'tadi [26]:

- tug'ilgan yoriqlarning paydo bo'lishi;
- yoriqlarni qo'zg'atish (beqaror o'sishi);
- shunday strukturali elementlar (to'ldiruvchilar chegarasi, teshik va har xil sabablardan sodir bo'lgan kavaklar) dan tashkil topgan mazkur material uchun yetarlicha xarakterli hajmda yoriqlarning tarqalishi yoki ularni blokirovka qilish (to'xtatish), ular mikroyoriqlar uchun, hamda yoriqni siquvchi kuchlanishning ta'sir zonasiga tushishida to'siq bo'lishi mumkin.

Betonli element butun hajmda sodir bo'ladigan jarayon (ichki strukturali kuchlanishlar, submikroskopik yoriqlar, mikroskopik yoriqlarning paydo bo'lish va rivojlanish) larini o'rganish beton sinish mexanikasi nazariyasini qurishda dastlabki shart hisoblanadi, chunki bu jarayonlar bo'yicha hamma ma'lumotlar, qadamba-qadam sinish yo'lini tavsiflaydi, beton jismini qismlarga bo'linish jarayonining o'zini yetarlicha aniqlik bilan oldindan aytish imkoniyatini hozircha bera olmaydi.

Bu tadbirlar tizimi (reja) da magistral yoriqlarni o'rganishga o'tish beton sinishi kinetikasi to'g'risidagi tushunchalarning rivojlanishida zaruriy qadam hisoblanadi. Haqiqatdan, magistral yoriqlarning o'sishi juda kichik zonadagi holat (vaziyat) va jarayonlar bilan aniqlanadi – bu yoriqning uchida. Namunaning qolgan hamma qismida deyarli xech narsa sodir bo'lmasligi mumkin, namuna esa sinadi – yoriq uchida sodir bo'ladigan hodisalar tufayli ikki qismga bo'linishi mumkin.

Yu.V.Zaysev [25] beton tipidagi bir jinsli bo'lmagan materialda yoriqlar o'zini tutishining o'ziga xos quyidagi asosiy xususiyatlarini shakllantirishga harakat qilib ko'rdi:

1. Kuchlanishlarning bir jinsli bo'lmagan materialda, xatto yoriqlar bo'lmaganda ham, tarqalishi kuchlanishlarning bir jinsli jismdagi tarqalishidan sezilarli darajada farq qiladi. Bu hodisa tashkil etuvchilar elastiklik xossalarining har xilligida;

2. Betonda, uning komponentlari xossalarning nisbatiga va bu komponentlarning kontakt (aloqa) tavsiflari bog'liq holda, yoriqlar har xil zonalarda rivojlanishi mumkin: sementli matritsada, to'ldiruvchi va kontakt zonada;

3. Bir jinsli bo'lmagan materialda yoriqlar qattiqroq materialdan qattiqligi kamroq bo'lgan materialga singib o'tish moyilligiga ega. Teskari hodisa qiyin, ya'ni komponentlarning bo'linish chegarasida yoriqlar to'xtashi mumkin.

4. Material namunasi sinishining zaruriy va yetarli sharti bo'lib bitta yoki bir nechta magistral, ya'ni namunani ikkiga yoki bir nechta qismlarga bo'linishini keltirib chiqaradigan sidra (bir yoqdan ikkinci yoqqa o'tgan) yoriqlarning paydo bo'lishi hisoblanadi. Bunday hollarda namunada sidra bo'lmagan yoriqlarning anchagina sonida ham uning sinishi to'g'risida gapirish mumkin emas; boshqa tomondan, masalan, siqilgan namunada bo'ylama sidra yoriqning paydo bo'lishi uning sinishiga ekvivalent hisoblanadi, xatto agar vujudga kelgan qismlar xali chiquvchi yukni ushlab turishi mumkin bo'lganda ham.

Makroyoriqlar uchida sinishning mo'rt (uvalanib) vujudga kelish sharti bilan uning boshlanishi umumiy holda konstruksiya elementi global sinishining "kafolati" hisoblanmaydi. Mo'rt sinishda yoriqlarning beqaror rivojlanishi uning boshlanishidan keyin darhol amalga oshadi, ammo, shunga qaramasdan, yoriq rivojlanishi konstruksiyani sindirmasdan to'xtashi mumkin, bu konstruksiya energiya sig'iminin kichikligi (yoriqning dinamik o'sishini ta'minlashga energiya yetishmaydi) yoki qoldiq kuchlanishlarning (yoriqlarning siqilgan zonaga tushishi) ma'lum tizimi bilan bog'liq bo'lishi mumkin [26].

Shunday qilib, konstruksiyaning ishonchliligi umumiy holda nafaqat yoriqning boshlanish sharti bilan, balki uning o'sish kinetikasi bilan ham aniqlanadi.

Yuqorida aytilganidek, mo'rt sinishda yoriqning boshlanishi qarshi jarayonlarning mexanizmi bo'yicha amalga oshadi, u sinish oldi zonasida mikroyoriq paydo bo'lishi va rivojlanishi, hamda uni makroyoriq bilan birlashishini o'z ichiga oladi. G.P. Karzovga muvofiq mikroyoriqning keyingi rivojlanishi ikkita bir-biriga zid (alternativ) mexanizmlar bo'yicha bo'lishi mumkin [26].

Birinchi mexanizm mikroyoriqlar uchida ularning uzluksiz paydo bo'lishi natijasida o'sishi sodir bo'ladi degan tushunchaga asoslanadi, ular rivojlanib, makroyoriqlar bilan birlashadi. Boshqa so'z bilan aytganda, makroyoriqlar o'sishi mo'rt sinish yuzaga kelishining uzluksiz hodisasidan boshqa narsa emas. Ravshanki, birinchi mexanizm bo'yicha yoriqning

mo'rt rivojlanishi uchun yetarlicha katta energiya zarur, chunki uzluksiz (yoriqning o'sishiga qarab) makrosinsh paydo bo'lishining zaruriy va yetarlicha shartlari ta'minlanishi lozim, u harakatlanadigan makroyoriq uchida plastik deformatsiyalanish ozmi yoki ko'pmi, ammo mavjudligi bilan muqarrar [26].

Yoriq rivojlanishining mumkin bo'lgan ikkinchi mexanizmi quyidagi tushunchalarga asoslanadi. Mikroyoriqni makroyoriq bilan birlashganidan so'ng tez rivojlanadigan yoriqning uchida sezilarli plastik deformatsiyalanish mavjud bo'lmaganida, makroyoriqning uzluksiz dinamik rivojlanishi davom etadi (yoriq uchida relaksion jarayonlarning amalga oshishida vaqt yetarli bo'lmaydi). Bunda G.P. Karzov xulosasiga muvofiq, yoriqning boshlanishi uchun zaruriy G_c energiya, uning rivojlanishi uchun talab etiladigan g_f energiyaga nisbatan yuqori. Shunday ekan, mo'rt sinishda yoriq dinamik rivojlanishining ko'proq ehtimoli ikkinchi mexanizm bo'yicha sodir bo'ladi [26].

Shunday qilib, mo'rt sinishning rivojlanishi qarshi mexanizm bo'yicha sodir bo'lmaydi (mo'rt yoriqning boshlanishidan farqli ravishda), magistral yoriq (makroyoriq) ning o'sishi bilan esa bevosita bog'langan. Bunday dalil (asos) chap tomonida konstruksiyaning yuklash rejimiga bog'liq bo'lgan K , G parametrlar, o'ng tomonida esa materialning xossasini tavsiflaydigan ularning kritik qiymatlari turgan tenglamani yechishga olib keladigan to'g'ridan to'g'ri sinish mexanikasi konsepsiyasi (qarashlar tizimi) dan foydalanish imkonini beradi.

Tarqoq mikroshikastlanishlarning to'planishi. Yoriqlarning tarqalish mexanikasi sohasidagi katta yutuqlar shunga olib keldiki, ko'pincha, bu butun sinish mexanikasi deb hisoblashadi. Haqiqatda esa sinish mexanikasi fani anchagina keng. Bir qator hollarda to'ldiruvchi kovakchalar hosil qiladi, ular bir-biri bilan qo'shib, makroyoriqqa aylanadi – tarqalgan shikastlanishlar to'planishi sodir bo'ladi. Shikastlanishlar xavfli darajaga yetganda, sinish sodir bo'ladi.

Tarqoq mikroshikastlanishlarning yoriqlar o'sishiga ta'sirini hisobga olishga urinib ko'rilmogda. Shunday qilib, [7] ishda yoriqlar oldining tevarak atrofidagi mikroshikastlanishlar chegarasi (cheki) ga bog'liq bo'lgan sinishning solishtirma ishini hisobga olib toliqqan yoriqlarning o'sish nazariyasi tavsiya etilgan. Bu g'oyalar tarqalgan mikroshikastlanishlarni hisobga olib, qayishqoq elastik muhitlarda statik toliqqan yoriqning tarqalish masalasida ham rivojlantirilgan edi.

3.3. Keyingi tadqiqotlarning ba'zi bir istiqbolli muammolari to'g'risida

Mazkur tahlil ko'lamida keyingi tadqiqotlarni talab etiladigan muammolariga to'xtalib o'tiladi. Quyida ularni shakllantirishga urinib ko'ramiz [4–9]:

- qattiq jism dinamikasiga tayanib yemirilish mexanizmi tadqiqotlarini davom ettirish zarur. Fizika va kimyo bo'yicha sirtqi o'zaro ta'sirlarning tadqiqotlari yetarli emas, xususan, kuchlanish ostida korrozion yemirilishning asoslarini shakllantirish uchun ma'lumotlar yetarli emas. Yemirilishda yoriqlarning uchida materialning noturg'unligiga mas'ul fizikaviy jarayonlarning tahlili zarur;
- yuqori haroratlarda dislokatsion (joylashuvga oid) o'zarota'sirlarni o'rganishni davom ettirish lozim, dislokatsiya va radiatsion ta'sirlarni sinish jarayonlari bilan o'zaro ta'siri (nuqtali ta'sirlarning ko'chishi (migratsiyasi) yoriq shakli va materialning xususiy yuza energiyasini o'zgartirishi mumkin);
- vodorodli mo'rtlashish jarayonlari, kuchlanish ostida korrozion sinish atrof muhitning haroratiga bog'liq holda deformatsiyalanish xususiyatining yo'qolishi jarayonida g'ayri ixtiyoriy ravishda mo'rtlashishlarining keyingi tadqiqotlari zarur (bu eksperimental tadqiqotlar o'tkazish shart-sharoitlariga ham taalluqli);
- egilishdan sodir bo'lgan kuchlanishlarning (Kosser jismi) yoriq uchi atrofi kuchlanishlarining tarqalishiga, hamda mo'rt va elastik plastik sinish nazariyasiga ta'sirining tadqiqoti qiziqarli hisoblanadi;
- sinish nazariyasining dinamik masalalari (kuchlanishlar to'liqlini, yoriqlarning konstruksiyalarning rezonansli tebranishlari bilan o'zaro ta'siri, plastik zonada yoriqning tarqalish tezligi) keyingi o'rganishni talab etadi. Tezlashadigan va sekinlashadigan yoriq bilan dinamik masalalar turlarining tadqiqotlariga ehtiyoj seziladi. Yuguruvchi (ko'chuvchi) yoriqlarning tarmoqlanish tabiati va kuchlanish to'liqlini difraksiyasi keltirib chiqargan yoriq oxiri (uchi) yaqinidagi kuchlanishning lokal o'sishini tushuntirish tadqiqotlariga ehtiyoj seziladi;
- turli qurilish materallarining siqilishda sinish mexanizmi yetarlicha o'rganilmagan;
- yupqa plastina va qobiqlarning egilish masalalarini yechishda yoriq uchi yaqinidagi ucho'lchamli kuchlanganlik holati ta'siri tadqiqotlarini davom ettirish zarur;
- metallni qayta ishlashda orttirilgan anizotropiya, hamda qoldiq kuchlanishlarning yoriq paydo bo'lish va rivojlanish mexanizmiga

ta'siri to'g'risida tadqiqotlar o'tkazish lozim;

- sindirmasdan tajriba qilish usullari, fizikaviy, kimyoviy va metallurgiyaga oid xossalarini o'lchash va yangi paydo bo'ladigan yoriqlarni qidirish usullarini rivojlantirish kerak;
- muhandislik hisob-kitoblarini amalga oshirish va foydalanish sharoitlarini hisobga olib real konstruksiyalar sinishini tahlil qilish uchun, qurilish materiallarining alohida sinflari va ta'sirlar turi uchun sinishning fizikaviy asoslangan mezonlarini shakllantirish zarur;
- materiallarga qudratli lazerli nurlanish, yuqori chastotali elektrik va magnit maydoni, qudratli radionurlanish kabi ekzotik ta'sirni o'rganish zarur;
- muhandislik izohlar uchun qurilish konstruksiyalariga mos sinish mexanikasining masalalarini yechish imkonini beradigan dasturiy majmualarni yaratish zarur. Konstruksiyalar mustahkamligini ta'minlash-ning muhim muammosi fan, texnika, texnologiyalarning keyingi jadallash-tirilgan taraqqiyotini ta'minlaydigan nazariyotchi, konstruktor, material-shunos va sinov o'tkazuvchilar hamfikrliligining shunaqa sath (daraja) dagi muvaffaqiyati hisoblanadi. Bu masalaning yechimi muhandis kadrlarni tayyorlash darajasiga bog'liq bo'ladi. Shuning uchun barcha muhandislarni tayyorlash o'quv dasturlariga chet elning bir qator texnik universitetlarida qilingani kabi sinish mexanikasini kiritish to'g'risidagi masala allaqachon yetildi deb hisoblaymiz.

BOB IV.

Qurilish konstruksiya va inshootlari tadqiqotlarining zamonaviy eksperimental usullari

4.1. Qurilish fanlarida eksperimental usullar tatbiqining asosiy sohalari

Yuk ko'taruvchi va to'sib turuvchi konstruksiyalar ishini o'rganish bilan bog'liq eksperimental usullar tatbiqining asosiy sohalarini tavsiflovchi bir qator yo'nalishlarni ajratish mumkin [4-9]:

- metrologik ta'minlangan, hamda qurilish materiallari va ulardan tayyorlangan konstruksiyalar elementlarining fizik va matematik xossalari o'rganish uchun mo'ljallangan standart usullarni ishlab chiqish;
- qurilish konstruksiyalariga ta'sir qiladigan har xil yuklarning qiymatini eksperimental aniqlash usullarini ishlab chiqish;
- fizik-mexanik tavsiflar, boshlang'ich egilish va eksentrisitetlarning bir xil bo'lmaganligi bilan bog'liq dastlabki mukammal emasligini eksperimental baholash usullarini ishlab chiqish.

Hisobiy modelni inshootning haqiqiy ishiga adekvat (teng) ligini aniqlash uchun eksperiment katta ahamiyatga ega. Yuqorida nomlangan masalalarni yechish bilan belgilangan ishonchli baholash orqali eng qulay modelni tanlash va eksperimental tadqiqotlarni o'tkazish asosida ularga tegishli statik tavsiflarni berish imkonini beruvchi hisobiy modelni identifikatsiyalash (tenglashtirish) muammosi chambarchas bog'langan. O'ziga xos va hozirda eksperimentlarni o'tkazishda dolzarb muammo foydalanishdagi va qurilishi tugatilmagan ob'ektlarni tekshirish bilan bog'langan, bularga privatizasiyalashtirilishi, aksiyalashtirilishi va sh. o'lar lozim bo'lgan bino va inshootlarning yeyilish (eskirish) darajasini o'rnatish to'g'risidagi masalalar ham kiradi. Har doimgidek qurilishning hamma bosqichida sifatini ta'minlash muammosi dolzarb. Qurilish fanida eksperimental tadqiqotlar usullarining qo'llanishi va tatbiqi sohalarini to'la baholab, shuni ta'kidlash lozimki, faqat eksperiment yordamida har qanday amaliy tadqiqotlarning ishonchli natijalarini olish mumkin [4-9].

Zamonaviy hisoblash vositalaridan foydalanish mumkin, xossalari (mustahkamlik, yuk, geometriya) ning tarqoqligi (chetga chiqishi) ni unutilib, ma'noli raqamlarning katta sonli natijalarini berish. Deformatsiyalangan qattiq jismning sinish mexanikasi usullari bilan hisoblashlarning xom xayolli (illyuzorli) aniqligi real ob'ektdan uning hisobiy modeliga o'tishga xos bo'lgan hamma kamchilik (xato) lari bilan yopiladi [4-9].

4.2. Statik va dinamik yuklashlarda model va asl konstruksiyalar mexanik tajribalari usullarining rivojlanishi

Eksperiment va amaliy tajriba. Bu yerda konstruksiyalar ishining eksperimental tadqiqot masalalari ko'rilmasligiga qaramasdan, bu muammoga e'tiborsiz o'tish mumkin emas, shuning uchun eksperiment va amaliy tajriba nazariy yechimni tekshirish, ba'zida esa tegishli hisobiy modellarni ishlab chiqish vositasi hisoblanadi, asl yoki modeli eksperimentda odatda quyidagi masalalar yechiladi [1]:

- yangi hodisa yoki omillarni aniqlash;
- gipotezalarni tekshirish;
- nazariy aniqlash imkoni bo'lmagan tavsiflarni sifatiiy va sonli qiymatlarini o'rnatish maqsadida fizik modelashtirish.

Boshqa eksperimentlar ham o'tkaziladi, ularning zarurligi, masalan, mas'ul, noan'aniviy, yagona ob'ektlarni qabul qilish va topshirishdagi sinovlarning o'rnatilgan protsedura (marosim) lari bilan yoki seriyali chiqadigan mahsulot tayyor namunalarini sinash bilan aniqlanadi. Ammo eksperimentning e'lon qilingan maqsadiga qaramasdan, uning natijalarini yakka hodisadan boshqa hollarga (mumkin, faqat o'xshashlariga, yoki ancha uzoqroq'iga) tarqatish (o'tkazish) uchun, eksperimentda ko'rsatilgan masalalardan xech bo'lmaganda bittasi yechilishi talab etiladi.

Eksperimentda yangi hodisa va yangi omillarni aniqlash nolokal (mahalliy bo'lmagan) xarakterga faqat eksperimental tadqiqotlar astoydil (puxtalik bilan) o'tkazilgan nazariy tahlil bilan birga kuzatilgan holda ega bo'lishi mumkinki. Aynan eksperimental ma'lumotlar nazariyalari bilan solishtirilganda, topilgan (aniqlangan) samaralar yangiligi to'g'risida gapirish mumkin. Agar eksperimental tadqiqotlar yetakchi (yo'l-yo'riq ko'rsatuvchi) nazariy g'oyasiz o'tkaziladigan va faqat hisobiy tahlilni almashtirishga xizmat qiladigan bo'lsa, undan qandaydir umumiy xulosalarni kutish mumkin emas. Bunday xildagi eksperimentlar kuzatuv materialining quti (baza) sini to'ldirishga olib keladi va empirizm (amaliy faoliyatga moyillik) ni rivojlantirish uchun zamin yaratadi, garchi har bir konkret (aniq) holda ular foydali bo'lishi mumkin.

Xarakterli misol bo'lib xilma-xil ko'rinishdagi konstruksiyalarning ko'p sonli charchoqli sinovlari xizmat qilishi mumkin. Ko'p yillar ular har xil turdagi mashinalarni loyihalash bilan bog'liq tadqiqotlar markazlarida bajarilayapti, ammo ba'zi bir fundamental nazariy g'oyasiz (aniqrog'i, taxminlarsiz, bu xizmatga da'vo qiladiganlar juda ko'p bo'lgan), va hozirgacha bu toliqishdan sinishning asoslangan nazariyasini yaratishga olib kelmadi

To'planadigan eksperimental material o'tkaziladigan keyinchalik ilmiy umumlashtirish uchun asos bo'lib xizmat qiladi. Ammo eksperimental ma'lumotlar yoki amaliy tajribaning har qanday umumlashmasi ham ilmiy umumlashma kabi qaralmasligi mumkin.

Buni tasdiqlovchi misol sifatida, toshli ko'prik qubباسي (gumbazi) qalinligini aniqlash uchun o'z vaqtida mashhur bo'lgan Sejurne formulasini ko'rsatish mumkin, nafaqat jamoaga tegishli texnik tajriba, balki shaxsiy tajribasi va quruvchi ruhiyatining shkalasi – hadiksirab, jur'atsiz, normal (aqli raso), dadil va qo'rsliги bo'yicha. Tabiiyki, bunday turdagi empirik bog'liqlik inshootlar nazariyasi taraqqiyotiga xech qanaqa munosabatda bo'lmaydi, buni Sejurnening o'zi ham juda yaxshi tushungan.

Ko'rinishidan, murakkab konstruktiv kompleks (majmua) lar ayrim elementlarining dastlabki idealizatsiyasini eksperimental asoslash, har holda, oddiy materiallar va ish sharoitlari uchun asosan oxiriga yetkazilgan deb hisoblash mumkin. Murakkab tizimlarning eksperimental tadqiqotlariga tegishli bo'lganda, bu yerda hammasidan ko'proq ularni hisoblash asosiga qo'yilgan gipotezalarni tekshirish to'g'risida gap borishi mumkin. Bunday turdagi tadqiqotlarning asosiy vazifasi, agar faqat bu dastlabki shartlarning tekshiriladigan natijalari ishonchli olingan bo'lsa, foydalanilgan o'sha hisobiy dastlabki shart (nuqtai nazar) larning qo'llanishligini tasdiqlash (yoki rad etish) dan iborat.

E'tibor beramizki, hisobiy modelni qo'llanishlik chegarasini o'rnatish uchun har qanday qisqartirish va approksimatsiyalarning oxirgi natijalari bo'yicha baholash, hamda unchalik muhim emasligi ma'lum qilingan kichik qiymatlarni tashlab yuborish zarur. Murakkab tizimlar uchun bunday turdagi baholashni o'rnatishga kamdan-kam holda muyassar bo'linadi, va hamma gipoteza hamda qisqartirishlar ham asl ob'ekt yoki modelda eksperimental tekshirishga yon beradi (bo'ysunadi). Ammo ko'pgina hollarda murakkab tizimlar kichik sxema (nimssxema) larga ajratilishiga ruxsat beriladi, ular uchun eksperimental tadqiqotlarning bajarilish ancha oson. Albatta, ko'rsatilgan bo'linish imkoniyatining o'zi ham asoslanishi lozim, shu jumladan, eksperiment yo'li bilan. Agar bo'linish asoslanib bajarilgan bo'lsa, unda kichik tizim (nimtizim) ning eksperimental tadqiqotlarida olingan ma'lumot (axborot) quyidagi sabablar kuchiga qarab yuqori bo'lishi mumkin:

- bunday turdagi kichik tizimlar boshqa ob'ektlarga ham qo'llaniladi, bu esa ularning hisobiy sxemalarini loyihalash imkoniyatini beradi, agar faqat kichik tizimlar orasidagi bog'liqliklar (aloqa) lar o'rganilgan bo'lsa;
- butun tizimning sinovlarida konstruksiya o'zini tutishining integral

parametrlari qayd qilinadi, ma'lum kichik konstruksiyaga tegishli natijalar esa tushunib (yetishib) bo'lmaydigan bo'lishi mumkin.

Albatta, ko'p sonli loyiha tashkilotlarida bajariladigan ko'pgina amaliy hisob-kitoblar uchun xech qanday eksperimental asos (dalil) larni xech kim o'tkazmaydi, chunki bunday hisob-kitoblar ko'p yoki kam bo'lsa ham yaxshi o'rganilgan konstruktiv yechimlarga kiradi. Bu yerda ilmiy-texnik, ma'lumotnoma, o'quv va me'yoriy adabiyotlarda qayd qilingan usul (yo'l) ning an'anaviyligi muhim o'rin egallaydi. Bunday yo'lning kuchi (ta'siri) va an'analarga rioya qilishning qulayligi bilan bir qatorda, bu yerda ma'lum salbiy (negativ) tomon ham mavjud – muhandis asta-sekin qo'llaniladigan hisobiy sxemalarni mustaqil asoslash tajribasi (malakasi) ni esdan chiqara boshlaydi va butunicha begona fikrga tayanadi. Bunda asosan aniq tavsiyanomalarni ularning nazariy va eksperimental asoslari sohasidan ancha uzoqqa ko'chirib "tatbiq etishni haddan tashqari kengaytirish" tipidagi xatoga yo'l qo'yishi qiyin emas (afsuski, xaddan tashqari zararli an'ana mavjud: ma'lumotnoma va o'quv xarakteridagi kitoblarda bu soha (chegara) larni ko'rsatmaslik).

Tipik misol bo'lib ko'pgina davlatlarda qabul qilingan spektral nazariya asosida zilzilabardosh inshootlarning loyihalash me'yorlaridagi usul xizmat qilishi mumkin. Qat'iy ravishda aytish mumkinki, bunda me'yorlardagi tavsiyanomalar faqat absolyut birk zamin holati uchun aloqasi bor, uning hamma nuqtalari yer qimirlashi oqibatida sinxronli siljiydi. Ammo bu gipoteza aniq ko'rinishda xech qayerda ko'rsatilmagan (u to'g'risida har qanday ilmiy kitoblarda ham o'qish mumkin emas), bu esa ko'lam (bo'yi, eni, balandligi) seysmik to'lqinning gruntdagi uzunligi bilan taqqoslana olinishi mumkin bo'lgan bino va inshootlarning tahlilida shubhali natijalarga olib keladi.

Afsuski, ko'p sonli jamoa tajribasi yoritiladigan loyihalash me'yorlarida, qoidaga ko'ra, me'yorlarning tegishli tavsiyanomalari asoslangan o'sha hisobiy modellar uchun ma'lumotlar keltirilmaydi. Ko'pincha bu modellar yetarlicha primitiv (yuzaki, sodda) ko'rinishda va murakkabroq hisobiy sxema tarkibida o'zaro bog'langan holda ko'riladigan element kuchlanganlik-deformatsiyalanish holatining o'ziga xos xususiyatlarini yoritadi.

Konstruksiyaning ishonchliligi nuqtai nazaridan, bunday qo'pol harakat hisobiy modelning boshqa parametr (hisobiy yuk, ish sharoiti koeffitsiyenti va b.) larini belgilashda ehtiyotkor usuldan foydalanish bilan bartaraf etiladi. Ammo, bunda quyidagi qarama-qarshilik paydo bo'ladi: hisobiy sxemaga aniqlik kiritish tejamkorroq yechimlarga olib kelishi mumkin, chunki homakilari uchun ham va aniqlik kiritilgan modellar uchun ham zaxiraning bir xil koeffitsiyentlari qo'llaniladi. Shunga ega

bo'linadiki, aniqlik kiritilgan modelni tuzish mas'uliyatini o'ziga olib, hisoblovchi me'yoriy hujjat tavsiyanomasini tuzatish imkoniyatiga ega bo'lishi kerak.

Afsuski, loyihalash protsedurasi qat'iy belgilangan davlatlar (masalan, Rossiya) da bunday yo'l qabul qilinmagan, garchi loyihalovchilarning javobgarligi to'g'risidagi qonunlar majmui ko'proq rivojlangan, va me'yorlarning huquqiy statusi bir muncha o'zgacha hisoblangan boshqa davlatlarda, u ma'lum darajada ruxsat etiladi. Demak, inshootlarni loyihalash va hisoblash bilan bog'langan me'yoriy hujjatlar to'g'risida so'z yuritdikmi, so'rash o'rinli bo'lardi, biror kishining miyasiga xech bo'lmaganda ekspert sifatida me'yorning u yoki bu qoidalari xususida loyiha tashkilotlari xodimlari tomonidan oydinlashtirish va munozaraga har yili bekor ketadigan (sarflanadigan) o'sha odam-yilning sonini chamalab qurish kelarmikin. Haqiqiy eksperiment asosida nima yotibdi, nazariy poydevor esa o'zining osti (asosi) da nimaga ega, agar ega bo'lsa, unda qanday. Albatta, ko'pgina narsalarga aql-idrok bilan erishish mumkin, ammo ko'p narsalarga tor ixtisoslik mutaxassislari ham javob berish qobiliyatiga ega emas.

Modellashtirishning umumiy muammolari. Modellashtirish model qurish, berilgan shart-sharoit yoki ta'sirlarda bu modelning xossalari o'rganish va olingan ma'lumotlarni modellashtiriladigan ob'ektga o'tkazishni o'z ichiga oladi. Modellashtirish faqat o'xshash hodisalarni ko'radi va o'xshashlik nazariyasiga asoslanadi. Modellashtirish amaliyotida matematik va fizik o'xshashliklardan keng foydalaniladi. Matematik o'xshashlik har xil, ammo bir-biriga aynan o'xshash tenglamalar bilan yoziladigan fizikaviy tabiat hodisalari orasida mavjud bo'lishi mumkin [7].

Fizik o'xshashlik asl ob'ektda kechadigan fizik jarayonlarning to'la yoki qisman aks ettirishni talab etadi. Bunda asli va modeli fizik tabiatiga ko'ra bir xil hisoblanadi: model va aslining tegishli o'lcham (qiymat) lari faqat son jihatdan farqlanadi, ammo sifat jihatdan emas. Fizik o'xshashlik mexanik modellashtirishning asosi hisoblanadi. Mexanik modellashtirish tamoyillaridan foydalanib ikkita asosiy masala yechiladi: modelning kuchlanganlik-deformatsiyalanish holatini aniqlash bilan konstruksiya elementlaridagi ichki kuchlarning hisob-kitobini almashtirish va konstruksiyaning haqiqiy ishini noelastik hamda yuklashning chegaraviy bosqichlarida modellashtirish [4-9].

Qurilish konstruktsiyalarining tadqiqotlari uchun modellashtirish masalalari ko'pchilikka ma'lum nashr qilingan ishlarda [1, 2] yetarlicha batafsil bayon qilingan. Modellar kuchlanganlik-deformatsiyalanish holatini aniqlashning jadal foydalaniladigan usullar ichida mo'rt qoplamali,

radiografikli, ultratovushli, akustik emissionli, termoakustik emissionli, issiqlik bilan nurlash, teshiklarni parmash, muhayyar (tovlanadigan qalin shoyi) usullarini belgilash lozim [1, 2]. Ularning ichida interferension-polyarizatsionli usul alohida o'rin egallaydi, unga mazkur tahlilning alohida bo'limi bag'ishlanadi [1].

Atrof muhit ta'siriga inshootning reaksiyasi murakkab fizik jarayonlarning bir nechitasi bilan aniqlanadi, yuklarning butun ta'sir intervali oralig'ida – konstruksiyani yuklashdan boshlab uning sinishigacha adekvatli (aynan bir xilli) ta'riflanishi – ko'p holda muammoli (shubhali). Qoidaga ko'ra, buning uchun hisoblovchining ixtiyorida mavjud bo'lgan ma'lumotlar yetarli emas, ko'pincha esa hodisaning qoniqarli va yetarlicha mukammal nazariyasi mavjud emas (inshoot ishining plastik zonasidagi murakkab yuklashni va toliqishdan sinishning o'ziga xos xususiyatlarini ta'riflash, materiallar o'zini tutishi va sh. o'larni tavsiflovchi parametrlarni to'la jamlanishi).

Bularning barchasi muhandisni fizik reallikni ba'zi bir approksimatsiyalovchi hisobiy model bilan yoki tez-tez gapiraladigan, ideallashtirilgan xossalarga ega bo'lgan hisobiy sxema bilan almashtirishga majburlaydi. Modellashtirishning umumiy muammolari bir necha bor tadqiqotlar mavzusi bo'lib xizmat qildi, va ularning mualliflari hisobiy modellar qurishning har xil qoidalarini oldinga surdilar. Masalan, o'z vaqtida N.M. Gersevanov inshootlar hisobiy modellarini yaratishning uchta tamoyilini oldinga surdi [1]:

- hisoblash usullari qurilish amaliyoti tajribasi bilan tasdiqlangan sinish va deformatsiya shakli (usuli, ko'rinishi) dan kelib chiqishi kerak;
- yetarlicha shartli bo'lgan hisobiy gipoteza konstruksiyani haqiqiy konstruksiya joylashgan sharoitga nisbatan kam ma'qulroq sharoitga qo'yishi kerak;
- hisobiy gipotezalarning to'plami (komplekti) nafaqat konstruksiya-ning mustahkamligi va turg'unligini, balki uning tejamkorligini ham ta'minlashi lozim.

Biroq, maxsus modellashtirishga bag'ishlangan kitob [1] mualliflari-ning fikriga ko'ra, bu qonun-qoidalar to'liq hisoblanmaydi va ularni quyidagi ko'rinishda to'ldirish lozim bo'ladi:

- bitta modelga emas, inshoot ishini approksimatsiyalovchi modellar tizimiga ega bo'lish maqsadga muvofiq, ularning har biri o'zining qo'llanish chegarasiga ega;
- inshoot ishini approksimatsiyalovchi modellar nafaqat real ob'ekt ishini to'g'ri va to'la yoritishi lozim, balki shunchalik sodda bo'lishi kerakki, hisob-kitob xaddan tashqari beso'naqay katta bo'lmasin.

Aslo bahslashmasdan bu qoidalarini inshootlar hisobiy sxemalarini yaratishda ham, ulardan foydalanishda ham hisobga olish zarur bo'ladigan ba'zi bir mulohazalar bilan to'ldirishni [1] ish mualliflari lozim topishdi. Demak, konstruksiyalar va ular element (sterjen, plastinka, qobiq va sh. o'.) larning umumiy modellari muhim o'rin egallaydi, ularning yordamida bir xil (yolg'iz) inshootlar to'liq hisobiy sxemalari va boshqa murakkabroq ob'ektlar qismlarining hisobiy sxemalari konstruksiyalanadi. Bundaylar tayanch modellar hisoblanadi, ular bizga mumkin bo'lgan barcha qat'iylik darajasi bilan o'rganilishi lozim, keyinchalik boshqa hisobiy modellarni ko'rib chiqish uchun asos bo'lib xizmat qilishi kerak.

Unda ko'rsatilgan modellardan foydalanish ularning o'rganilganligi sababli yoqimli (qiziqarli) shakllanib boradi, muhandis esa ko'p hollarda tahlil natijasini oldindan biladi (har holda, uning sifatli o'ziga xos xususiyatini). U hisoblash natijalarini "tushunadi" – Ya.G.Panovko bu to'g'rida qanday yozgan bo'lsa, shunday mazmunda, – u aytganidek, "bilmoq" va "tushunmoq" fe'llari orasida ma'lum mazmundagi farq mavjud, va "... faqat tushunish bilimni faol va ijodiy qiladi, rasmiy bilim – u o'z o'zidan, haqiqiy tushunishsiz – qimmat turmaydi".

Konstruksiyadan tayanch modellaridan tashkil topgan hisobiy sxemaga o'tish, hammadan ko'proq intuitiv (sezgiga asoslangan) saviyada amalga oshiriladi, bunday o'tish asosiga qo'yilgan birinchi sabab (motiv) bo'lib geometrik mulohazalar ("o'xshashlik" shakli) xizmat qiladi. Garchi bu yerda ham manyovr uchun anchagina imkoniyatlar mavjud. Bunday sidra panjarali konstruksiyani ba'zi bir kontinental ob'ekt bilan almashtirishdek operatsiyalar yoppasiga va bir qatorda qo'llaniladi, uning shakli faqat o'rta hisobda konstruksiyaga o'xshash yoki avval eslatilganidek qovurg'alari va boshqa o'ziga xos konstruktiv xususiyatlarini "chaplash".

Yaxlit jism uning sterjenli o'xshashi bilan almashtirilganda, teskari tartibdagi misollar ham mavjud. Bu yerda nafaqat ularning geometrik shakllari emas, balki tanlangan tayanch modellar ishining o'ziga xos xususiyatlari to'g'risidagi ba'zi bir bilimlardan foydalaniladi. Demak, agar hisobiy sxemaning tekis uchastkasi uchun dasturiy majmuadan foydalanishda toza egiladigan plastinka modeli tanlangan bo'lsa, unda shunday tushunish kerakki, kuchlarning membranali guruhi bilan bog'langan kuchlanganlik holati komponentlari (tarkibiy qismlari) aniqlanmaydi. Agar bu komponentlar ahamiyatli (masalan, ular turg'unlikni yo'qolishiga olib kelishi mumkin) bo'lsa, unda qobiqli elementning umumiyroq modeli munosibroq bo'ladi.

Hisobiy sxemaga o'tishga fundamental joy egallaydigan ikkinchi vaj (sabab), material xossa (elastik, ideal plastik, sochiluvchan va sh. o'.)

larining standartlashtirilgan ideallashtirishdan birini tanlash hisoblanadi. Bu xossalar ham oldindan o'rganilgan tayanch modellari bilan ta'riflangan va ular to'g'risida alohida gapirish arziyasini beradi, agar quyidagi mulohazalar bo'lmaganda: ularning tanlovi geometrik shakl tanloviga nisbatan ko'p darajada eksperimental asoslanishga ehtiyoj sezadi, ammo bu bosqich, qoidaga ko'ra, tushirib qoldiriladi.

Odatda, hisoblovchi umuman boshqa konstruktiv elementlar va namunalar ustida o'tkazilgan eksperimentlardan olingan, material ishining fizik modellari to'g'risidagi unga ma'lum ma'lumotlardan foydalanadi. Nari borsa bunday harakatlar shu bilan asoslanadiki, unda deformatsiyalarning mumkin bo'lgan xarakteri va tizimiga ma'lum sathdagi yuklar ta'sirida kuchlanishning kutilayotgan sathi to'g'risidagi ba'zi bir tushunchalardan kelib chiqib, bu tadqiqotlarning natijalari konstruksiyalanadigan hisobiy sxemada qo'llanishi mumkin. Ammo bu yerda ko'proq asosiy o'rinni hisoblovchining an'ana va real imkoniyatlari egallaydi.

Po'lat konstruksiyalarni loyihalash bo'yicha Rossiya me'yorlaridan xarakterli sitata (tekst parchasi) ni keltiramiz: "1.8. Po'lat konstruksiyalarni hisoblash, qoidaga ko'ra, po'latning noelastik deformatsiyalarini hisobga olib amalga oshirish kerak. Statik noaniq konstruksiyalar uchun, ularni noelastik deformatsiyalarini hisobga olib hisoblash metodikasi ishlab chiqilmagan, hisobiy kuchlarni (eguvchi va burovchi momentlarni, bo'ylama va ko'ndalang kuchlarni) deformatsiyalanmagan sxema bo'yicha po'latning elastik deformatsiyalanishi taxminida aniqlash lozim". Shunga o'xshash mulohazalar boshqa davlatlar me'yorlarida ham mavjud. Masalan, Yevrokod-3 da quyidagilar belgilangan [1]: «5.2.6.3 (3) However, as an alternative, rigid-plastic analysis with indirect allowance for second-order effects, as given in (4) below, may be adopted in the following cases:

(a) Frames one or two stories high in which either no plastic hinge locations occur in the column, or the column satisfy 5.2.7.

(b) Frames with fixed bases, in which the sway failure node involves plastic hinge locations in the column at the fixed bases only...»

Har qanday ob'ekt va hisobiy sxemalarga moslab mukammal noxiziqli hisob-kitoblarni o'tkazish amaliy jihatdan mumkin emasligi bunday tipdagi hisob-kitoblarni bajarishni to'la rad etish degani emas. Aftidan, eng to'g'ri strategiya ommabop zamonaviy hisoblash texnikasida murakkablik sathida ba'zi bir tipik modellarni sinchiklab tahlilini bajarish va bunday hisob-kitob natijalarini qisqartirilgani bilan taqqoslash hisoblanadi. Bunday xildagi hisoblovchi eksperimentlash (masalaning ba'zi bir sinfi uchun) quyidagini aniqlash imkonini beradi, hisob-kitob

bilan eksperiment orasidagi sezilarli farq qoniqarsiz ideallashtirishning natijasi hisoblanmaydimi.

Amaliy tadqiqotlar, ular qatoriga hisobiy modellarning tahlili ham kiradi, har doim ham "talabchanlikning matematik sathida" bajarilmaydi, ko'pincha haqiqatga o'xshagan mulohazalarga asoslanadi. Doim shuni eslash lozimki, nojiddiy yechim va noto'g'ri yechim – aslini olganda har xil narsalar.

4.3. Dinamik sinovlar usullarining rivojlanishi

Ob'ekt, eksperiment vazifasi va usuliga mos ravishda qurilish konstruksiyalarining dinamik yuklar ta'siriga sinovi odatda ikkita asosiy guruhga bo'linadi: asl inshootlar va ularning qism (fragment) larini sinash, hamda konstruksiya va inshootlarning modeli eksperimental tadqiqotlari [4–9].

Bu guruhlar har birining oralig'ida sinash usullari va eksperimental tadqiqotlar inshootlar vazifasiga va ular hisoblanadigan dinamik yuklarga bog'liq bo'ladi.

Asl konstruksiya va inshootlar, hamda ularning qism (fragment) larini sinash. Ekspluatatsion dinamik va mikroseysmik yuklar ta'siriga sinaladigan inshootlar. Asl inshootlarni sinashda asosiy vazifa ekspluatatsion dinamik yuklar ta'siri ostida konstruksiyalar ishini tavsiflovchi parametrlarni qayd qilish va ularni ruhsat etilganlari bilan solishtirish [4–7]. Faqat statik yukni qabul qiladigan konstruksiyalarga qo'yiladigan talablardan farqli o'laroq, dinamik yuklarda nafaqat inshootning ko'taruvchanlik xususiyatini baholash kerak, balki o'ziga xos vibratsiyaning odamga ta'siri bilan bog'liq sanitar-gigiyenik sharoitlarga amal qilinishini ham tekshirish lozim.

Vibratsiyaning ruhsat etilgan sathi bo'yicha qat'iy talablar vibratsiyalarga o'ta ta'sirchan asbob-uskuna va priborlardan foydalaniladigan sanoat va fuqaro binolariga ham qo'yiladi.

Ekspluatatsion dinamik ta'sirlarga uchragan qurilish konstruksiyalari dinamik sinovining asosiy maqsadlari quyidagilar hisoblanadi [4–9]:

- tebranishlar sathini aniqlash va ularning ruhsat etilgan chegarasini baholash;
- masalan, elementlarni kuchaytirish, konstruktiv sxemalarni o'zgartirish, tebranishlar so'ndiruvchilarini o'rnatish va b. yo'llar orqali inshootlarning hisobiy sxemalarini oydinlashtirish, tebranishlar sathini bashorat qilish uchun inshoot yoki ular elementlarining dinamik tavsif (berilgan dinamik ta'sirlardagi chastota, shakli, parametrlari,

dissipatsiya va reaksiya) larini aniqlash;

- konstruktiv yechimlar va hisoblash usullarini takomillashtirish maqsadida bino va inshootlardagi real dinamik jarayonlarni aniqlash.

Shu maqsadlarga muvofiq ham tebranishlarning o'zgarishi va ularni qayd qilish, ham ularning berilgan qonun bo'yicha (qo'zg'atilishi) uyg'otilishi bilan bog'langan masalalar sodir bo'ladi.

Modelli eksperimental tadqiqotlar va seysmik, portlovchi va zarbali ta'sirlarga sinash. Kichik masshtabli modellash qurilish konstruksiyalarida, ularda seysmik, portlovchi va zarbali yuklar ta'sir etganda hosil bo'ladigan dinamik jarayonlar tadqiqotining samarali usullaridan biri hisoblanadi [4-9].

Mavjud tajribaga muvofiq modellash masshtabi odatda $1/500 \leq \lambda \leq 1/25$ oraliqda bo'ladi. Modellar, shu jumladan ekvivalent (bir narsaga har jihatdan teng bo'lgan) materiallardan tayyorlangan modellar tayyorlashning sinalgan (ishlab chiqilgan) usullari, hamda metall va gruntlarning mexanik tavsiflarini aniqlash usullari mavjud [55]. Modellarda tebranishlarni qo'zg'atish vositalari sifatida ham maxsus vibratsion qurilma (ustanovka) lar, ham portlovchi ta'sirlardan foydalaniladi. Modelli eksperimental tadqiqotlar portlovchi yuklarning gruntga chuqurlashtirilgan inshootga ta'sirini o'rganish tufayli keng ommaviy tus oldi. Zarbali yuklarda temirbeton konstruksiyalar ishining tadqiqotlari [39-45] hozirgi vaqtda har xil avariya vaziyatlarida, xususan nosoz samoletning qulashidan konstruksiya va AES asbob-uskunalarini himoya qilish muammolari sababi bilan keng qo'llaniladigan bo'ldi.

4.4. Interferensiyon-polyarizatsion usullarning rivojlanishi va qo'llanishi

Fotoelastiklik usuli. Fotoelastiklik usuli (kuchlanish tadqiqotining polyarizatsionli-optik usuli) shaffof optik sezuvchan polimer materiallardan tayyorlangan inshoot va konstruksiyalarning kichik masshtabli modellaridagi KDH ni fizik modellash usuli hisoblanadi. Fotoelastik usuli, mohiyatiga ko'ra, umumiyroq usul – polyarizatsion golografiyaning xususiy holi (ko'rinishi) hisoblanishi ko'rsatilgan [4-9]. Bu usulda hamma o'zgarishlar tenzometriya usulida qilinadiganidek, qandaydir bazada emas, nuqtada amalga oshiriladi, bu esa modelning juda ham kichik o'lchamlarida uning yuqori aniqligini ta'minlaydi.

O'tkazilgan taqqoslash tahlili shuni ko'rsatadiki, ularning hamma real konstruktiv o'ziga xos xususiyatlarini bayon etadigan murakkab uch o'lchamli inshootlarda kuchlanishlarni aniqlashda – fotoelastiklik usuli

hozirgi vaqtda barcha mashhur bo'lgan elastiklik nazariyasining sonli usul (chekli elementlar usuli, chegaraviy integral tenglamalar usuli va b.) lariga nisbatan xatto aniqroq natijalarni beradi. Usulning zamonaviy holati [4-9] ishlarda to'laroq o'z aksini topgan. Odatda fotoelastik usulidan foydalanib tadqiqotlar o'tkazishdan rad etishning asosiy sababi sifatida mamlakatimizda chiqariladigan optik-sezuvchan materiallar va seriyali chiqariladigan apparaturalarining mavjud emasligi odilona ko'rsatilgan.

Moskva davlat qurilish universiteti, Vavilov nomidagi DOI va Zagorsk optik-mexanik zavod (ZOMZ) larining birgalikdagi kuchi bilan universal interferensiyon-polyarizatsionli qurilma (UIQ) yaratilgan. Bitta shunaqa qurilma fotoelastiklik laboratoriyasi uchun zarur bo'lgan optik priborlarning butun to'plami o'rnini bosadi. Bundan tashqari, fotoelastiklik laboratoriyasi ehtiyoji uchun mamlakatimizning optik sezuvchan materiallarini tayyorlash jiddiy qiyinchiliklar tug'dirmaydi.

Inshoot va konstruksiyalar kuchlanganlik-deformatsiyalanish holatining tadqiqoti uchun golografik interferometriyani qo'llash. Golografik interferometriya ob'ektdan to'lqinlarning har xil holatiga muvofiq uning qaytishini interferensiyonli taqqoslashga asoslangan. Golografik interferometriya qo'llanishining quyidagi asosiy yo'nalishlari ko'proq rivojlanmoqda [4-9].

1. Nazoratning sindirmaydigan usullari. Ular ob'ektning dastlabki shaklini o'zgartirilgan holati bilan taqqoslash yo'li orqali uning shaklining o'zgarishini topishga asoslangan. Nazorat vazifasiga bog'liq holda, ob'ekt yuzasi o'zgarishining har xil usullaridan foydalaniladi:

- akustik qo'zg'atish (yupqa devorli kovak konstruksiyalar devorlarining bab-barobarlik qalinligini nazorat qilish);
- termik qo'zg'atish (konstruksiya elementlarining issiqlik kengayishi farqidan kelib chiqqan deformatsiyalarni qayd qilish);
- bosim bilan yuklash (konstruksiya elementlaridagi yashiringan nuqsonlarni aniqlash: yoriqlar, payvandlashdagi chala joy, yelimlanmagan qatlam).

2. Vibratsiyalarni o'rganish vazifasini ikkiga ajratishadi: vibratsiyada siljishlarni aniqlash va vibratsiyalarni tahlil qilish (tebranishlar shakli va rezonansli chastotalarni aniqlash). Qiziqadigan masalalarni yechish uchun gologramma qayd qilishining har xil usullaridan foydalanishadi:

- vaqt bo'yicha o'rta hisobda ko'rsatish; ikkita chetki holatga mos keladigan ob'ektning siljishi qayd qilinadi, har bir nuqtadagi vibratsiya amplitudasi aniqlanadi, tugun nuqtalari ko'zdan kechiriladi;
- real vaqtni: vibratsiyalanadigan ob'ekt gologramma orqali kuzatib boriladi, unda uning boshlang'ich holati yozilgan; tebranishlar

shaklining tahlili va rezonansli chastotalarni topish uchun qo'llaniladi;

- strobogolografik: vibratsiyalanadigan ob'ekt bilan sinxronlashadigan (bir-biri bilan moslashadigan) qisqa impulslarning ketma-ketligidan foydalaniladi; vibratsiyalanadigan ob'ektlarning sonli tadqiqotlari uchun qo'llanadi.

3. Diffuzli-qaytaradigan ob'ektlar yuzasining siljishini tahlil qilish.

Real ob'ekt yoki modelining diffuzli-qaytaradigan golografiyali interferogrammasi nuqtalarining barcha uchta koordinatalari bo'yicha siljishlari to'g'risida axborot (ma'lumot) beradi. Mazkur usul bir necha gologramma yoki ob'ekt yoriqlik (nur) va kuzatish yo'nalishlaridan foydalanishni talab etadi.

4. *Dinamik masalalar.* Siljishlarni aniqlash, asosan, portlash va zilzila (kuchlanish to'lqinlarining tarqalishi) turidagi impulsli ta'sirlarda, dinamik sinishda (yoriqlarning tarqalishi), yuqori tezlikli zarbada (o'zaro zarba, shtamplash, bolg'alash) ikki ekspozitsiyaning usullari bilan amalga oshiriladi. To'siqlar bilan hamda yoriqlar tarqalishi bilan kuchlanishlar to'lqini o'zaro ta'sirining tadqiqotlarida bosh kuchlanishlarning ayrim qiymatlarini aniqlash uchun golografik interferometriyani dinamik fotoelastiklikda qo'llash samarali hisoblanadi[4-9].

4.5. Qurilish fani eksperimental usullari rivojlanishining konsepsiyasi va asosiy yo'nalishlari

Qurilish fanida eksperimental usullar rivojlanishining konsepsiyasini ishlab chiqishda sinov usullariga tizimli yondashishdan kelib chiqish zarur. Bu usul inshootlarning kichik masshtabli, stendda o'tkaziladigan va natural (asliidan olingan) eksperimental tadqiqotlarini yagona metodologik asosga birlashtirishi lozim. Bunday metodologiyani tatbiqi (amalga oshishi) sinaladigan inshootlarning nazariy hisob-kitoblarini tayyorlash, hamda ularni eksperimental natijalarga mosligini baholash darajasini berish imkonini beradigan, jamlama (to'plam) ning avtomatizatsiyalashgan tizimi va o'lchanadigan axborot (ma'lumot) ni qayta ishlash hamda dasturiy majmualarni asosiy qism sifatida o'z ichiga olgan ilmiy tadqiqotlarning muammoli-yo'naltirilgan avtomatizatsiyalashgan tizimi (ASNI-ITAT) bazasi (negizi) da amalga oshiriladi.

Qurilish fani eksperimental usullari rivojlanishining asosiy yo'nalishlari quyidagilar hisoblanadi [4-9]:

- matematik statistikaning zamonaviy yutuqlari asosida qurilish konstruksiyalarining asoslangan hisobiy modellarini qurish imkonini beruvchi identifikatsiya usullarining rivojlanishi;

- personal kompyuterlarda keyingi qayta ishlov uchun, kosmik texnika va axborotni telemetrik kuzatish uchun mo'ljallangan qayd qiluvchi apparaturalardan foydalanib, modellar va qurilish majmualarni sinashda qo'zg'atish, qayd qilish va o'lchanadigan ma'lumotni qayta ishlashning muammoli-yo'naltirilgan avtomatizatsiyalashgan tizimini yaratish;
- kuzatish va sifatni nazorat qilishning sindirmaydigan (shu jumladan optik) usullari bilan bog'liq zamonaviy apparaturalarini yaratish va ularni chiqarish;
- seysmik, portlovchi va zarbali yuklar ta'siriga inshootlarni sinashda konstruksiya va zaminlar gruntlarining harakat parametrlari va kuchlanganlik-deformatsiyalanish holatini qayd qilish uchun zamonaviy apparatura va datchiklarni ishlab chiqish va ularni chiqarishni tashkillashtirish.

Ularning dinamik mustahkamligi (seysmik chidamliligi) ni tekshirish uchun, ham yangi qurilgan ob'ektlar uchun, ham uzoq muddat foydalanishda bo'lgan ob'ektlar uchun, ko'proq mas'uliyatli inshoot (plotina, AES binolari va b.) lar qurilish konstruksiyalarining natural vibratsion sinovlarini bundan keyin rivojlantirish maqsadga muvofiq. Bunday tadqiqotlarni standartlash, ularni tegishli QMQ larga kiritish va ularga bunday ishlarni bajarishiga sertifikat berish bilan natural dinamik tadqiqotlar o'tkazish bo'yicha markaz (laboratoriya) lar tashkillashtirish zarur.

Qurilish konstruksiyalari va inshootlarining hisoblash va loyihalash nazariyasini mukammallashtirish**5.1. Muammoli masalalar**

Bino va inshootlar qurilish konstruksiyalarini hisoblashning muammosi, ularning ba'zi bir eksperimental ta'sirlarga xavfsizligini ta'minlash, hamda loyihalash bo'yicha ishonchli me'yoriy bazani yaratish tadqiqotchilarning ko'pgina avlodlari tomonidan ishlab chiqildi. Eng muhim masalalardan biri qo'llaniladigan qurilish konstruksiyalarining real fizik noxizizqligini, hajmiy kuchlanganlik holatining umumiy hollari bilan birga hisobga olib konstruksiya, bino va inshootlarning hisoblash usullarini ishlab chiqish va mukammallashtirish masalalari hisoblanadi.

Ta'kidlash lozimki, qurilish materiallarining o'tgan asrdayoq bajarilgan birinchi jiddiy sinovlari shuni ko'rsatdiki, ular uchun kuchlanishlar va deformatsiyalar orasidagi real bog'liqliklar Guk turidagi chiziqli bog'liqlikdan farqlanar ekan. Va ayrim qurilish materiallari sinish xarakterining o'zi ham mustahkamlikning klassik nazariyalariga rioya qilmas ekan. Shunday bo'lsa ham konstruksiyalarni hisoblash usullari taraqqiyotining saviyasi va hisoblashning zaif texnik vositalari hisoblash usullarida qurilish materiallarining noxizizqli xossalarini to'la hisobga olish masalasini qo'yish imkonini bermadi. Va oxirgi yillargina hisoblash texnikasining rivojlanishi va masalalarning universal usullarini (masalan, ChEU va b.) yaratish munosabati bilan fizik noxizizqliklarni to'laroq hisobga olishga o'tishning real imkoniyati paydo bo'ldi. Aslida, faqat hozir qo'llaniladigan qurilish materiallarining real fizik-mexanik xossalarini hisobga olib noxizizqli qurilish mexanikasi, aniqrog'i qurilish konstruksiyalari mexanikasini qurish imkoniyati paydo bo'layapti [4-9].

Qurilish konstruksiyalari noxizizqli mexanikasi asosini qurilish materiallari va gruntlarining o'zaro bog'lanishlarini (ularga kuchlanishlar va deformatsiyalar orasidagi bog'liqlik va mustahkamlikni baholash mezonlari kiradi) aniqlovchilar tashkil etishi kerak. Materiallar o'zaro bog'lanishlarining aniqlovchilarini ma'ruza kurslarida umumlashtirishga katta e'tibor qaratilgan. Bunday o'zaro bog'lanishlarni qurish yuklashning qandaydir etalon (oddiyroq) dasturida materillar o'zini tutishini o'rganmasdan mumkin emas. Bunday bog'lanishlar sifatida (beton, armatura, po'lat prokati — prokatka yo'li bilan yasalgan metall va b. larning) bir o'qli siqilish va cho'zilish diagrammasi ajralib turadi. Biroq,

bu diagrammalar mustaqil ahamiyat (ma'no) ga ham ega, modomiki, har xil sterjenli konstruksiyalar va ulardan tashkil topgan tizimlarning hisob-kitoblarida bunday diagrammalardan bevosita foydalanish mumkin, ma'lumki, ular qurilishda keng tatbiqini topayapti. Shu sababli oldin statika, dinamika va seysmikani birga qo'shib diagrammalar va ular asosida hisoblash usullari ajratiladi, keyin esa alohida qurilish materiallarining umumiyroq modeli va fazoviy qurilish konstruksiyalarini hisoblashning umumiyroq usullari tahlil qilinadi [4–9].

Alohida fazoviy tizimlar kabi baland binolarni hisoblash muammolari ko'rib chiqiladi, bunda xatto hisoblash vositalarining mavjud bo'lgan imkoniyatlariga qaramasdan ma'lum qisqartirish va idellashtirishdan qutilish imkoni yuq. Bir qancha hisobiy sxemalar ajratiladi: ramali, birikkan va plastinkali. Binolarni hisoblashda fizik nochiziqlilikni hisobga olishga mos muhim o'rinni superelementli yo'l va fragmentatsiya usuli egallashi lozim.

Fragmentatsiyadan foydalanib, binoning zo'riqqanroq joylarini ajratish va ularni hisobga olish imkoni bo'ladi, u yerda fizik nochiziqlilik ahamiyatliroq darajada sodir bo'ladi. Hozirda yuqori riskli zonlarda qurilish va qurilgan binolarning yuk ko'taruvchanlik xususiyatini aniqlash muammosi va hamda kamdan-kam uchraydigan ekstremal ta'sirlarda (ayniqsa unikal va ekologik xavfli bo'lgan) binolarning o'zini tutish muammosi muhim ahamiyat kasb etmoqda. Bu yerda birinchi o'ringa konstruksiya, bino va inshootlarning "yashovchanlik" muammosini o'rganish oldinga suriladi.

"Yashovchanlik" deganda, rivojlanib borayotgan sinishga (uning oqibati sifatida – odamlarning nobud bo'lishi va xavfli ishlab chiqarishning zararli ta'siri) qarshilik ko'rsatish qobiliyatiga tushuniladi, garchand xattoki tiklanmaydigan juda kam deformatsiyalar, siljishlar, ayrim lokal sinishlar, hamda hisobiy sxemalarni o'zgarishi va b. larning evaziga bo'lsada. Bu yerda hisobiy yo'l bilan konstruksiyalar ko'taruvchanlik xususiyatining rezervi ularning mustahkamligi va plastikligini (masalan, material sinishiga qadar diagrammasining hamma egriligini) hisobga olish orqali, hamda konstruktiv sxemalarning statik noaniqligini, va bu noaniqlik hisobida ayrim element va tugunlarni ishdan chiqishida kuchlarning qayta taqsimlanishining saqlash qobiliyatini hisobga olish orqali aniqlanishi mumkin. Tabiiyki, bu yerda [4–9] ishlardagi ko'rilgan tahlillarda bir qator boshqa jiddiy masalalar vujudga keladi.

Qurilish konstruksiya va inshootlarining vaqt bo'yicha uzoq muddatli deformatsiyalanishi va sinishining har xil tomon (aspekt) lariga katta ahamiyat qaratilgan. Erishilgan yutuqlarga qaramasdan, qurilish

konstruksiyalari nazariyasida uzoq muddatli deformatsiyanish muammosini to'laroq ishlab chiqish muhim masalalardan biri bo'lib qolayapti. Me'yorlashda yangi yo'nalishlar to'g'risidagi masala alohida ajratilgan. Me'yoriy hujjatlarning amaldagi tizimi xali kompyuterlash uncha kuchli bo'lmagan vaqtlarda tuzilgan, va endi esa qurilish mexanikasi masalalarini yechishning zamonaviy hisoblash usullari (xususan ChEU, ChAU va b.) imkoniyatlari, hamda ayrim qurilish materiallarining deformatsiyanish modellari va mustahkamlik sohasidagi yutuqlari bilan bog'lanmagan bo'lib chiqdi. Bundan tashqari, me'yorlarning amaldagi tizimi, loyihalashning asosan sterjenli konstruksiyalar kesimlarini hisoblash bilan bog'liq bo'lgan faqat bitta tomonini qamrab olgan, fizik noxiziqlikni hisobga olib statik noaniqlikning ochish usullari me'yorlashtirilmagan [4–9]. Shu sababli uni qayta ko'rib chiqish zarurati tug'uladi.

5.2. Zamonaviy qurilishda betonli va temirbetonli konstruksiyalarning uzoqqa chidamlilik muammolari

O'tgan asrning 60–70 yillarida katta ilmiy potensial to'plangan, beton va armaturaning chirish (korroziya) nazariyasi, tajovuzkor muhitlarda temirbeton konstruksiyalarning korrozion barqarorligi ishlab chiqilgan edi. Bu ishlanmalar qurilish amaliyotida hozirda ham keng qo'llaniladi. Oxirgi 15 yillar ichida mazkur yo'nalishdagi tadqiqotlarni qisqartirishdi, ammo amaliyot kechiktirib bo'lmaydigan masalalarni yechishni talab etadi [50].

Oxirgi yillarda qurilish materiallari sanoatida ishlab chiqarish chiqindi (kul, kulshlakli qorishma va b.) laridan ko'proq foydalanilmoqda, betonli va temirbetonli konstruksiyalar sementsiz bog'lovchilarni qo'llab tayyorlanayapti. Bundan tashqari, beton va temirbetonni tayyorlashda klinker zaxirasining kamaytirilgan miqdorli (tarkibli) bog'lovchilari ham qo'llaniladi. Shu sababdan bunday (odamlar yashaydigan, ma'muriy binolar va b.) konstruksiyalardan xatto normal atmosfera sharoitlarida foydalanishda ham uzoqqa chidamlilik masalalarini hal qilish lozim.

Qurilishda metallni tejash ham kam ahamiyatli masalalardan emas, shu sababli temirbetonli konstruksiyalarning barcha armaturasini A500S sinfli armaturaga almashtirish moyilligi (tendensiyasi) mavjud. Uni qurilishda umumiy (birgalikda) qo'llanishi tajovuzkor muhitlar ta'sirida korrozion chidamliligi (barqarorligi) ni va noan'anaviy qurilish materiallaridan foydalanishni o'rganishni talab etadi.

Tajovuzkor muhitlarda temirbeton konstruksiyalarning korrozion chidamliligi va ishonchliligini oshirishga zavoddagi tejamli texnologiyalar va metall tejamkorligini 20...40% ga ta'minlash imkonini beradigan yuqori

ishonchlilikga ega armatura po'latlarining yangi turidan foydalanib korrozion-chidamli qurilish materiallarining yangi avlodini yaratish orqali erishilishi mumkin.

Bino va inshootlarning sifati va uzoqqa chidamliligi esa korrozion-chidamli konstruksiyalarni qo'llash orqali ta'minlanishi mumkin. Bunday konstruksiyalarni yaratish bir muncha muhim ilmiy yo'nalishlarni o'z ichiga oladi [50].

1. Armatura, beton, po'lat birikmalar hamda temirbetonning ishlab chiqarish chiqindilaridan foydalanib, yangi bog'lovchi va to'ldiruvchilarga chidamliligini tadqiqot qilish. Tajovuzkor muhit va yukning birgalikdagi ta'sirida temirbeton konstruksiyalarning uzoqqa chidamliligini ta'minlash chora-tadbirlarini ishlab chiqish.
2. Sanoat va qishloq xo'jalik chiqindilaridan foydalanib, tejamkor texnologiya bo'yicha tayyorlanadigan yuqori darajada uzoqqa chidamlili, korroziyaga chidamli va biologik korroziyaga chidamli betonli va temirbetonli konstruksiyalarni ishlab chiqish.

Bunda quyida keltirilgan muammolarni o'rganishga e'tibor qaratish lozim:

- zararli aralashmalarning oshirilgan miqdori bilan mahalliy xom-ashyoli materiallardan foydalanishda betonning ichki korroziya jarayonlarini;
 - temirbeton konstruksiyalarga turli xarakterdagi kuch yuki va tajovuzkor muhitning bir vaqtdagi ta'sirida armatura yangi xillarining sinish jarayonlarini;
 - ko'p joyidan korroziya natijasida yorilib ketishiga qarshi chidamliligini oshiradigan yuqori mustahkam armaturali po'latning yangi xillarini tayyorlashning optimal texnologik parametrlarini;
 - armatura xizmati bilan bog'liq xossalari ishonchliligini oshirish va po'latning samarali xillarini qo'llanish sohalarini kengaytirish imkonini beruvchi davriy profilli armaturaning optimal texnologik parametr va tavsiflarini;
 - mamlakatimizdagi xom-ashyodan, ularning uzoqqa chidamliligini baholash mezonlari va usullaridan foydalanib himoyalash materiallarining yangi xillarini;
 - korroziya mahsulotlarini armatura yuzasidan olib tashlash va foydalanishdagi konstruksiyalarni ta'mirlash uchun korrozion-chidamli tarkiblarning kimyoviy usullarini.
3. Tajovuzkor suyuq va gaz-havoli muhitlar ta'sirida ishlaydigan yer osti va yer usti temirbeton konstruksiyalarning uzoqqa chidamliligini bashorat qilish hisobiy usullarini ishlab chiqish.
 4. Qurilish mahsulotlarini tayyorlovchi zavodlarda sifat va uzoqqa

chidamlilik parametrlarini nazorat qilish usullarini ishlab chiqish va tatbiq etish, hamda ularning qurilish mahsulotlarini raqobatbardosh qilish imkonini beradigan sertifikatsiyalashgan attestatsiyasi.

"Uzoqqa chidamlilik" muammosi bo'yicha mukammal tadqiqotlar natijalari quyidagilar hisoblanadi [50]:

- asosiy yuk ko'taruvchi konstruksiyalarning hisobiy xizmat qilish muddati kafolati va ta'mirlar aro davrining oshirilgan muddati bilan yangi korroziyaga chidamli yig'ma va monolit konstruksiyalarni yaratish;
- beton va temirbetonning korroziya nazariyasini rivojlantirish, ularning uzoqqa chidamliligini bashorat qilish hisobiy usullari bilan yuqori uzoqqa chidamlili va korrozion chidamlili konstruksiyalarning loyihalash me'yorlarini mukammallashtirish.

CIB-RILEM halqaro tashkilotida talab etiladigan uzoqqa chidamlilik foydalanish sharoitlarini hisobga olib, bino va inshootlarni loyihalash tizimi ishlab chiqilgan va ular amalda qo'llanmoqda. Bu aspektda birinchilardan va muhim momentlardan biri mazkur bino va inshoot xizmat qilishining loyihaviy muddatini (masalan, 10, 20, 50, 100 yil) aniqlovchi me'yoriy hujjatni yaratish hisoblanadi. Berilgan foydalanish muddati mavjudligiga asoslangan holda material, buyumni tanlash, birinchi yoki ikkinchi himoya, ta'mirlar aro muddat va b. larni belgilash imkonini beradi, ya'ni uzoqqa chidamlilik tushunchasi sonli hisobiy qiymatga ega bo'ladi.

Yaqin vaqtlargacha bizda qurilish material va buyumlarining xossalari hisobga olib konstruksiyalarning foydalanish sharoitlariga mos ravishda bino va inshootlarni loyihalash tizimi, birinchi yoki ikkinchi himoya xillarini tanlash mavjud edi.

Bu talablarning hammasi QMQ 2.03.11.97 da va undagi ko'rsatmada bayon etilgan. Qurilish ishlarining sifatli tayyorlanishi bilan uyg'unligida bu talablarga rioya qilmaslik ko'p hollarda muddatidan oldin qurilish konstruksiyalarining sinishiga va kerakli xizmat qilish muddati tugashidan ancha oldin ishdan chiqishiga olib keladi. Yuqorida ko'rsatilgan muammolar muhandislik inshootlaridan foydalanishda ayniqsa keskin namoyon bo'ladi.

Shikastlanish tezligi yuqoriroq inshootlar ichida ko'prik va yo'l o'tkazgichlar, yer osti o'tish joylari va temir yo'llar ustidan o'tish joylari, yo'l qoplamasi, kommunal tonnel va kanallar, oqava suv kollektorlari, elektr ta'minot liniyalari bilan o'tish tonnelli, aloqa, sovuq va issiq suv va bug' tarmoqlari, yerto'la tipidagi yer osti inshootlari, poydevorli inshootlari va sh. o' larni ajratish mumkin.

Aksariyat ko'pgina hollarda shikastlanishning asosiy sabablari bo'lib atrof muhitning salbiy ta'siri natijasida rivojlanadigan korroziya jarayon-

lari hisoblanadi. Masalan, shaharning ko'pgina yo'l o'tkazgich va ko'priklari, yo'l qoplamalari muzlashga qarshi reagentlar, azot oksidlarining atmosferaga ajralishi, avtotransport dvigatellari, sanoat korhonalari tomonidan oltingugurtli va boshqa gazlarning tashqariga chiqishi, betonning erishi hisoblanadi. Kommunal tonnellar, ayniqsa oqava suv kollektorlarining har yilgi avariya qulab tushishi, birinchi navbatda, metalli va temirbetonli elementlarning gazli korroziyasi natijasida sodir bo'ladi [50].

Keyingi vaqtda konstruksiyalarning mog'or zamburug'lari bilan zararlanishi tarqaldi, u sanitar vrach va ekologlarning ma'lumotlariga ko'ra odamlar, ayniqsa bolalar salomatligiga salbiy ta'sir ko'rsatar ekan. Quruvchilarga odamlar yashaydigan hamda fuqaro bino va inshootlarning g'ishtli va betonli konstruksiyalaridagi balandlik ancha ko'ngilsizlik tug'diradi. Bunday misollar ro'yxatini cho'zish mumkin.

Hozirgi vaqtda amalga oshiriladigan ta'mirlash-tiklash va qurilish ishlari ko'pincha qurilish materiallari va konstruksiyalarning korroziya va undan himoyalash sohasida zaruriy bilimlarga ega bo'lmagan mutaxassislar tomonidan bajarilayapti, demak, shunday ekan, sababi va shikastlanish darajasini baholamasdan, uzoqqa chidamliligini bashorat qilmasdan, ta'mirlash-tiklash ishlari materiallari, vositasi va usullarini tashlashni asoslamasdan bajariladi, bu esa, pirovardida, konstruksiyalardan keyingi foydalanishda uzoq muddatli ijobiy samarani bermaydi.

Mutaxassislarning natural tekshirish, loyiha materiallari va ekspert baholash tahlili ma'lumotlari bo'yicha xalq xo'jaligining turli tarmoqlarida bino va inshootlar qurilish konstruksiyalarining 15 dan 75% gacha tajovuzkor ta'sirga uchraydi. Qurilish mahsulotlarining kamchiliklari mavjudligiga qaramasdan, tijorat tashkilotlari gohida vositachilar orqali buyumlarni sifati va uzoqqa chidamliligi kafolatlanmaganini sotib olishadi. Natijada bino va inshootlardan foydalanishning 10...15-yilidan, ba'zan esa 1...2-yilidan so'ng ularni ta'mirlash xarajatlari boshlang'ich smeta narhidan oshib ketadi [50].

Tajovuzkor ta'sirlarga (shu jumladan, gruntli va atmosferalilar) nafaqat sanoat va qishloq xo'jalik korxonalari, energetika va transport bino va inshootlari konstruksiyalari, balki odamlar yashaydigan va fuqaro binolarining yer osti konstruksiyalari ham uchraydi.

Hozirgi vaqtda qurilish majmualarining tashkilotlarida deyarli temirbetonning uzoqqa chidamliligini ta'minlaydigan me'yorlar talablari rioya qilinmaydi, boshqa majmualar tashkilotlarida esa korroziyaga qarshi xizmat faoliyat ko'rsatmaydi, qurilish konstruksiyalari foydalanishga yaroqliligini baholash tizimi amaldagi (ishlab turgan) ishlab chiqarish sharoitlarida tartibga solinmagan.

Bundan tashqari, oxirgi yillarda qurilish amaliyotida beton va temirbeton uchun noan'anaviy material (kul, shlak, samarali bog'lovchilarning yangi xillari, kimyoviy qo'shimcha) larni, konstruksiyalarning uzoqqa chidamliligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadigan armaturali po'latlarning yangi xillarini faol tatbiq etish boshlangan [50].

Uzoqqa chidamlilikning yangi muammolari O'rta Osiyoning keskin kontinentalli iqlimida inshootlarni qurishda paydo bo'ldi. Quyosh nuri radiatsiyasi, yuqori harorat, konstruksiyalar betonining ko'p karrali muzlashi va erishining ta'siri ham yer osti, ham yer usti konstruksiyalarning tez sinishiga imkoniyat tug'diradi.

Binolar massasining kamayishi, montajni industrialligi, me'morli ifodalilik (jonlilik) konstruksiyalarning yangi xiliga qonuniy yo'l ochib beradi. Ammo tokcha va devorlarning qalinligi kamayishi bilan qurilish konstruksiyalari korroziyaga qarshi zaifroq bo'lib qolishdi.

Foydalanish xizmati konstruksiyalar o'zini tutishini baholash va ularni o'z vaqtida ta'mirlash va tiklash uchun profilaktik tekshirishlarni olib bormayapti. Shunday payt kelishi mumkinki, qachon biz mamlakatimiz asosiy qurilish fondining juda ko'p qismini uzluksiz sinishi va avariyalardan haqiqatan saqlay ololmasligimiz mumkin.

Buyumning sinishi ba'zan bir qish o'tishidayoq va xatto inshootni foydalanishga topshirishgacha sodir bo'lishi mumkin. Yakun yasab, shunday tadqiqotlar olib borish kerakligini uqtirish lozimki, natijada yaqin vaqtlarda katta moddiy harajatlarsiz buyumlar sifatini oshirish va qurilish konstruksiyalarining uzoqqa chidamliligini ko'tarish mumkin bo'lsin. Mahsulotni baholash sifat va uzoqqa chidamlilik parametrlarini standartlarga mosligini hisobga olib amalga oshirilishi kerak, bino va inshootlar temirbeton konstruksiyalari loyihaviy yechimlarining ekspertizasini o'tkazish to'g'risidagi qaror, birinchi navbatda, foydalanishning tajovuzkor muhitida, hamda qurilish konstruksiyalarini ishlab chiqarishda noan'anaviy materillardan foydalanishda mazkur muammo uchun javob beradigan mutaxassislar bilan birgalikda qabul qilinishi lozim [50].

Qurilish konstruksiyalarining uzoqqa chidamliligini oshirishda ishlab chiqarish va foydalanish madaniyati, buyumlarni tayyorlashda uning sifatini oshirish ancha ahamiyatli o'rin egallaydi.

Ilmiy xodimlar, loyihachilar va me'morlarning kuchini tarmoqning istiqbolli rivojlanishini hisobga olib bino va inshootlar xizmat qilish me'yoriy muddati tizimini ishlab chiqishga qaratmoq lozim. Qurilish materiallari va konstruksiyalarini tanlash, himoya vositasini belgilash inshootdan foydalanishning loyihaviy muddatiga bog'liq bo'ladi.

Bularning hammasi birgalikda qurilish tarmog'idagi harajatlarni

kamaytirish imkonini beradi, korroziyasi natijasida yo'qotishlarga asoslanmagan xarajatlarni esa qurilish fani tarmog'ini rivojlantirish va uni zamonaviy asbob-uskunalar bilan ta'minlashga yo'naltirish kerak.

5.3. Bino va inshoot ishonchliligi, yashovchanligi va xavfsizligining ba'zi bir aspektlari

1. Ekstremal (fojiali) ta'sirlarga uchragan tumanlarda inshootlar xavfsizligining aspekt (jihat) lari. Ma'lumki, fojia deganda odatda odamlar hayotini xavf-xatarga yoki ularning tirikligini sezilarli yomonlashtiradigan sharoitlarga qo'yadigan atrof muhitning har qanday o'zgarishiga tushuniladi. Fojialarning ko'pgina qismini tabiiy fojialar va stixiyali falokatlar tashkil etadi. Ular Yer ichida (yer qimirlashi, vulqonli jarayonlar), uning yuzasiga yaqin yoki yuzasida (qiyaliklar turg'unligining buzulishi, karstlardagi hodisalar, gruntli massivlar holatining o'zgarishi va cho'kish) sodir bo'lishi mumkin, hamda suyuq holatda suv bilan (suv bosishi, qirg'oqlarning qayta ishlanishi, sunami – okeanda suvosti zilzilasi yoxud vulqonlarning otilishidan hosil bo'ladigan ulkan to'lqin) yoki qattiq holatda (qor yoki muz ko'chkilari) va, nihoyat, atmosfera hodisalari bilan bog'liq bo'lishi mumkin. Ko'p hollarda fojialarning o'zaro bog'liq holda yuzaga kelishining ketma-ketligi kuzatiladi, shu jumladan har xil muhitlarda sodir bo'ladigani ham (yer qimirlashi – sunami, yer qimirlashi – ko'chish, ko'chish – suv bosishi) [22].

Yangi shaharlar, sanoat, energetik va boshqa ob'ektlarning qurilishi ko'proq stixiyali falokatlar yuz beradigan zonalarda sodir bo'ladi. Shuning uchun xavfli tabiiy jarayonlarning paydo bo'lish va rivojlanish imkoniyatlari bilan bog'liq vaziyatlarni tahlil qilish, hozirgi vaqtda nafaqat tabiiy-ilmiy, balki muhandislik tahlilining predmeti bo'lib qolayapti.

Quyidagi masalalarni bir majmua (kompleks) da ko'rib chiqadigan yo'l istiqbolli hisoblanadi [4–9]:

- kutiladigan fojia vaqti va katta-kichikligi ko'rinishidagi bir vaqtda qo'llaniladigan bir qancha usullar va bashorat qilish usullarini ishlab chiqish (bularga jarayonlar nazariyasi yo'llari, ehtimolli-statistik yo'l, ko'p o'lchovli regressiyali, sonli tahlil nazariyasi, noaniq to'plam nazariyasiga asoslangan ekspertli baholash usuli va b.); bashorat qilish protsedurasi uchun bir necha yo'l va usullarni jalb qilish chegaralangan axborotlarga asoslangan bashorat qilishning aniqligini oshirishga intilish bilan izohlanadi, bundan tashqari, turli axborotlarning katta miqdoridan foydalanish imkonini beradi;
- xavfli fojialarni tumanlashtirish xaritasini tuzish va mumkin bo'ladigan

fojiadan aholi va moddiy boyliklarni himoya qilishning samarali chora-tadbirlarini ko'rsatib, mumkin bo'ladigan oqibatlaridan kelib chiqib, u yoki bu ob'ektlarni qurishning maqsadga muvofiqligini aniqlash;

- inshootga u yoki bu fojiali ta'sirlarning ssenariyasini (o'xshashligi bo'yicha, masalan, seysmik ta'sirlar bilan) ishlab chiqish;
- ta'sirlarning "hisobiy" va "chegaradan tashqari" sathlarini aniqlash (seysmikligi "hisobiy – loyihaviy" va "loyihadan tashqari" turkumidalar, ular, ma'lumki, loyihalashda e'tiborga olinmaydi);
- ob'ektlarning sinfini ajratish (odatda global ekologik xavflilarni, ularni QKMITI – SNIISK terminologiyasi bo'yicha yana unikal deb nomlashadi), ular uchun ta'sirlarning hisobiysi sifatida "chegaradan tashqari" sining sathi qabul qilinadi yoki, xech bo'lmaganda, ularning mumkin bo'lgan oqibatlari hisobga olinadi;
- yashovchanligining barcha komponentlarini namoyon qilib, konstruksiyalar va konstruktiv tizimlarning yashovchanligini hisobga olib inshootlarning fojiali ta'sirlarga hisoblash nazariyasini ishlab chiqish;
- loyihalashda ko'rsatilgan barcha omillarni kompleks hisobga olinishining zarurligini aniq belgilab beruvchi tegishli me'yoriy bazani ishlab chiqish.

Ko'riladigan muammoda statik tahlil maqsadi tabiiy fojia vaqti va joyining ehtimolli tahlili hisoblanadi, yoki teskarisi, ma'lum joy va muddat uchun inshootlarning mavjud bo'lishi (faoliyat ko'rsatishi) – muayyan ko'rinishdagi fojialarning ma'lum muddatida sodir bo'lish ehtimoli [4–9]. Bu yerda oldin sodir bo'lib bo'lgan fojialarning chastotasi va parametrlari to'g'risida axborot muhim, ular o'tgan yillar uchun kuzatishlarning tahlilini berishi mumkin. Hisoblash mumkinki, bunday voqealar ehtimolligi vaqt bo'yicha doimiy bo'lib qoladi, oldin sodir bo'lgan fojialarda kuzatilganidek, ularning sodir bo'lish chastotasini kelajakda oldindan aytib beradi. Modomiki, tabiiy fojialar ekstremal vaziyatlarning o'zini xuddi shunday yoki boshqacha (yuqori jadalli yer qimirlashlar, gruntning katta hajmini qamrab olgan ko'chki, ancha katta diametrli karstli chuqurlik) ifodalaydi, ularning sodir bo'lish statistikasi shunday yoki boshqacha "kamdan-kam uchraydigan hodisalar statistikalari" xarakteriga ega va Puasson taqsimotiga bo'ysunuvchi deb hisoblanishi mumkin. Fojialar sodir bo'lishining vaqtinchalik xarakteri Puasson jarayoni bilan tavsiflanishi mumkin. Ekstremal qiymatlarning statistikasini ta'riflovchi boshqa taqsimotlardan ham foydalanishsa bo'ladi.

Tabiiy fojialar, ayniqsa geomexanik tarzda sodir bo'luvchilar (ko'chkilar, tosh qulashi, yer osti qazilma joylardagi tog' zarbasi va b.), "unikal" xarakterga ega bo'lishi mumkin, va bashorat qilishda faqat *asl*

ma'lumotlarni to'plashga va ularning statistik ishloviga suyanadi, ya'ni ob'ektivli tahlil deb nomlanadiganiga mumkin emas. Shuning uchun yirik masshtabli fojialarning potensial sodir bo'lish joylarida, ehtimollik yo'li inshootlarning "statik dinamikasi" ning ehtimollik masalalarini qo'yish va yechish uslubiga yaqin boshqa konseptual shaklda qo'llanishi mumkin.

Inshootlarni oddiy yuk va ta'sirlarga loyihalashda ruhsat etilmagan rad etish deganda, inshoot foydalanishga yaroqliligini qisman yoki butunlay buzilishi tushuniladi. Inshootlarni mumkin bo'lgan tabiiy fojialarni hisobga olib loyihalashda esa yuqorida ko'rsatilgan mazmunda tushuniladigan rad etishning ruhsat etilmagan talablarini bajarilish ehtimoli deyarli mavjud emas va u inshootning sinmaslik talablariga almashtirilishi lozim. Vayron bo'lmaslik deganda, butun inshootni tiklash imkoniyatini kafolatlovchi asosiy konstruksiyaning saqlanishini tushunish mumkin bo'lar edi. Biroq, inshootlarning ba'zi bir turlari uchun bu asosiy emasga o'xshaydi.

Sinishi global ekologik xavf-xatarga ega bo'lgan oqibatlarga olib keladigan inshootlar to'g'risida gapirilganda, unda bu yerda sinmaslik deganda, dastavval, ekologik xavfli modda yoki ajralib chiqadigan narsalarning tarqatuvchisi hisoblangan inshootlarning elementlarini sinishi yoki buzilishiga yo'l qo'ymaslik tushuniladi. Ammo, bu – loyihaviy vaziyatda. Agar "loyihadan tashqari" vaziyatlar to'g'risida gapiriladigan bo'lsa, unda, aftidan, bunday turdagi inshootlar uchun har qanday, xatto ehtimoldan uzoq va oldindan taxmin qilib bo'lmaydigan ta'sirlarda zararli va xavfli komponentlardan tashkil topgan xavfli texnologik jarayonlarning g'ayri ixtiyoriy ravishda to'xtatib qo'yilishi va bloklarining o'z-o'zidan izolyatsiyalanishini ta'minlovchi muhandislik yechimlar ishlab chiqilishi lozim.

Ob'ektning zaifligini tahlil qilishda kritik elementlar deb nomlanadiganlarini ajratish maqsadga muvofiq, ular ko'proq uning xavfsizligi bilan bog'liq bo'ladi. Ko'pgina ob'ektlar uchun inshootning mustahkamligi va turg'unligini belgilovchi yuk ko'taruvchi elementlari (inshootning zaminini, ustunlari, ora yopmalari, tugunlari, tayanch va sh. o'.) bunday elementlarga kiradi. Boshqa ob'ektlar uchun tabiiy kataklizm (tabiatdagi falokat) ta'sirida portlash yoki yong'in sodir bo'lishiga yo'l qo'ymaydigan va xavfsizlik tizimining samarali faoliyat ko'rsatishini ta'minlaydiganlari "kritik" elementlarga kiradi.

Konstruksiyalarning bir yoki bir nechta elementlarini ishdan chiqishida ko'taruvchanlik xususiyatini saqlash xossasi *yashovchanlik* deyiladi. E'tibor berish kerakki, bu tushunchaning umumqabul qilingan ta'rifi qurilish konstruksiyalaridagi izohlarda mavjud emas. Shubhasiz, yashovchanlik xossasiga ega bo'lish juda muhim hisoblanadi, unikal va mas'uliyatli inshootlar uchun esa zarur bo'ladigan xossalar, chunki

konstruksiyaning ishonchli ishi faqat yashovchanlikning ma'lum darajasi mavjudligida mumkin bo'ladi [48].

Darhol bu xossasining sonli tavsiflari to'g'risida savol tug'iladi. Hozirda qurilish konstruksiyalarining ishonchliligini baholashda ehtimollik usuli hamma tan olgan usul hisoblanadi, shuning uchun bu usulning yashovchanlikning sonli tavsiflarini olishda ham qo'llanishi tabiiy hisoblanadi. Unda, umumiy metodikaga muvofiq, yashovchanlik sathi sinish jarayonini tavsiflovchi qandaydir hodisani amalga oshish ehtimoli bilan baholanadi. Hodisa sifatida elementlarni ketma-ket rad etish jarayonida qandaydir kritik holatiga yetishi mantiqiy ravishda ko'rib chiqiladi. Bu soni oldindan ma'lum elementlarning sinishi ham, bir onda sodir bo'ladigan mexanizmlarning paydo bo'lishi ham, va qandaydir alohida elementlarning sinishi va sh. o'. lar bo'lishi mumkin. Mazkur usulda, agar ko'rsatilgan hodisaning boshlanish ehtimolligi shikastlangan konstruksiyalar uchun shunga o'xshagan shikastlanmagan konstruksiyalarga nisbatan juda ham katta bo'lmasa, konstruksiya yashovchi hisoblanishi mumkin. Albatta, boshqa mezonlar ham bo'lishi mumkin, ulardan birini quyida ko'rsatamiz.

Tabiatni muhofaza qiluvchi me'yorlarni va unikal ob'ektlar jonli tizimining gomeostazisini ishlab chiqishda loyihalash, qurish va foydalanish chegaralarida geopatogenli zonalar aniqlash muammosiga alohida e'tibor qaratish lozim. Geopatogenli zonalar biotizim energetikasi va jonsiz tabiatning ob'ektlariga salbiy (yemiruvchi) ta'sir ko'rsatadigan anomal axborot maydonini hosil qiluvchi yer qatlamining bir jinsli bo'lmaganligi natijasida paydo bo'ldi. Geopatogenli zonalarda iqtisodiy va ekologik mas'uliyatli inshootlarni ko'tarish tavsiya etilmaydi.

2. Qurilish materiallari (betonli massivlar) ning sinish jarayonlarini modellash tirishga fojia nazariyasining qo'llanishi to'g'risida. [22, 52] ishlarda fojia nazariyasi izohlarida ishlab chiqilgan noan'anaviy yo'nalishlardan birini ko'rib chiqamiz.

Ma'lumki, fojia deb tashqi sharoitlarning tekis o'zgarishiga to'satdan (kutilmagan) qarshi harakat ko'rinishida sodir bo'ladigan notekis o'zgarishiga aytiladi [22, 52]. Betonli massivda fojia alomati bo'lib, yoriq paydo bo'lishining bir tekis bo'lmagan jarayoni hisoblanadi. Biroq, portlaydigan hodisalarni fojialar nazariyasining noan'anaviy elementar usullari bilan emas, masalan, "jamlash" ko'rinishida [22, 52], balki axborot entropiya usullarida ta'riflash yaxshi. Ishlab chiqilgan fojia nazariyasining betonga mos holda fizik asosi betonning donadorli tuzilishiga, uning har xil strukturaviy sathda tuzilishi, va uni sinishning ichki yoriqlari iyerarxiyasi bilan bog'langanligini aks ettiradigan shartli zarra (dona) ning iyerarxiyasiga asoslanadi.

M. M. Xolmyanskiy, Yu. V. Zaysev [25] va boshqalarning ishlari asosida xulosa qilish mumkinki, ko'ndalang kesim o'lchamlari 0,3 m va undan katta bo'lgan betonning sinish mexanikasi uchun yoriqlarning uch va undan ko'p tartibli – millimetrlar, santimetrlar, unlab santimetrlar va sh. o'. li xavfli uzunliklari xarakterli, ular tegishli zarralarga, betonning zarra va bloklar majmuiga xos. O'rni kelganda, strukturali elementlarning iyerarxiyalı "qo'ymoqligi" nafaqat betonli massivlarga, balki tog' jinslariga ham xosligini eslatish lozim. Strukturali geofizika bo'yicha (M.A. Sadovskiy, N. V. Shebalin, V.A. Petrov va b.), temirbeton to'sin va inshootlar bo'yicha (A.A. Ashrabov, K.A. Malsov, A.V. Karavayev, Ye.N. Peresipkin, S.S. Gordon, Yu.G. Xayutin va b.) va temirbeton massivlar bo'yicha (L.P. Trapeznikov) tadqiqotlar yoriqlar paydo bo'lishida iyerarxiyaning quyidagi sathi va bloklarning ularga mos keladigan o'lchamlarini tavsiya etish imkonini beradi [4–9]: II sath – 8 sm. III – 8...30 sm, IV – 0,3...1 m, V – 1,0...3,5 m, VI – 3,5...12 m, VII – 12...42 m, VIII – 42...147 m.

Fojia nazariyasining matematik asosi – bu yoriqlar paydo bo'lishida strukturali noaniqlikni fosh etish uchun axborotli entropiyani qo'llash. Agar strukturali mahsulot (paydo bo'lgan narsa) lar orasidagi buziladigan bog'lanishlarning sonini bu buziladigan bog'lanishlardan tushadigan signal soni kabi talqin qilinsa, unda K.E. Shennon bo'yicha axborot entropiyasidan foydalanishning tamoyilli imkoniyati tug'iladi [4–9].

$$H_i = -\sum P_i \log P_i,$$

bunda i – ko'riladigan strukturali sathlarning soni ($i = 3, 4, 5$ – inshootning massivligiga bog'liq holda); P_i – tegishli strukturali sathlarda betonning sinish ehtimolligi.

Masalan, oddiy konstruksiyalarda (kesim o'lchami 0,3 m li) yoriqlar paydo bo'lishi jarayonini o'rganish uchun ($n = 3$ deb hisoblab) betonning uchta eng past sathi: mikrostrukturasi (masshtab chamasi 1 mm), mezostrukturasi (chamasi 10 mm) va makrostrukturasi (chamasi 100 mm) larini kiritish yetarli. Taqdim etilgan modelning boshqa izohlari ham bo'lishi mumkin. Haqiqatdan ham, undan quyidagilar uchun foydalanish mumkin: kuchli armaturalangan elementlar siqilgan zonasining shikastlangan konstruksiyalar qoldiq resursini tahlil qilish uchun bo'ylama yoriqlar paydo bo'lishidan kelib chiqib ko'taruvchanlik xususiyatini aniqlash; yer qatlamida mumkin bo'lgan mo'rt buzilishlarni bashorat qilish va b.

3. Qurilish konstruksiyalarining har xil tezlik va rejimlarda deformatsiyalanishi va sinishiga qarshiligi to'g'risida. Eksperimentlar

shuni ko'rsatadiki, konstruktiv element (beton, qurilish po'lati, yog'ochli konstruksiya, plastmassa va b.) larning deformatsiyalanishi va sinishi – vujudga kelishi va deformatsiyalanishining oldingi davri, gigrometrik va haroratli holati, makro- va mikrospetsifik strukturasi, muhitning tajovuzkorligi va shikastlanishlarning jamlanishi, kuch ta'sirlarining rejimi va uzoq muddatligiga sezilarli bog'liq bo'ladi. Belgilanganlar materiallar va konstruksiyalarning ham bir jinsli bir o'qli va hajmiy, ham bir jinsli bo'lmagan qarshiligiga taalluqli [4–9].

Qurilish material va konstruksiyalari yemirilishga uzoq muddatli qarshiligining hamma ma'lum nazariyalari fenomenologik pozitsiyalari (nuqtai nazarlari) ga asoslanadi. Bundan ortiq, ularning ko'pchiligi energetik hisoblanadi, masalan, sinish mexanikasi va entropiyali qo'yishda mustahkamlik, materiya hajm birligida deformatsiyalanishning jamlanadigan energiya soni invariantligi to'g'risidagi postulatdan kelib chiqadigan mustahkamlik va b. larni aniqlash.

Shuni ta'kidlaymizki, foydalaniladigan energetik gipotezalar orasidagi farq mustahkamlikning har xil nazariyalari orasidagi farqni yuzaga keltiradi. Shunday qilib, masalan, sinish mexanikasi mustahkamlikka yuklash rejimlarini baholashni qiyinlashtiradi. Betonning umumiy modelini qurishda quyidagi masalalar majmuida ko'rib chiqish imkonini beradigan V.M. Bondarenkning [14] energetik usulini ko'rsatish mumkin: vaqt davomida siqiq deformatsiyalanish (beton diagrammasining pastga tushuvchi bo'lagini hisobga olib), dinamik mustahkamlik (tezlikni mustahkamlikka ta'sirini hisobga olib) masalalari va beton bardoshligi.

Bu usulning asosiga quyidagi shart-sharoitlar qo'yilgan [4–9]:

- qisqa va uzoq muddatli yuklashlarda sinish payti (lahzasi) da materialning hajmiy birligida deformatsiyalanishning potensial energiyasi sonining invariantligi to'g'risida;
- yopiq siklli yuklashlarda – tebranishlar chastotasi va uning sikllari soniga bog'liqligi munosabati bo'yicha yukdan bo'shatishlarda gisterizis halqasi (energiyaning solishtirma qaytarilmaydigan sarfi) yuzasining invariantligi to'g'risida;
- vibrosalqilik egriligining affino'xshashligi (affinopodobiye) to'g'risida, unda affino'xshashlik ko'paytiruvchisi kuchlanish qiymati, asimmetriya va chastota koeffitsiyentlariga bog'liq bo'lgan vibrosalqilik koeffitsiyenti hisoblanadi;
- gisterizis halqasining markaziy simmetriyasi to'g'risida, u Ya.G. Panovkning gisterizislarda energetik yo'qolishlarni baholash uchun gisterizis halqasi yuzasining ta'riflovchi ahamiyati to'g'risidagi xulosalari bilan mos keladi. N.N. Davidenkovaning gisterizis

halqasining markaziy simmetriyasi to'g'risidagi geometrik shart-sharoitlarni ham qo'llash mumkin.

Ko'pgina nazariy fikr-mulohazalar asosida M.Reyner, L.B.Gerjula [26] tomonidan kiritilgan, deformatsiyalarning energetik to'siq mezonlari deb nomlanadigani yotibdi, uning bo'yicha qisqa va uzoq muddatli yuklashlarda kuchlanishlarning deformatsiyaga bog'liqligi egriligining pasida yotuvchi yuza o'zgarmaydi. V.M.Bondarenko bu mezonlardan foydalanib, vaqt bo'yicha doimiy bo'lgan statik yuklash, statsionar davriy ta'sir va dinamik ta'sirlarda mustahkamlikning o'zgarish koeffitsiyentlari qiymatlarini oldi. Uzoq muddatli mustahkamlik noxiziqilik va yuklash rejimlari bilan bog'langan salqilik me'yori va parametrlariga bog'liq. Yu.V.Zaysev ham sinish mexanikasining shart-sharoitlaridan kelib chiqib, uzoq muddatli mustahkamlik uchun shunga o'xshash ifodani keltirib chiqardi [25].

Boshqa usullar ham bo'lishi mumkin. Masalan, S.V. Aleksandrovskiy va V.V. Solomonov tajribalarida kuchlanishlarning boshlang'ich nisbiy sathiga munosabati bo'yicha solishtirma salqilik deformatsiyalari deyarli beton yoshiga bog'liqmasligi, ya'ni yuklash boshlanishi vaqtiga nisbatan invarianti o'rnatilgan. Bu hodisa shunga olib keladiki, eskirish funksiyasi qiymatining beton prizma mustahkamligiga ko'paytmasi doimiy bo'lishi kerak. Bundan kelib chiqadiki, shu ifodalarga muvofiq olingan natijalar Skramtayevning ma'lum $R_b(\tau) = 0,7R_b(28)lgt$ formulasiga muvofiq olingan natijalar bilan yuqori aniqlik bilan mos tushadi. Olingan xulosa Ye.N. Sherbakovning xulosasi bilan bir-biriga mos keladi, u bo'yicha qotishi uchun ketadigan suvning qayd qilingan miqdori, sement qorishmasining solishtirma miqdori va boshqa ko'rsatkichlari bilan aniq beton uchun, betonning yuk qo'yish paytidagi mustahkamligi va uning deformativ xossalari orasida barqaror bog'liqlik mavjud ekan [26].

Olingan natijalarga qaramasdan, uzoq muddatli mustahkamlikka yuklash rejimining ta'siri muammosi xali keyingi jiddiy tadqiqotlar o'tkazishni talab etadi. Eksperimental ma'lumotlar va hisobiy baholashlar natijalarini sifatli va sonli tahlil qilish, qurilish material va konstruksiyalarining qarshilik ko'rsatishiga yuklash rejimlari ta'sirini bashorat qilishning nazariy modellari va amaliy usullarini tavsiya etish lozim bo'ladi.

4. Shikastlanishlarning vaqtinchalik yig'ilishi. Qurilish konstruksiyalari jami foydalanish davrida tashqi ta'sirlarga uchrab shikastlanishlarni orttiradi, ularning soni vaqt o'tishi bilash oshadi. Shu bilan birga, ba'zi bir qurilish materiallari uchun ma'lum bir shart-sharoitlarda shikastlangan bog'liqliklar tiklanishiga teskari jarayon xos bo'ladi. Misol sifatida kuchlanish olib tashlanganida betonda kuch ta'sirida sodir bo'lgan yoriqlarning tuzalish jarayoni xizmat qiladi [26].

Ko'riladigan davrda shikastlanishlar jami soni konstruksiyaning foydalanish xossasini belgilab beradi. Shikastlanishlar soni ma'lum bir chegaraga yetgan lahzada, konstruksiya mustahkam bo'lmay va normal foydalanishga yaroqsiz bo'lib qoladi. Bu lahza esa uning uzoqqa chidamliligini aniqlaydi. V.R. Pegel, A.I. Slutsker uzoqqa chidamlilikni kuchlanish va haroratdan bog'liqlik tavsifini shunday ta'riflaydi: "Qattiq jismga tashqi yuk qo'yilishi atomlararo bog'liqliklarning kuchlanishini keltirib chiqaradi. Bunda real jismlarning geterogenli tuzilishi oqibatida atom usti (nadatom) sathida tashqi yuk bog'liqliklar bo'ylab bir xil tarqalmaydi: lokal haddan tashqari kuchlanishlar sodir bo'ladi. Bu joylarda atomlararo bog'liqliklar bo'linib ketishining faollashish energiyasi ayniqsa kuchli boshlanadi. Aynan shu lahzada, bu joylarda zo'riqqan bog'liqliklarning termoflyuktuatsiyali uzilish jarayoni jadalroq boshlanadi. Bu yerda sinish o'chog'i shakllanadi, ularning rivojlanishi jismning qismlarga bo'linishi bilan tugaydi". Betonda shikastlanishlar jamlanishi-ning fizik kartinasi (katta ko'lamli mikroyoriqlarning paydo bo'lishi va rivojlanishi ko'rinishida) A.A. Gvozdev va O.Ya. Berglarning ishlarida [12, 20] ochilgan. Yu.V. Zaysev, A.A. Ashrabo'v va b. larning ilmiy ishlarida ichki yoriqlarning rivojlanish jarayoni yoriqlarning matematik nazariyasi pozitsiyasi asosida modellashtiriladi [7-9, 25].

Biroq, betonga nisbatan shikastlanishlarning to'planish nazariyasi usullari xali juda ham kam qo'llanilayapti. I.I. Goldenblat, V.A. Bajenov, V.A. Kopnovlarning ishlarini ko'rsatish mumkin, ularda mo'rt materiallar, jumladan, beton uchun harorat va kuchlanishlarning ma'lum bir qonuni bo'yicha o'zgarishida Beyli shikastlanishi chiziqli jamlanishi qonunining rivojlanishi berilgan. Ma'lumki, Beyli qonun-qoidasida yangi nuqsonlarning o'sish tezligi mavjud bo'lgan nuqsonlar va yuklash tarixiga bog'lik emas, u bir qator materiallar, shu jumladan beton uchun amal qilmaydi. Bu yerda ma'qulrog'i V.V. Moskvitin tavsiyasi hisoblanadi, unda ko'rsatilgan omillarni hisobga olishga urinib ko'rilgan. Boshqa tavsiyalar ham e'tiborga loyiq (ularning ba'zi bir umumlashmasini L.V. Kachanov monografiyasida uchratish mumkin) [26].

Keyingi tadqiqotlar masalalariga shikastlanishlarning paydo bo'lishi va rivojlanishi ham ko'rinishi va sathi bo'yicha, ham materiallar strukturasi-ning o'ziga xos xususiyatlari va ta'sirlar tarixidan oldingi davri bilan bog'liq har xil kuchlanganlik-deformatsiyalanish holatining sharoitlarida shikastlanishlar jamlanmasini bashorat qilishni ishlab chiqish kiradi. Materiallar qarshiligining o'zgarishini kimyoviy-biologik, radiatsiyali, elektr-radiotexnik tajovuzkorlik rejimi va jadalligiga, haroratli ta'sirlar rejimi va jadalligiga, turli dinamik yuklashlarning turi va sonli tavsiflariga,

materiallar paydo bo'lishining struktura-texnologik variantlariga bog'liq holda sonli baholash zarur. Turli sharoitlarda kuchdan sodir bo'lgan va struktura yoriqlarining paydo bo'lish, rivojlanish va tuzalish jarayonlarini matematik ifodalash oldinda turibdi.

5. Konstruksiyalarning moslashuvchanligi (moslashish qobiliyati). Boshidan "moslashuvchanlik" termini qurilish konstruksiyalari izohida elastik-plastik materialdan tayyorlangan konstruksiya berilgan oraliqda o'zgaradigan yuklar bilan takroriy yuklanganida yashovchanmi degan masaladan kelib chiqqan [26]. V. Prager bunda uch turdagi vaziyat sodir bo'lishini ta'kidlaydi [26]:

- 1) yukning berilgan oralig'ida o'zgarishida yuklashning har bir sikli davriy ishorasi o'zgaruvchi plastik deformatsiyani o'z ichiga oladi, bu ishorasi o'zgaruvchi oqimlar siqilish va cho'zilishda toliqqanligi natijasida konstruksiyalarning sinishiga olib keladi;
- 2) berilgan oraliqda har bir sikl ishorasi o'zgarmagan davriy plastik deformatsiyalardan tashkil topgan; plastik deformatsiyalar sikldan siklga jamlanib boradi va ular ham konstruksiya sinishiga yoki konstruksiya-larning haddan tashqari deformatsiyalanishiga olib keladi;
- 3) yuklashning bir yoki bir necha sikllari davomida, konstruksiyalar mumkin bo'lgan plastik deformatsiyalarni yig'ib boradi, undan keyin u elastik ishlay boshlaydi; bunday holda aytiladiki, konstruksiya yuklashning berilgan oralig'ida moslashadi va yuklashning keyingi sikllarida to'liq elastik qarshilik ko'rsatadi; bunda yukdan bo'shatish sodir bo'lmaydi deb hisoblanadi.

Elastik-plastik konstruksiyaning moslashuvchanlikka qobiliyati chegaralangan. Va yuklarning o'zgarish oralig'i (intervali) moslashuvchanlik qobiliyati oralig'ida joylashganmi degan savol muhim ahamiyatga ega. Bir marta noaniq konstruksiya uchun moslashuvchanlik to'g'risidagi qonun birinchi bo'lib Bleyx tomonidan shakllantirildi. Melan esa keyinchalik uni umumiy hol uchun umumlashtirdi. Qonunning mazmuni quyidagidan iborat: qoldiq kuchlanganlik holati shunday berilishi kerakki, unda qoldiq kuchlanishlardagi yukning chegaraviy qiymatlariga mos keluvchi elastik kuchlanishlarning qo'yilishi natijasida olingan kuchlanishlar xech qayerda oquvchanlik chegarasidan oshib ketmasa, yuk jadalligining berilgan chegaraviy qiymatlari konstruksiyaning moslashuvchanlik qobiliyati oralig'ida yotadi.

Bunda foydalanilgan qoldiq kuchlanganlik holati moslashgandan so'ng zaruriy bo'lmasligi mumkin, ma'lum bir sharoitlarda esa qalbaki bo'lishi mumkin. Ko'pgina hollarda real materiallar ideal elastik-plastik bo'lmaydi. Shuning uchun sitatalashtirish tamoyillari real konstruksiya o'zini tutishini

sonli baholay olmaydi, uning faqat sifat tomonini ko'rsatadi xolos [26].

Ilohiy tajribalarida shuni ko'rsatdiki, beton takroriy yuklashda maksimal kuchlanishlar sathiga bog'liq holda o'zini har xil tutar ekan. Agar yuklash sathi 0,4...0,5 oraliqda bo'lsa, unda yukning bir nechta siklidan so'ng " $\sigma - \varepsilon$ " diagramma to'g'ri chiziqli bo'lib qoladi, deformatsiyalar stabilashadi, beton esa sirtidan elastik bo'lib qoladi. Kuchlanishning yuqoriroq sathlarida " $\sigma - \varepsilon$ " diagrammasi oraliqda to'g'ri chiziqni o'tab, birinchi holda moslashuvchanlikka tegishli bo'lgan yuqoriga qabariq egrilik holatidan botiq egrilikka holatiga o'tadi. Jarayon mikroyoriqlarning yuksalayotgan rivojlanishi oqibatida betonning sinishi bilan tugaydi, u toliqish chegarasidan yuqori bo'lgan kuchlanishlarga xos. Tasavvur qilganimizdek, ideal elastik-plastik hamda nochoiziqli va notekis deformatsiyalanadigan jismning moslashuvchanlik jarayonlari orasida ham o'xshashlik, ham farq mavjud ekan. Shunday qilib, turli fizik-mexanik xossalarga ega bo'lgan materiallardan tayyorlangan konstruksiyalar uchun, moslashuvchanlikning umumiy qonuniyatlarini qurilish materiallari deformatsiyalanishining o'ziga xos xususiyatlarini hisobga olib o'rnatish lozim ekan.

Fundamental kompleksli tadqiqotlarning istiqbolli yo'nalishlari masalalariga quyidagi savollar kirishi kerak: qurilish konstruksiyalari moslashuvchanligining umumiy tushunchasini shakllantirish; turli materiallardan tayyorlangan konstruksiyalar moslashuvchanligining o'ziga xos kuchdan sodir bo'ladigan, fizik, komponent-strukturali xususiyatlarini aniqlash; konstruksiyalar elementlarida ham kuchlarning, ham ko'ndalang kesim va ularning komponentlari (tarkibiy qismlari) oralig'idagi (masalan, beton va armatura, shishaplastik va sintetik bog'lovchilar orasida va b.) kuchlanishlarning qayta taqsimlanishi bilan birgalikda moslashuvchanlikni baholashning matematik usullarini ishlab chiqish.

6. Temirbetonli elementlarning rejimli turg'unligi. Statik turg'unlik. Ma'lumki, tashqi va ichki kuchlar orasidagi muvozanat buzilishining ibtidosi (asosi, boshi) kabi turg'unlikning yo'qolishi ularning birinchi va ikkinchi turdagi turg'unlikka bo'linish shartiga bog'liq bo'lmagan holda yagona tabiat (mohiyat) ga ega. Harakat barqarorligi nazariyasi nuqtai nazaridan A.M. Lyapunovga muvofiq ham birinchi turdagi kritik kuch, ham ikkinchi turdagi kritik kuch ularning yuqori chegarasi hisoblanadi, unda muvozanatning harakatga kelmagan (qo'zg'almagan) shakli turg'un bo'lib qoladi [4-9].

Elastik konstruksiyalarning turg'unligi masalalari bilan, konstruksiyalarning elastik-plastik va bir onli chiziqli qo'yilishlarida juda ko'p ishlar bag'ishlangan. O'zgarmas uzoq muddatli yuklashda chiziqli salqilikni hisobga olib qurilish konstruksiyalari uchun turg'unlik masalalarini

yechish shunga o'xshash ifodalangan. A.Ye.Shesterikov qurilish konstruksiyalari uchun muhimroq bo'lgan holati (materiallarning asimptotik ravishda stabillashadigan oddiy salqilik egriligi) ni ta'riflovchi muhim natijalarni chiziqli qo'yilishida oldi, unda boshlang'ich egiklikka ega bo'lib, elementning natijali egikligi t_{∞} dagi qo'zg'algan harakatda egiklikning yakunlovchi qiymatiga intiladi, ya'ni ko'zg'almagan harakat A.M. Lyapunov bo'yicha turg'un bo'ladi [4–9].

Qurilish konstruksiyalari turg'unlik masalalarining keyingi rivojlanishi va ularni yechishda yangi fundamental natijalar Yu.N.Rabotnov, N.X.Arutyunyan, I.Ye.Prokopovich, V.L.Potapov, A.A.Gvozdev, A.V.Gemmerling, R.S. Sanjarovskiylar va b. larning maktabi tomonidan olingan. Shu bilan birga, mavjud yechimlar murakkab rejimli yuklashlarda, xususan, yuk tarmoqlarida, salqilik sharoitlarida eskiradigan materiallardan tayyorlangan konstruksiyalar uchun kritik kuch to'g'risidagi savollarga javob bermaydi [5–7].

Integral baholash usuli bilan bu umumiy masalaning yechimi V.M. Bondarenko [13, 14] tomonidan tavsiya etilgan va uning ishdoshlari ishlarida rivojlantirildi. V.M. Bondarenko va R.S. Sanjarovskiylar [13, 14] tomonidan ko'rsatilganidek, zamonaviy QMQ 2.03.01–97 yuqorida keltirilgan va boshqa mavjud ilmiy natijalarni yoritmaydi va chegaraviy hollarda xatolikka olib keladi. Shunday qilib, hozirgi vaqtda yuklashning murakkab statik rejimlari uchun, salqilik va yuklashdan oldingi tarixini hisobga olib, qurilish konstruksiyalarining fizik va geometrik nochiziqli qo'yilishida turg'unligi masalalariga tegishli tadqiqotlarni rivojlantirish dolzarb hisblanadi.

Dinamik turg'unlik. Imorat yoki qurilish konstruksiyalarining nochiziqli elastik qo'yilishida dinamik turg'unlik to'g'risidagi birinchi masalani N.M.Belyayev qo'ydi va uni hal qildi. O'n yil o'tib bu masalani to'laroq ko'rinishda N.I. Krilov va N.N. Bogomolovlar ko'rib chiqishdi. Nihoyat, dinamik turg'unlik masalalarini chiziqli qo'yilishida tizimli ko'rilishi V.P. Chelomey, I.S. Arjaniy, B.Z. Brachkovskaya, A. F. Smirnov, V.V. Bolotin, I. I. Goldenblatlar tomonidan; dissipativ holda yechimlarni umumlashtirish P.Yu. Djanelidze tomonidan, ideallashtirilgan fizik nochiziqlilik uchun esa V.V. Bolotin tomonidan amalga oshirildi [15–16].

Temirbetonli qurilish elementlariga mos salqilik va vibrosalqilik bilan xuddi shu masalalarning nochiziqli qo'yilishi V.M. Bondarenko va E.S. Kleshelskiylar tomonidan amalga oshirilgan va tatbiq qilingan. Bu yerda, xususan, fizik nochiziqlik, salqilik, vibrosalqiliklarni hisobga olmaslik 100% gacha xatolikka olib kelishi ko'rsatilgan. Umuman, qurilish konstruksiyalarining dinamik turg'unlik masalalari to'liq qo'yilishida –

shikastlanishlar jamlanmasi eskirishi, yuklashdan oldingi tarixining ta'siri, geometrik va fizik nochiziqlilik va sh. o'. larni hisobga olib o'zining yechimini kutayapti.

Optimizatsiyalashgan masalalarning muvozanatli qo'yilishida ularni yechishda N.N.Skladnev ma'lum hissa qo'shdi. M.I.Reytman, L.I.Yarin va V.G.Nazarenko va b. larning ishlarini ham qayd qilish lozim. Ammo bu muammo batamom yechilgan deb tasdiqlash mumkin emas. Aksincha, vaqt davomida va fazoda o'zgaruvchi yuk ostida qurilish konstruksiyalarini vaqt davomida o'zini tutishining o'ziga xos xususiyatlarini hisobga olib, ularni optimal loyihalash masalasini yechish xali oldinda turibdi. Shu munosabat bilan, optimal loyihalash masalalarida muqarrar ravishda yuklashning yagona bo'lmagan imkoniyatini tasdiqlovchi qo'yilishiga kelasan.

Bunday masalalarda optimal loyihalash nazariyasining eski apparatidan (Potryagin maksimumining qonun-qoidasi, Bellman usuli va sh. o'.) foydalanish mumkin emas; shu sababli, xususan, S.V.Bondarenko tomonidan ishlab chiqilgan va mashq nazariyasining qo'llanishiga asoslangan yangi usullardan foydalanishga to'g'ri keladi [13, 14]. Bundan tashqari, optimizatsiyalashning mavjud usullari qurilish konstruksiyalarining arzonlashishiga olib keluvchi yechimlarni beradi. 1959 yilda V. M. Bondarenko birinchi bo'lib statik, dinamik yukni ko'tarib turuvchi konstruksiyalar uchun, optimizatsiyalashning yangi mezonlarini — konstruksiyalarni yaratish bo'yicha minimal umumiy xarajatlarni va konstruksiyalarning tebranishida energiyaning tarqalishi hisobida uning samarasiz yo'qolishi bo'yicha xarajatlarni shakllantirdi. Ko'rsatilgan tavsiyalar energiyaning keskin qimmatlashishida alohida dolzarblikka ega bo'ladi va o'zining keyingi ishlab chiqishi (rivojlanishi) ni talab etadi.

Ko'rilgan muammolar bo'yicha yechilishi talab etiladigan savollarning ikkita blokini ajratish mumkin [4-9]:

- 1) rejimli turg'unlikning o'ziga xos xususiyat (spetsifikatsiya) larini shakllantirish lozim, mavjud eksperimental va nazariy ma'lumotlarni umumlashtirish, bunday turg'unlikning mezonlarini shakllantirish, rejimli turg'unlikni bashoratli baholashning analitik-hisobiy usullarini tavsiya etish, rejimli turg'unlik o'ziga xos xususiyatlarining majburiylik, ma'qulli, tavsiyanomali hisobga olish zonalarini aniqlash;
- 2) fizik nochiziqli dinamik tizimlarda rezonansning buzilish hodisasini shakllantirish lozim, kompozit konstruksiyalarda nochiziqli qo'yilishlar uchun amaliy masalalarni yechish yo'lini tavsiya etish, vibrosalqilik va uzoq muddatli mustahkamlikni baholash uchun fizik-matematik va gipotetik asoslarni shakllantirish,

dinamik yuklangan konstruksiyalar uchun energetik va optimizatsion muammolarning o'ziga xos xususiyatlarini aniqlash.

5.4. Loyihalash me'yorlarini qurishda yangi yo'nalishlar

1. *An'anaviy me'yorlarni rivojlantirishning ba'zi bir savollari.*

Loyihalash me'yorlarini tuzishda ikkita yo'nalishni ajratish mumkin [4-9]:

- 1) an'anaviy jamlangan me'yoriy hujjatlar (QMQ va ularga qo'llanmalar) ni mukammallashtirish va modifikatsiya qilish (mazmunini o'zgartirish);
- 2) avtomatizatsiyalash bilan chambarchas bog'langan me'yoriy hujjatlarning yangi turini ishlab chiqish.

Temirbeton konstruksiyalarini loyihalash bo'yicha an'anaviy yig'ilgan me'yoriy hujjatlarni mukammallashtirish yo'llarini ko'pgina tadqiqotchilarning tavsiyalarida uchratish mumkin: A.A.Gvozdev, V.M.Bondarenko, A.S.Zalesov, T.I.Baranova, P.I.Vasilev, G.S.Sanjarovskiy, I.B.Sokolov, V.I.Solomin, S.M.Krilov, V.A.Klevsov, G.V.Murashkin, A.P.Pak, Ye.A.Chistyakov, Yu.V.Chinenkov, S.A.Frid, Ye.N.Sherbakov va b.; metall konstruksiyalarni loyihalash bo'yicha esa (V.V.Biryulev, G.Ye.Belskiy, I. A.Grulev, P.I.Gladshteyn. Ya.I.Olkov. P.A.Odesskiy, V.D.Rayzer, V.I.Travush, V.I.Trofimov va b. Me'yorlarni ishlab chiquvchilar qo'yadigan umumiy tadbirlar tizimining ba'zi bir masalalarini ajratish mumkin. Ularga quyidagilar kiradi [4-9]:

- o'zbek me'yorlarini g'arbiy davlatlar yetakchi tashkilotlarining me'yorlari bilan muvofiqlashtirish (moslashtirish) (masalan, temirbeton konstruksiyalar bo'yicha YeKB-FIP me'yorlari bilan);
- o'zbek me'yorlarini unifikatsiyalash (bir xillashtirish) va tor mahkamachilik chegaralarini belgilashni bartaraf etish (ayniqsa, bu temirbeton konstruksiyalar uchun muhim);
- fizik nochiziqlikni hisobga olib me'yorlarda kiritilgan usullarni takomillashtirish va hisob-kitob qilinadigan konstruksiyalarning ro'yxatini kengaytirish.

Ayniqsa, oxirgi ikkita masalalarning yechimi juda og'ir kechayapti. Bu shu bilan bog'liqlik, odatda bu masalalar me'yorlarga kiritilgan yoki o'rniga taqribiy yechimlar, yoki ishonchlilikning taxminan bir sathdagi empirik bog'liqliklari tavsiya etiladi, shuning uchun munozarali savol tug'iladi: nimaga u yoki bu bog'liqliklarga afzallik berish kerak. Yana bitta vaziyatga to'xtalib o'tamiz. Zamonaviy me'yorlarda asosiy e'tibor loyihash, hisob-kitobi yoki allaqachon ma'lum bo'lgan kuchlarga kesimlarni tekshirishga qaratilishi kerak, kuchlarning o'zini aniqlash masalasi esa ko'pincha me'yorlar doirasidan chetga olib chiqiladi. Agar

bunda kesimning hisob-kitobi yetarli darajada fizik nochiziqlikning har xil aspektlari hisobida ko'pincha materiallarning, mayli oz bo'lsada, tejamkorligiga erishishga intilishdan kelib chiqadigan qat'iy qoliplar bilan aniq belgilansa, unda kuchlarni aniqlash materialning biron-bir o'ziga xos xususiyatini hisobga olmasdan chiziqli qo'yilishida bajariladi.

Bunda bu kuchlar diagramma usullari asosida topilgan kuchlanishlardan (masalan, temirbeton konstruksiyalar uchun) sezilarli darajada farq qilishi mumkin. Bu yerda yo'l shundaki, bu muammoni yechish uchun, uni quyida ko'rsatilgan avtomatizatsiyalashtirilgan loyihalash me'yorlariga ko'chirish kerak. Ayniqsa loyihalash me'yorlarida qisqa muddatli dinamik ta'sirlarning ta'sir kuchiga, seysmik turlaridagi ta'siriga, hamda fojiali ta'sirlarning ta'sir kuchiga ham alohida konstruksiyalarning, ham butun bino va inshootlarning fizik nochiziqligini hisobga olish masalasi keskin turibdi. Bularni yechish savollariga birinchi holda N.N.Popov, A.V.Zabegayev, B.S.Rastorguyev, B.A.Rayzer, V.A.Ilichev, I.X.Kostin, Yu.K.Zaretskiy, A.I.Seytlin, G.I.Popov, I.J.Belobrov va b. larning, ikkinchi holda – S.V.Polyakov, Ya.M.Ayzenberg, N.N.Skladnev, A.M.Jarov, V.I.Oyzerman, A.R.Stavnitser, B.Ye.Denisov va b. larning ishlari bag'ishlangan [4–9].

Ko'rsatilgan ta'sirlarga bino va inshootlarni loyihalash savollarini ko'rib chiqishda qurilish materiallari (po'lat, armatura, beton va yog'ochlar), hamda choklar diagrammasi pasayuvchi bo'lagining oxirigacha deformatsiyalanishining to'liq va rejimli diagrammalaridan foydalanish va ular asosida ko'taruvchanlik xususiyatining barcha rezervlarini aniqlash uchun hisoblashning diagrammali usullarini qurish muammosi o'ziga xos muhimlikka ega bo'ladi.

Fizik nochiziqlikni aniqroq hisobga olish inshootga dinamik va seysmik ta'sirlarning ssenariyasini ham aniqroq yoritishni talab etadi. Umuman olganda, bu bitta muammoning ikki tomoni. Muammoni ma'lum cheklangan oraliqda yechishda an'anaviy me'yorlarda yoritish mumkin, ammo uning to'laroq timsoli (mujassami) yangi yo'nalishdagi me'yorlarda ko'rinadi.

2. Qurilish konstruksiyalarining avtomatizatsiyalashtirilgan hisob-kitobi va ularni loyihalashning qurilish me'yorlari.

Bunday me'yorlarni temirbeton konstruksiyalarni loyihalashga moslab tuzish g'oyasini N.I. Karpenko tomonidan oldinga surilgan, ammo hozir, bunday me'yorlarni butun qurilish konstruksiyalari uchun tuzish to'g'risida gapirish maqsadga muvofiq bo'lar edi. Bu masala shu sabab bilan yetildiki, unda qurilish konstruksiyalari hisob-kitobining zamonaviy kompyuter dasturlari va ChEU turkumidagi qurilish mexanikasi masalalarining umumiy usullari, me'yorlarning soddalashtirilgan fizik modellar, hamda

ko'pgina empirik formula va metodikalari bo'limlariga kiritilgan loyihalash me'yorlari bilan bo'sh muvofiqlashtirilgan, va ba'zan esa juda katta ahamiyat bilan chiziqli bog'liqliklardan foydalanib, ko'p hollarda umuman muvofiqlashtirilmagan.

Natijada, me'yorlar o'z yo'li bilan, kompyuter dasturlari esa o'z yo'li bilan rivojlanayotgandek. Bunda an'anaviy me'yorlar uchun noma'qul (qabul qilinmaydigan) hisoblanganlar (masalan, hisob-kitobni qiyinlashtiradigan materiallar deformatsiyalanishi va mustahkamligining umumiy modellari) kompyuter usullari uchun ko'proq ma'qul bo'lar ekan. Bunday vaziyatdan chiqish yo'li an'anaviy me'yorlarni tuzish bilan bir qatorda yangi *qurilish konstruksiyalarini loyihalashning avtomatizatsiyalashtirilgan hisob-kitob qurilish me'yorlarini* (SNAP-ALQN – Qurilish konstruksiyalari) ham tuzishda bo'lsa kerak. Bunda bir vaqtda umumiy model va usullar bo'yicha real loyihalashda sezilarli yarim mahsulot (zadel) dan foydalanish muammosi hal qilinadi. Yangi me'yorlar asosini quyidagi (taxminan) bo'limlar tashkil etishi mumkin [4-9]:

- 1) konstruksiyalarni chegaraviy holatlar bo'yicha hisoblash va loyihalashning avtomatizatsiyalashtirilgan usullarining umumiy qonun-qoidolari;
- 2) avtomatizatsiyalashtirilgan hisob-kitoblar uchun qurilish materiallarining nochiziqli modellari, bunga kuchlanishlar va deformatsiyalar orasidagi umumiy bog'liqliklar (ya'ni fizik munosabatlar), ham bir o'qli, ham ko'p o'qli kuchlanganlik holatiga tegishli mustahkamlik va yoriqbardoshlikni baholash mezonlari kiradi;
- 3) qurilish material (beton, armatura, qurilish po'lati va b.) larining umumiy modellari va chekli elementlar usuliga (boshqa usullar ham kiritilishi mumkin – chekli ayirmalar, variatsion-ko'rinishli, chegara-viy elementlar) asoslangan qurilish konstruksiyalarining hisobiy modellari;
- 4) fizik, ayrim hollarda esa geometrik nochiziqliklarni hisobga olib masalalarni yechish usullari; hisoblashlarning qadamli iteratsionli jarayonlarni qurish va ularning o'xshashligini boshqarish;
- 5) avtomatizatsiyalashtirilgan loyihalashning qonun-qoidolari (kesimlar vazifasi, har xil kuchlanganlik holatida armatura kerakli sonining hisobi, konstruktiv talablarni unifikatsiyalash, qonishtirish, konstruksiya va yechimlarning optimizatsiyasi va b.);
- 6) fizik nochiziqliklarni hisobga olib konstruksiyalar hisob-kitob dasturlari va dasturlar majmuasini qurishning qonun-qoidolari (chekli elementlar, nochiziqli masalalarni yechish usullari majmualari, hisob-kitoblarni avtomatizatsiyalashtirilgan loyihalash bilan aloqasi, foydalanuv-chilar uchun xizmat, xatoliklarning diagnostikasi va b. lar asosida shakllanishi).

Materialshunoslik sohasidagi tadqiqotlarning asosiy yo'nalishlari

6.1. Materialshunoslik sohasidagi tadqiqotlarning asosiy yo'nalishlari

Qurilish sektori ishlari ko'p sonli xom-ash'yolar bilan bog'liq va turli innovatsion materiallar allaqachon zamonaviy qurilishda o'z tatbiqini topdi va kelajak me'morchiligini shakllantirishda o'z hissasini qo'shayapti [35].

Ammo hozircha qurilishda nanotexnologiyalardan aniq foydalanish yetarli darajada chegaralangan hisoblanadi, chunki innovatsion g'oyalar ko'p hollarda yuzaki samaraga yo'naltirilgan, qurilish materiallarining yangi strukturasini shakllantirishga emas. Shunga qaramasdan, nanotexnologiya sohasida fundamental tadqiqotlar yutuqlari qurilish tarmog'ida asta-sekin o'z yo'lini topmoqda.

Allaqachon unikal mustahkamlik tavsiflari bilan kompozitsion materiallar, armaturali po'latning yangi turlari, unikal nanoplyonkalar, o'z-o'zini soflaydigan va yemirilishga qarshi qoplamalar, bug' o'tkazuvchi va egiluvchan shishalar olingan.

Materialshunoslik rivojining keyingi istiqbollari aniq ko'rinishga ega [35]. Masalan:

- gruntlar cho'kishini kompensatsiya qiluvchi o'z-o'zini to'g'rilaydigan tizimli binolar zamini;
- o'zining shaxsiy kuchlanganlik-deformatsiyalanish holatining monitoringini amalga oshiradigan binolarning yuk ko'taruvchi konstruksiyalari;
- quyosh energiyasini to'playdigan chegaralovchi konstruksiya va tomlar;
- odamlarning asab fizik holatini sezadigan qoplamalar;
- fotokatalitik va boshqa funksional qoplamalar.

Bularning hammasi zamonaviy *"aqlli uy"* – ko'p ishni bajaradigan uy"ning yangi avlodi asosiga yotishi kerak.

Nanotexnologiyalarni tatbiq qilmasdan *"passiv uyning"* energiyaga bog'liq bo'lmagan loyihalarini mukammal amalga oshirish ham mumkin emas. *"Passiv uyning"* (ekouy, angl. passive house) kam energiya iste'moligi va deyarli energiyaga to'liq bog'liqligining uning asosiy o'ziga xos xususiyatlari hisoblanadi, u issiq saqlanishi imkoniyatlarining barcha spektridan foydalanish va energiyani o'zi ishlab chiqarishi bilan ta'minlanadi [35].

Va hozirdayoq materiallarning nanostrukturali modifikatsiyalash usullarini ishlab chiqish, ularning muhim xossalari sonli va sifatli o'zgarishini o'rganish va o'xshashlariga nisbatan yaxshilangan fizik-mexanik tavsiflari bilan turli xil qurilish materiallari, buyum va

konstruksiylarini ishlab chiqish texnologik jarayonlariga yo'naltirilgan nazariy va eksperimental tadqiqotlar rejalashtirilayapti va o'tkazilayapti.

Yangi texnologiya va materiallar qurilish tarmog'ida anchadan beri tatbiq qilinganligiga qaramasdan, ularning hissasi juda ham oz – qurilish tarmog'idagi materiallar umumiy hajmining 1% dan kamini tashkil etadi.

Qurilish nanomateriallari sohasida ilmiy-tadqiqot ishlarining yo'nalishlari [35]:

Qurilish tarmog'i ilmiy-tadqiqot ishlaridagi investitsiya darajasining juda kamligi bilan farqlanadi va ularni o'zini ichida yaratishdan ko'ra, ko'proq fan va texnikaning boshqa tarmoqlarida yaratilgan ishlanma va ixtirolardan foydalanishga harakat qilayapti. Shuning uchun chegaradosh (bir-biriga yaqin) sohalaridagi tadqiqotlar natijalari qurilish materialshunosligi taraqqiyotining asosiy shart-sharoitlari hisoblanadi.

Ob'ektiv qiyinchiliklarga qaramasdan, hozirgi vaqtda MDH davlatlari va chet elda bajariladigan qurilish nanomateriallari va nanotexnologiyalari sohasida asosiy ilmiy-tadqiqot ishlarining ro'yxati yetarlicha keng.

Qurilish materialshunosligidagi tadqiqotlarning asosiy yo'nalishlari [35].

Nanota'limdagi hodisalarni tushunish.

Nanosathdagi yangi materiallar strukturasi va xossalari, hamda nanostrukturani makroxossa (masalan, gidrotatsiya, kirishish, eskirish, plastiklik va sh. o'.) lariga ta'sirini aniq tushunmasdan beriladigan va bashorat qilinadigan xossalari bilan innovatsion qurilish materiallarini yaratish mumkin emas.

Yuqori texnologik konstruksion materiallarni yaratish.

Tadqiqotlar an'anaviy va yangi qurilish materiallarining po'lat va boshqa metall, keramika va shisha, polimer, sement va beton, hamda kompozit kabilarning nanostrukturali modifikatsiyasi sohasida olib borilayapti. Materiallarni modifikatsiyalash ishlab chiqarish jarayonlarida o'zini boshqarish yoki turli nanozarrachalar, uglerod (karbon) li nanotrubka (naycha), nanokukun va boshqa nanoqo'shimchalardan foydalanish orqali amalga oshiriladi [35].

Turli funksional vazifali nanoqoplamalarni ishlab chiqish.

Tadqiqotchilarning xazinasida funksional yupqa plyonka va nanoqoplamalar, materiallarning ko'p karrali oshuvchi sifatleri – optik va issiqlik xossalari, uzoqqa chidamlilik, yedirilishlik, ta'sirlarga qarshilik ko'rsatish qobiliyati, o'z-o'zini soflashni ta'minlovchi, devorlarida yozuvlar tushirishiga to'sqinlik qilish va sh. o'. lar mavjud [35].

Yangi ko'p funksionalli material va komponentlar.

Izolyatsiya qiluvchi aerogel, samarali filtr/membrana va katalizatorlar, o'z-o'zini tuzatuvchi (davolovchi) materiallar.

Diagnostika tizimlari.

Yangi datchiklar, qurilma va konstruksiyalar holati va atrof muhit sharoitining yaxshi nazoratini ta'minlab beruvchi tez ishlaydigan asboblari.

Bugunda seysmik chidamlilik, turli tabiiy falokat (katakliizma) larni ushlab turish qobiliyati masalalari alohida ahamiyat kasb etdi. Ishlarning muhim yo'nalishi – bino va inshootlarning barqarorlik (o'zgarmaslik) va uzoqqa chidamlilik faniga ularning monitoringi.

Ekologiya, xavfsizlik, energiya tejamkorligi va shinamlilik (komfort).

Tadqiqotlarning yo'nalishlari: yangi issiqlik katagi (yacheykasi), energounumli yoritish, maxsus izolyatsiya va oynalash, o'z-o'zini soflash, o'z-o'zini tiklash va sh. o'. lar.

Tegishli infrastrukturani yaratish tarmoqli nanofan rivojlanishining asosiy shartlari hisoblanadi.

Nanotexnologik g'oyalarni tatbiq qilish uchun atom, molekula va molekulalar usti sathlarida *jarayonlarni nazorat qilish* zarur. Bunday nazorat ilmiy tadqiqot qurilish laboratoriyalarini eng zamonaviy asbob-uskunalar: ravshanligi (sezgirligi) 0,1 nanometrli elektronli, tunnelli va atomli-kuchli mikroskoplar bilan ta'minlanganida mumkin [60].

Yuqori ravshanlikli zamonaviy asbob-uskunalaridan va tadqiqotlarning "avaylash" usullaridan foydalanish orqali nanosistemalarni *malakali testlash* zarur. Bunda past vakuumda ishlaydigan asbob-uskunalarni qo'llash zarur, u modifikatsiyalangan qurilish materiallarining strukturasi tahlil qilishda yangidan paydo bo'lgan narsalarni destruksiya qilishga imkon bermaydi [60].

Nanoo'lchamli ob'ektlar bilan foydalanish imkonini beruvchi *usullarni tezroq ishlab chiqish*, nanotizimlar holati va xossalarini, keyingi qadam – qurilish ishlab chiqarishida real nanotexnologiyalarga o'tish uchun kerak bo'ladigan hamma narsalarni o'rganish.

Nanotexnologiyalarning rivojlanishida eng katta muammo – bu mazkur sohada mutaxassislarining yo'qligi. *Malakali kadrlarni* tayyorlash uchun, qurilish materialshunosligida nanotexnologiyalar bo'yicha ilg'or qurilish OO'Yu larida magistrlik dasturlarini ishlab chiqish va tatbiq etish lozim.

Nanotexnologiyaning milliy markazini tuzish kerak.

Qurilishda nanotexnologiyaning milliy markazini yaratish qurilish nanoindustriyasi taraqqiyotining muhim omili hisoblanadi. Mutaxassislarining fikri bo'yicha bu markaz faoliyatining asosiy yo'nalishlari keng tadqiqot ishlari, innovatsion texnologiyalar sohasida dunyo tajribasini o'rganish, hisobga olish va nazorat qilish, hamda loyihalarni boshqarish mexanizmlari bilan qo'llab quvvatlanishi kerak [60].

Bunday markazga nanotexnologiyalar sohasida tadqiqotlarni

muvofiglashtirish, hamda bozorda ishlanmalarni oldinga surish uchun ilmiy-tadqiqot tashkilot va institutlar laboratoriya tarmog'ini "birlashtirish" uchun u eng zamonaviy asbob-uskunalar bilan ta'minlangan bo'lishi kerak.

Markazning *tez kunlardagi vazifalariga* quyidagilar kirishi mumkin [60]:

- qurilish materiallari sohasida fundamental tadqiqotlar va nanotexnologiyalar sohasida "asosiy muammolar"ni aniqlash;
- nanosathda jarayonlarni o'rganish va nanoqurilma, nanomateriallar va ular asosida konstruksiyalarni ishlab chiqish;
- xalqaro hamkorlik doirasida o'tkaziladigan ilmiy faoliyatni qo'llab quvvatlash, birgalikda ishlangan loyihalarni tatbiq qilish, tadqiqot dasturlarini muvofiqlashtirish;
- "qurilishda nanotexnologiya va nanomateriallar" mutaxassisligi bo'yicha o'quv dasturini ishlab chiqish va kadrlarni tayyorlash;
- nanofan va nanotexnologiyalar sohasida ilmiy-texnik nashrlarning arxivini yaratish;
- nanotexnologiyalar, nanomateriallar to'g'risida "qurilish" sayti va ular bilan bog'liq bo'lgan dunyodagi nanotexnologiya to'g'risidagi hodisalarni qo'llab quvvatlash;
- nanotexnologiyalarni yoritish bo'yicha texnik parklarni yaratish;
- firma-qatnashuvchilar, birgalikda ishlanadigan dasturlar uchun klasterli muhitni yaratish, birgalikdagi ishlarni qo'llab quvvatlash va axborotlar bilan almashish;
- nanotexnologiyalarni qo'llashning etik, huquqiy va ijtimoiy natijalarini o'rganish.

Qurilishda nanotexnologiyalarni qo'llash muammolari [60].

Amaliyot shuni ko'rsatadiki, bir qator muammolar mavjudki, ularning yechimi to'g'ridan-to'g'ri yangi texnologiyalarni tatbiq etish tezligiga ta'sir qiladi, aynan:

- nanotexnologiyalardan foydalanib ishlab chiqilgan mahsulotlar to'g'risida *axborotlarning QMQ va SanQvaN larda mavjud emasligi*;
- loyiha tashkilotlarida nanokomponentli konstruksion materiallarni qo'llash *tajribasining mavjud emasligi*;
- qurilish tarmog'i uchun nanokomponentlardan foydalanib turli texnologiyalar mavjudligi to'g'risida *yakka tartibda imorat soluvchi (quruvchi) shaxslarning kam xabardorligi*;
- davlat buyurtmachilari tomonidan zamonaviy konstruksion materiallarning qo'llanishiga *motivatsiya (qo'llab quvvatlash) darajasining yetarli emasligi*;
- O'zbekistonda mavjud bo'lgan kompozitsion materiallar *ishlab*

chiqarish texnologik darajasining pastligi;

- qurilish maydonlarida *texnologik fanlari sathining pastligi.*
Nanotexnologiyalar uchun qurilish tarmog'i [60].

Mutlaqo tabiiyki, nanotexnologiyalarni yaratish va ishlov berish uchun eng yangi laboratoriya korpusi va unikal asbob-uskunali sinov markazlari talab etiladi, u yerda nm gacha aniqlikda geometrik o'lchamlarni o'lchash va buyumlarni bir necha molekulagacha qalinlikda va bir necha nm² gacha yuzali qilib tayyorlash imkoni bo'ladi.

Geytersbergdagi (AQSh) *Standart va texnologiyalar milliy instituti* (NIST) 2004 yilda narhi \$175,9 mln li (loyihaning umumiy narhi \$235,2 mln) o'lchash laboratoriyasi bilan nanotexnologiyalar qurilish korpusini ishga tushirdi, loyihachilar fikriga ko'ra, u dunyoda ichki muhiti juda qattiq nazorat qilinadigan bino hisoblanadi.

6.2. Nanomateriallar texnologiyasi sohasidagi fanning zamonaviy muammolari

Tarixi. Moddalarning nanostrukturli holatini o'rganishning (kolloidli kimyo sohasidagi tadqiqotlar) XIX asrning o'rtasidan boshlanadi. Garchi, kolloidli oltin ming yillik tarixga ega bo'lsa ham. Kolloidli oltin to'g'risidagi birinchi kitob 1618 yilda chiqqan (nanotexnologiyaning birinchi misoli). O'rta asr cherkov vitraj (rasm solingan rangli oyna) lari oddiy bezak vazifasini o'tamasdan – quyosh nuri ta'siri ostida ular havoni tozalash vazifasini o'tashgan (Kvinslen texnologik universitet professori Chju Xuay Yun) [31].

Sababi – naqshlashda qo'llaniladigan oltin bo'yoq. Shishada oltin zarrachalarga birlashadi, uning o'lchamlari bir necha nanometrni tashkil etadi. Tabiatiga ko'ra elektr magnitli nurlanish hisoblangan yoriqlik (nur) nanozarrachalar magnit maydoni bilan o'zaro ta'sirga kirib, atomining elektronlarini tashkil qiladi.

Magnit maydonining tebranishi natijasida shunchalik kuchli bo'lib qoladiki, ular oltin nanozarrachalar yaqinida joylashgan ba'zi bir birikmalar molekulasining yemirishiga olib kelishi mumkin, masalan, uchuvchan organik birikmalar deb nomlanadiganini.

Vitrajlarning "ishlashi" natijasida bunday birikmalardan zararsiz moddalar va uncha ko'p bo'lmagan miqdorda karbonat angidrid gazi olinadi. 1919 y. shved olimi T. Svedberg ultra sentrifuga (markazdan qochirma kuch tasirida qorishmani mexanik ravishda ajratuvchi apparat) yordamida qorishmalardan kolloidli zarrachalarni ajratish usulini yaratdi. 1926 yilda T. Svedbergga Nobel mukofoti berilgan [31].

XX asr. Geterogenli kataliz, ultradispersli kukun va yupqa plyonkalar sohasida tadqiqotlarning jadal rivojlanishi. O'rganiladigan ob'ektlar kichik o'lchamlarini ularning xossalari ta'siri to'g'risidagi jiddiy savol paydo bo'ladi.

1931 yili Ruska birinchi transmissionli elektron mikroskopini qurdi. Bu hujayrali strukturalarni batafsil ko'rish imkonini berdi (nanotexnologiyalar uchun juda muhim!). Ernest Avgust Ruska (Germaniya) 1986 yilda fizika bo'yicha elektronli mikroskop ustidagi ishi uchun Nobel mukofotini oldi.

Asosiy tushunchalar. *Nanotizim* – nanometrik xususiyatga ega bo'lgan (xarakterli) o'lchamlari bilan tartibga solingan yoki o'z-o'zini tartibga solgan ko'rinishdagi moddiy (real) ob'ekt, ularning kooperatsiyasi (birlashish va mehnat taqsimoti asosida ishni tashkil etish uslubi) nanomasshtabli omillarning paydo bo'lishi bilan bog'langan ulkan samarali, hamda boshqa hodisa va jarayonlarning kant-o'lchamli ko'rinishida sodir bo'lgan ob'ektlarda yangi xossalari paydo bo'lishini ta'minlaydi [31].

Nanotexnika – nanomasshtablarga o'tishda tizimlarning yangi xossalari va funksional imkoniyatlaridan foydalanib yaratilgan va oldin erishilmagan massa, gabarit va energetik ko'rsatkichlari, texnik-iqtisodiy parametr va funksional imkoniyatlariga ega bo'lgan mashina, mexanizm, asbob, qurilma va materiallar.

*Nanofan*¹ – nanometrli masshtabda moddalar xossalari to'g'risida bilimlar majmui.

*Nanofan*² – nanoo'lchamli elementlar asosida tartibga solingan yoki o'z-o'zini tartibga solgan, nanometrik xususiyatga ega bo'lgan o'lchamlari bilan moddiy (real) ob'ektlar yoki yuqoriroq metrik darajadagi tizimlar xossalari ta'riflash, tushuntirish va bashorat qilishga asoslangan bilimlar tizimi.

Nanomateriallar – nanometrik xususiyatga ega bo'lgan o'lchamli va nanoo'lchamli elementlarning kooperatsiyasida fizik va (yoki) kimyoviy o'zaro ta'sirlarning o'ziga xos sodir bo'lishi bilan bazali elementlarning tabiiy yoki sun'iy tartibga solingan yoki tartibga solinmagan tizimini ifodalaydigan, nanomasshtabli omillarning paydo bo'lishi bilan aniqlanadigan material va tizimlarda oldin noma'lum bo'lgan mexanik, kimyoviy, elektrofizik, optik, teplofizik va boshqa xossalari majmuasini ta'minlovchi modda va moddalar kompozitsiyasi.

Nanostrukturlangan va nanojipslashtirilgan materiallar – alohida nanoob'ektlar – nanokeramika, nanog'ovakli materiallar va b. lardan qurilgan (strukturalangan), mikro- va makroskopik o'lchamli materiallar.

Alohida tarmoqlar orasida nanomahsulotlar bozorining taqribiy taqsimlanishi (2000 y.) [31]

Kimyo va mashinasozlik uchun nanostrukturli materiallar – 30%.

Elektronika – 20%.

Energetika – 10%.

To'qimachilik sanoati – 2%.

Aerokosmik sanoat – 2%.

Avtomobil sanoati – 5%.

Qishloq xo'jaligi – 1%.

Tibbiyot, farmatsevtika, kosmetika (pardoz-andoz) – 30%.

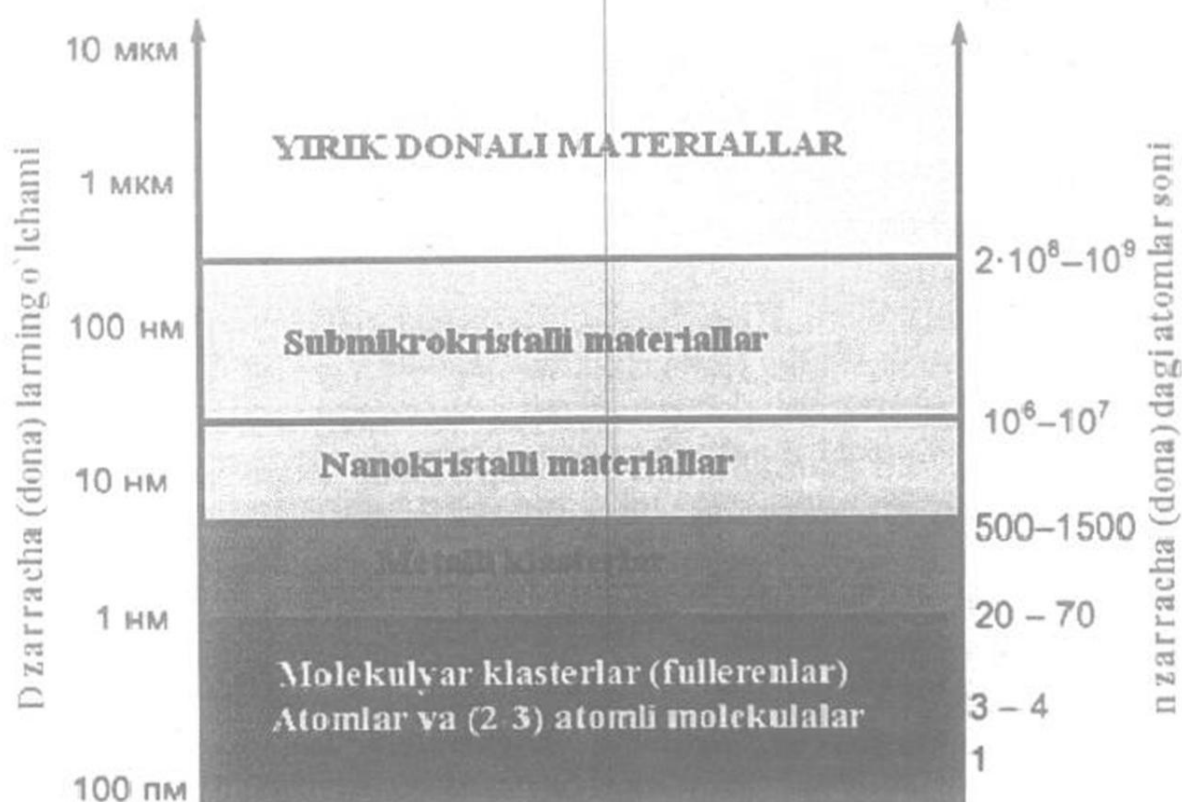
Nanotexnologiya – materiallarning sintez, yig'ish, struktura- va shakl hosil qilish, ustidan surtish, olib tashlash va modifikatsiya qilish, shu jumladan, bilim, ko'nikma, mahorat tizimi, asbob-uskuna, materialshunoslik, metrologik jarayonlar texnologik operatsiyalarining axborot ta'minoti, nanomasshtabli omillar sodir bo'lishi bilan shartlangan yangi xossalari yordamida material va tizimlarni yaratishga yo'naltirilgan usul va yo'llarning majmuasi[31].

Nanotexnologiya – oldindan berilgan tarkibi, o'lchamlari va strukturasi bilan nanoob'ektlarni maqsadli yaratish imkonini beradigan usullar majmui.

Nanofan va nanotexnikaning fundamental asoslari va qo'llanish sohalari [31]



D zarracha (dona) larning o'lchamlari bo'yicha modda va materiallarning sinflanishi [31]

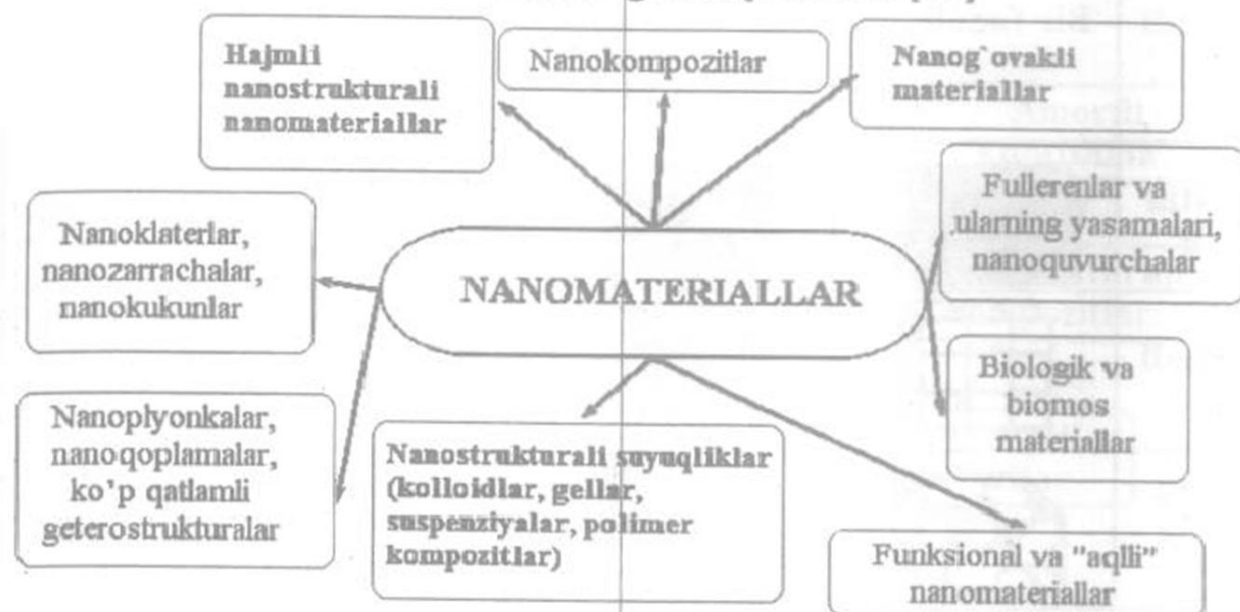


Nanoinjeneriya – nanomateriallar samarali usullarining qo'llanishini qidirish.

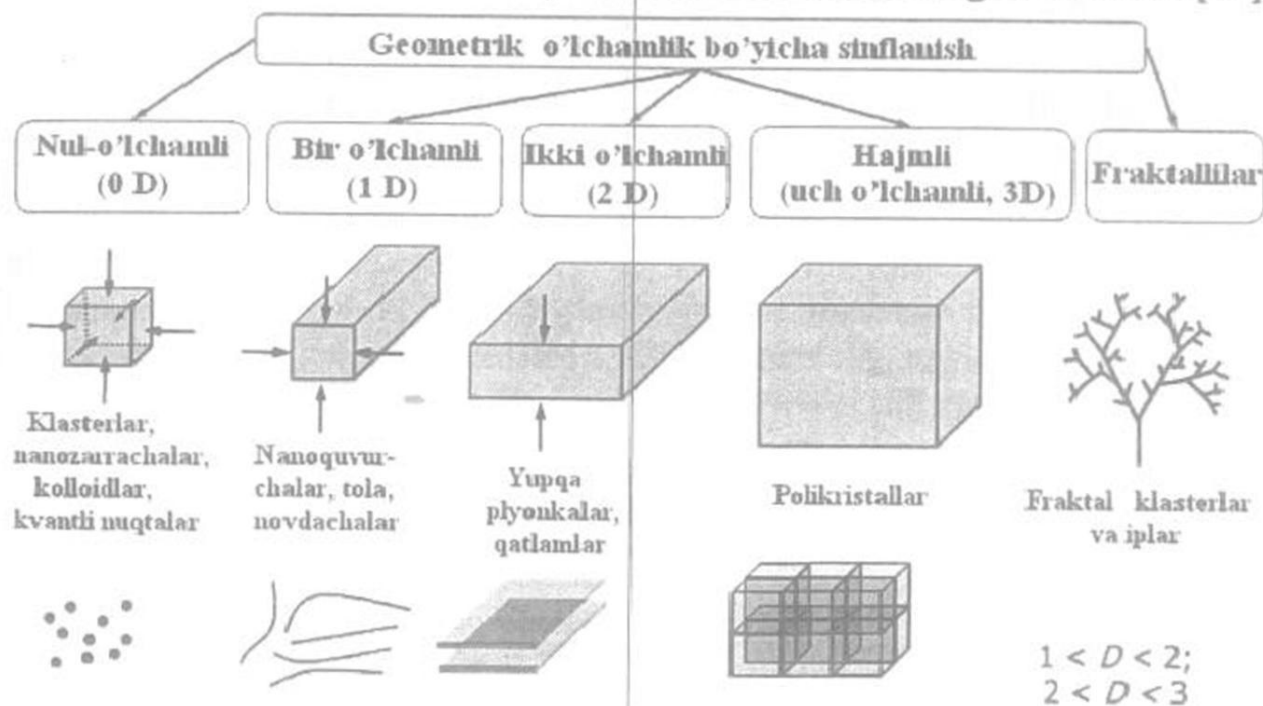
Nanodiagnostika – nanomaterial va nanotizimlarning struktura, morfologik-topologik, mexanik, elektrofizik, optik, biologik tavsiflarini o'rganishga yo'naltirilgan tadqiqotlar ixtisoslashtirilgan usullarining majmuasi, moddalar nanosonining tahlili, nanoaniqlik bilan metrik parametrlarni o'lchash.

6.3. Nanomateriallar va ularning sinflanishi

Materiallarning asosiy turlari [31]

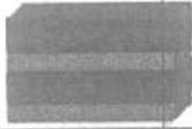
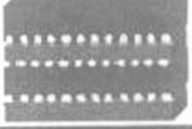
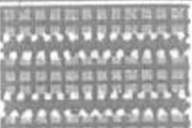
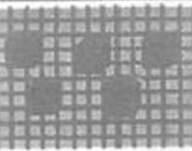
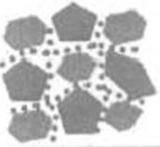


I. Geometrik o'lchamlik bo'yicha nanoob'ektlarning sinflanishi [31]



II. Hajmli nanostrukturli materiallar

Strukturali tashkil etuvchilar tarkibi, taqsimlanishi va shakli bo'yicha nanokristalli materiallarning sinflanishi (G. Glyayter) [31]. Qurilish materiallari arzon va ommabop bo'lishi kerak.

Shakli	Kimyoviy tarkibi va taqsimlanishi			
	Bir fazali	Ko'p fazali		
		Statik		Matritsali
		Bir xil chegaralilar	Har xil chegaralilar	
Plastin kali				
Ustunli				
Teng o'qli				

Hajmli nanostrukturali materiallar

Qurilish

Konstruktiv

Funksional

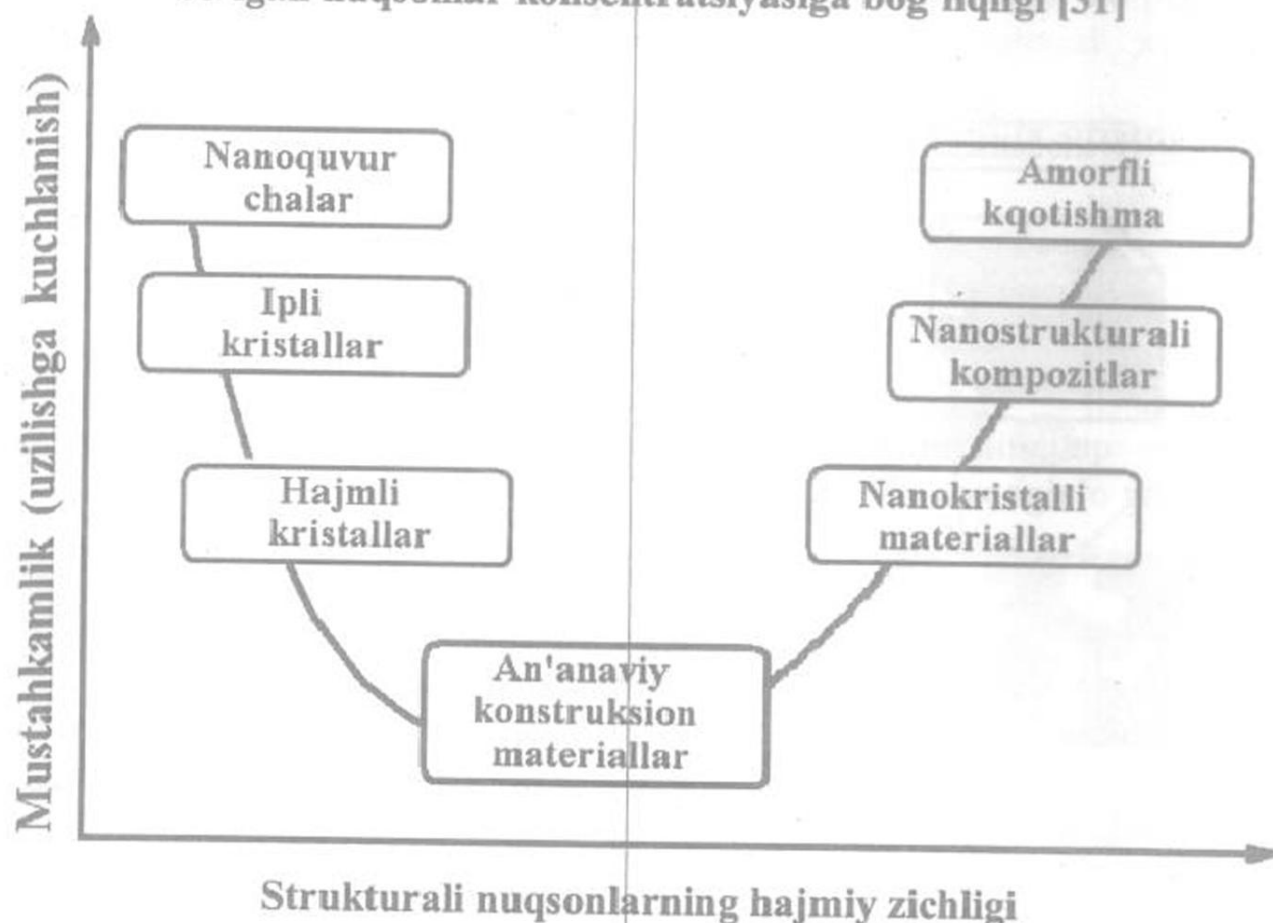
Konstruksion materiallar. Konstruksion materiallarning asosiy vazifasi uzoq vaqt davomida va foydalanishning berilgan sharoitida mexanik yuklarga bardosh berib ushlab turish; konstruksiya massasini minimallashtirish, uni funksional, ishonchlilik va tejamkorlik talablarini qoniqtirishdan iborat [31].

Konstruksion materiallarning asosiy tavsiflari:

- Yung modeli;
- oquvchanlik chegarasi;
- toliqish chegarasi;
- yedirilishga qarshi bardoshlik;
- yemirilish yopishqoqligi.

Hamma tavsiflari (Yung modulidan tashqari) struktura-sezuvchanli.

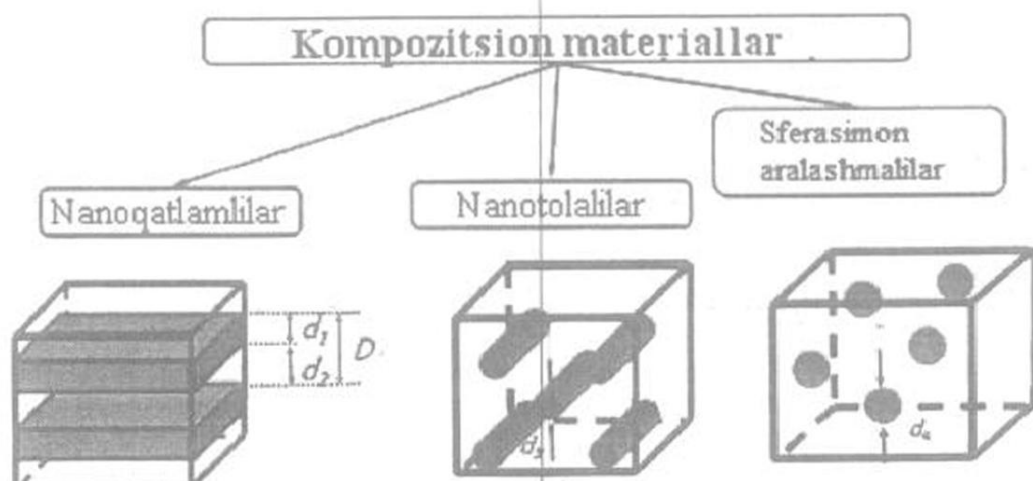
Materiallar mustahkamligining atomlar parchalanishidan sodir bo'lgan nuqsonlar konsentratsiyasiga bog'liqligi [31]



III. Nanokompozitsionli materiallar

Nanokompozitsionli materiallar – alohida tayyorlanadigan va o'sish (rivojlanish), shimdirish, aralashtirish, kichik dispersli fraksiyalarni ixchamlashtirish va b. jarayonda bir-biri bilan biriktirilgan ikkita va undan ko'p turli fazalardan tashkil topgan materiallar [31].





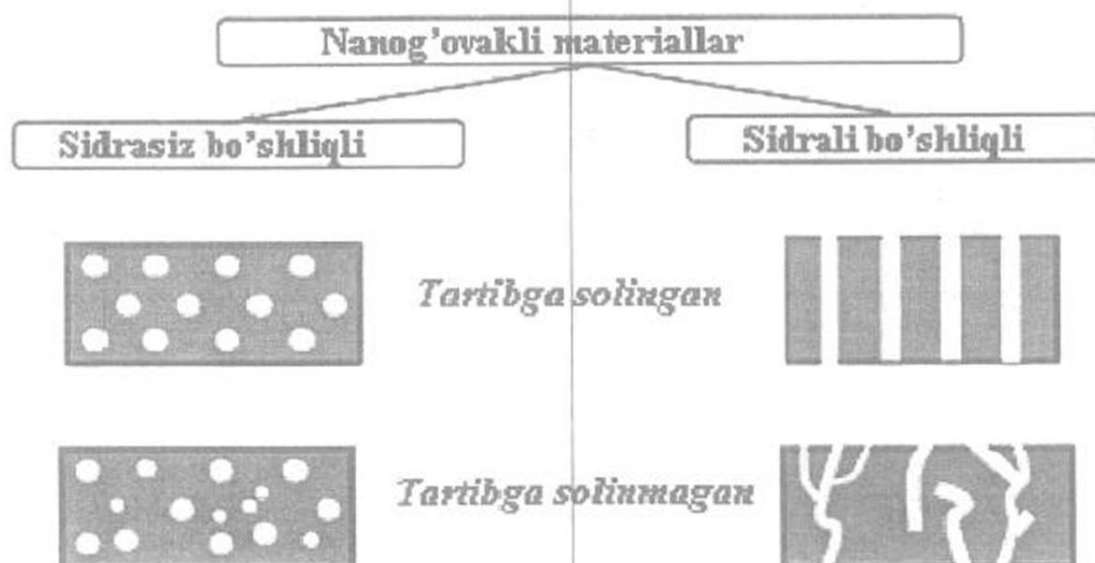
D – qatlamlarning navbatlashish davri; d – alohida morfologik birlikning o'ziga xos o'lchamlari.

IV. Nanog'ovakli materiallar

Nanog'ovakli materiallarni matritsada tasodifan yoki qonuniy taqsimlangan ikkinchi faza rolini o'ynaydigan nanokompozitsion kabi ko'rish mumkin. IYuPAK bo'yicha barcha g'ovakli materiallar uch sinfga bo'linadi [31]:

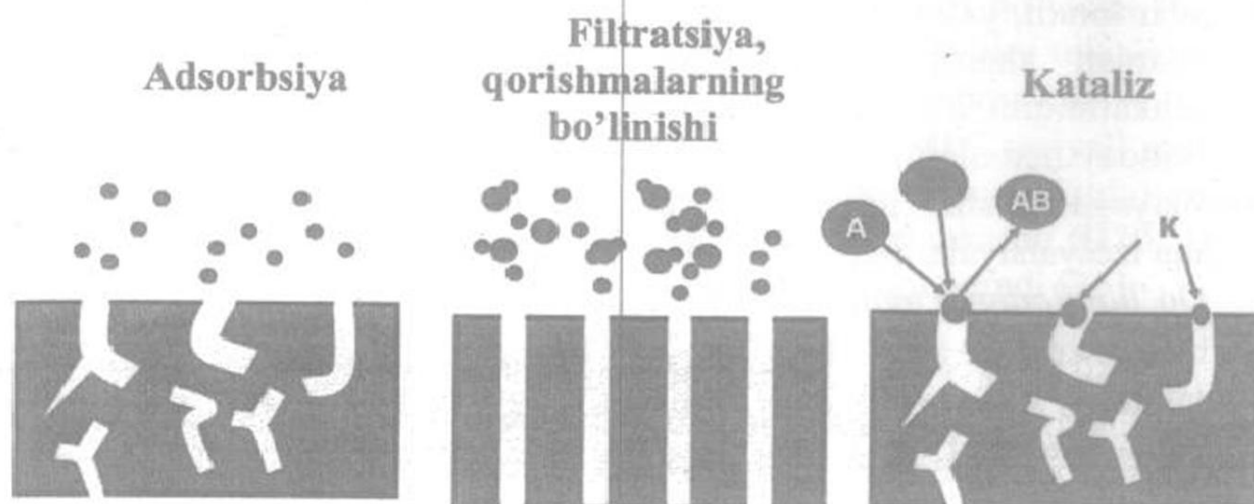
- makrog'ovakli ($R > 50$ nm);
- mezog'ovakli ($2 < R < 50$ nm);
- mikrog'ovakli ($R < 2$ nm).

G'ovakli materiallarda gaz va suyuqliklar bilan o'zaro ta'siri erkin va ochiq (mumkin bo'lgan) yuza jismlardagi xuddi shunday qattiq yuzadan ancha yuqori bo'ladi. Bu geterofazali kimyoviy va katalitik reaksiyalar uchun sharoitlarni yaxshilashga, sorbsion sig'im va sh. o' larni kattalashishiga olib keladi.



Nanog'ovakli materiallarning faolligi nafaqat solishtirma yuzaning kattalashishidan, balki yuzada joylashgan atomlar sonining ko'pligidan, balki yuza oldi qatlamlarida yuqori egrilikdan, material xossasini o'zgartirishidan kelib chiqadi.

Nanog'ovakli materiallarning atrof muhit bilan o'zaro ta'sirining uchta asosiy turi [31].



K – katalizatorning nanozarrachalari; A va B – boshlang'ich reagentlar; AB – sintezlanadigan mahsulot.

Kovakchalarning nanoskopik o'lchamlarida har xil shaklli va o'lchamli molekulalar uchun o'tkazuvchanlik farqlanadi. Nanog'ovakli materiallardan selektivli molekulyar g'alvir (sito) va filtrlarda foydalanish mumkin:

protivogaz (gazniqob);

havo va suvni nozik (nafis) tozalash uchun filtrlar.

Samarali ishlash uchun perkolyatsion chegarani oshib o'tishi kerak, ular ortida bir-biri bilan bog'lanmagan kovakcha va kanallar oquvchi muhitni o'tkazib yuborish uchun sidrali yo'llar (o'tish joyi) paydo bo'la boshlaydi.

To'g'ri geometrik shaklli va bir xil o'lchamli materiallar (selektivli materiallar) alohida ahamiyatga ega.

Nanog'ovakli materiallarning to'ldiruvchi tavsiflari:

- termobarqarorlik;
- kimyoviy barqarorlik;
- mexanik mustahkamlik;
- narhi;
- texnologiklik (ishlov berishga qulaylik).

6.4. Ko'prikqurilish uchun yengil nanostrukturlangan beton

Yuqori ekspluatatsion xossalari bilan modifikatsiyalangan betonlar.

Yuqori ekspluatatsion xossali betonlarga yuqori mustahkamli, past o'tkazuvchanlik, korroziyaga bardoshligi va uzoqqa chidamligi baland, kirishishi va kengayishi kompensatsiyalangan (birmuncha tiklangan) betonlar kiradi, ya'ni ularning uyg'unligi yoki ulardan bittasining ustunligi foydalanish sharoitlariga bog'liq holda konstruksiyalarning yuqori mustahkamligini ta'minlaydi [34].

Bunday betonlarning qo'llanishi ko'pgina hollarda konstruksiyalarning korroziyaga qarshi "ikkilamchi" himoyasidan (bo'yash, yopishtirish va boshqa izolyatsiyalardan) voz kechish imkonini beradi.

Qo'llaniladigan materiallar [35]:

- modifikatorlar MB-01, MB-S yoki Embelit;
- miqdori 500 kg/m^3 dan ko'p bo'lmagan oddiy M400 yoki M500 portlandsement;
- zich jinslardan iborat to'ldiruvchilar;
- mustahkamligi $2...10 \text{ MPa}$ va zichligi $500...800 \text{ kg/m}^3$ bo'lgan keramzitli shag'al (graviy).

Betonning asosiy xossalari [35]:

- og'ir va mayda donali betonlar uchun kubik mustahkamlik diapazoni $40...120 \text{ MPa}$, u B30...B100 sinflarga mos keladi;
- zichligi bo'yicha markasi D1600...D1800 kg/m^3 bo'lgan konstruksion yengil beton uchun kubik mustahkamlik diapazoni $40...80 \text{ MPa}$, u B30...B60 sinflarga mos keladi.

Qisqa va uzoq muddatli deformativ tavsiflari diapazoni:

- B30...B60 sinfli betonlar uchun – amaldagi me'yorlarga mos keladi (QMQ 2.03.01–97 va QMQ 2.05.03–84);
- B70...B100 sinfli betonlar uchun – maxsus me'yorlashtiriladi [60].
- normal qotishda bir kunlik yoshida kubik mustahkamlik diapazoni – $25...40 \text{ MPa}$;
- kirishishdan so'ng chiziqli kengayish qoldiq deformatsiyasining sathi $0,02...0,1\%$, o'z-o'zidan kuchlanishi $0,5...3,0 \text{ MPa}$;
- suv, gaz va xloridlar uchun past o'tkazuvchanlik: suv o'tkazmaslik bo'yicha markasi W12...W20;
- sovuqbardoshligi oddiy betondagidan kam emas, struktura sodir qiluvchi qo'shimchalardan ortiqcha foydalanilganda markasi F700...F1000 gacha yetkaziladi.

Quyidagi hollarda yopishtirmasdan va bo'yamasdan izolyatsiya

qilishga bardoshligi:

- kam nordonli muhitda pH 3 bo'lganda;
- tajovuzkor gazlar konsentratsiyasida QMQ 2.03.11-85 da ko'rsatilganidan bir pog'ona yuqorida bo'lgan gazli muhitlarda;
- xlorli va sulfatli gazlar konsentratsiyasida QMQ 2.03.11-85 da ko'rsatilganidan bir pog'ona yuqorida bo'lgan suyuqlik muhitlarida;
- betonli qorishmalarning yuqori tiksotropligi va vaqt bo'yicha turg'un konsistensiyasi, ular xatto yuqori plastiklikda (o'z-o'zini tekislaydigan qorishmalar) ham qatlamlanish belgilariga ega bo'lishmaydi.

Og'ir va mayda donali betonlarning xossalari. "MB" seriyali modifykatorni qo'llash oddiy materiallardan (sement va to'ldiruvchilarda) yuqori mustahkamli (B45...B60 sinflilar) va o'ta yuqori mustahkamli (B70...B100 sinflilar) og'ir va mayda donali betonlar olish imkonini beradi [35].

Konstruksion yengil betonlarning xossalari. "MB" seriyali modifikatorni zichligi 500...800 kg/m³ va mustahkamligi 1,5...8 MPa bo'lgan keramzitli shag'allar bilan birgalikda qo'llash qatlamlanmaydigan yuqori qo'zg'aluvchan va o'z-o'zidan tekislanuvchi betonli qorishmalardan zichligi bo'yicha markasi D1600...D1800 kg/m³ va mustahkamligi bo'yicha sinfi V30...V60 bo'lgan konstruksion yengil betonlarni olish imkonini beradi [35].

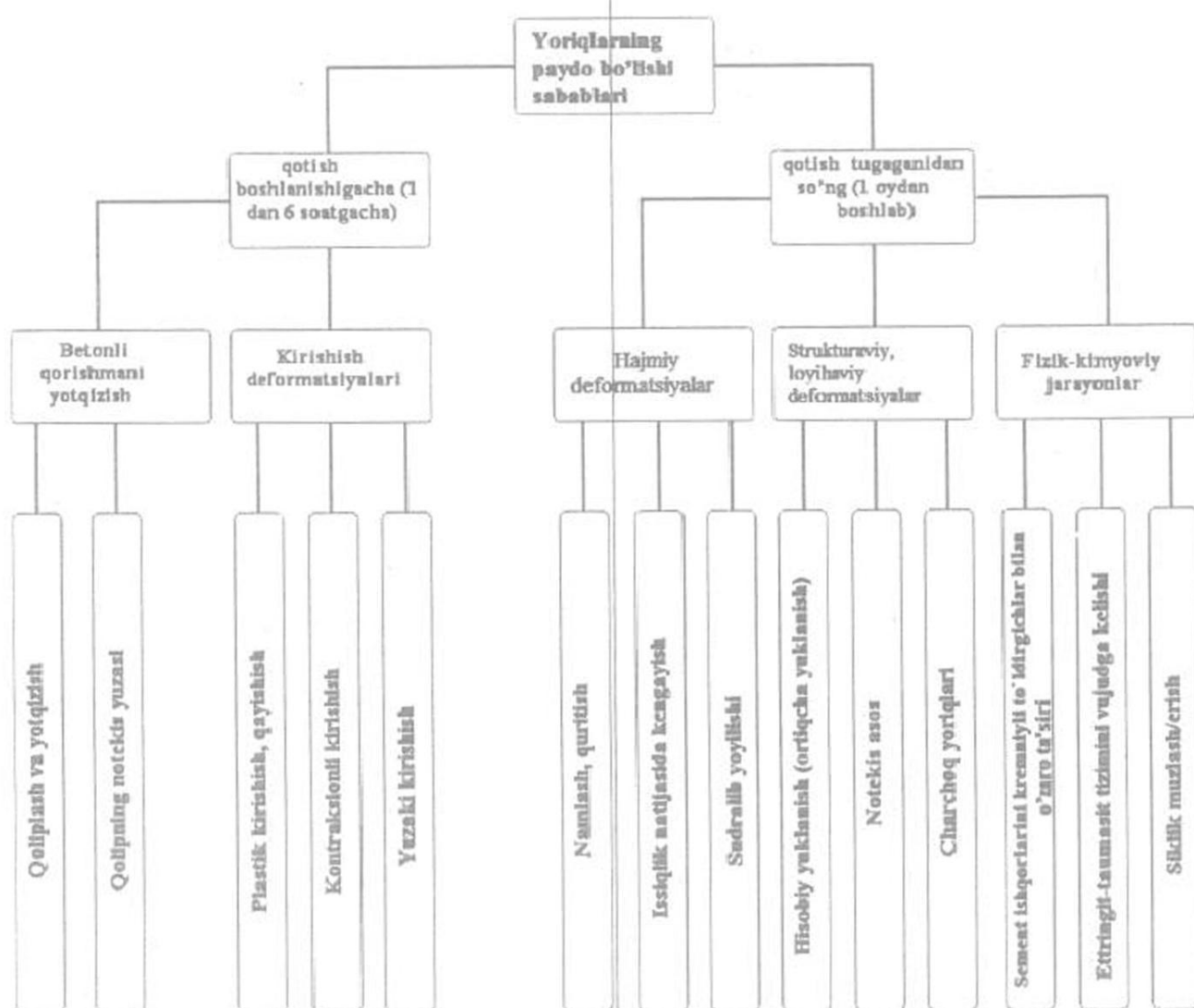
Qurilish tarmog'ining eng konservativ sohalaridan biri ko'priksizlik hisoblanadi. Odatda, ko'priksiz konstruksiyasida qurilish materiallariga tegishli biror bir o'zgartirishni muvofiqlashtirishga kelishish uchun ko'p yillar ketadi.

Tolalarning aralash turidan foydalanish asosida beton sifatini yaxshilash. Betonli buyumlarning strukturali nuqsonlari yoriqlar hisoblanadi va ular ikki turga bo'linadi. *Birinchilarining* o'lchamlari to'ldiruvchi zarrachalar diametridan katta emas, uzunligi esa bir necha (1...5 nm) mikronni tashkil etadi, asosan matritsada mikroyoriq va kovakchalar, konstruksiyalarni tayyorlash jarayonida yirik to'ldiruvchi va matritsa chegarasida sodir bo'ladigan yoriqlar va ichidagi bo'liqlar. Ular asosan bir yo'nalishda joylashadi, bu esa betonning betonlash qatlamiga bo'ylama va tik mexanik xossalarning sezilarli farqlanishiga olib keladi.

Ikkinchilariga makroyoriqlar kiradi, ular mikroyoriqlarning birikishi natijasida sodir bo'ladi, ular katta uzilishlarni ifodalaydi. Bu yoriqlarning uzunligi namunaning butun ko'ndalang kesimi bo'ylab o'tishi mumkin bo'lib, ular konstruksiyadan foydalanish jarayonida sodir bo'ladi va sidrali yoriqlar deb nomlanadi. Kuch ta'sirida sodir bo'ladigan yoriqlar odatda tekis yo'llangan, bu esa har xil yo'nalishlar bo'yicha fizik-mexanik tavsiflarning o'zgarishiga, ya'ni xossalarning anizotropiyasiga olib keladi.

Va, nihoyat, beton strukturasida butun konstruksiya yoki uni ayrim qismlarining sinishini tavsiflovchi magistral yoriqlar mavjud bo'ladi. Magistral yoriqlar megayoriqlarga kiradi [11].

Betonli inshootlarni ishlab chiqish va ulardan foydalanish sabablar majmuisi yuzaga keltirgan yoriq paydo bo'lishi bilan birga sodir bo'ladi (6.1-rasm). Yoriqlar, deformatsiya va sinishlar zarbali, vibratsion, boshqa dinamik yuklar ta'siri, hisob-kitoblar va armaturalashdagi kamchiliklar; sifatsiz materiallardan foydalanish, issiqlik bilan ishlov berish rejimi va montaj texnologiyasiga rioya qilmaslik, foydalaniladigan materiallar mustahkamligi, elastikligi va bikrligining har xilligi, zamin mustahkamligining yo'qolishi oqibatlarida kelib chiqishi mumkin.



6.1-rasm. Yoriqlar turi va ularning paydo bo'lish sabablari [11]

Bu omillarning har biri beton qotishining turli bosqichlarida sodir bo'ladi va, shuning uchun, ularning betonli elementlarning uzoqqa

chidamliligiga ta'siri har xil. Eng ko'p xizmat (rol) ni qotgan betonda sodir bo'ladigan deformatsiyalar o'ynaydi, jumladan bulardan cho'zuvchi va eguvchi yuklar, siklik muzlatish va eritishda ichki kuchlanishlar, tashqi muhit ta'siri va korrozion jarayonlar bilan bog'liq bo'lganlari asosiy xissaga to'g'ri keladi. Vaqt o'tishi bilan nuqsonlar rivojlanishi konstruksiyalar elementlarining kuchlanganlik-deformatsiyalanish holatiga sezilarli ta'sir qiladi. Betonda yoriq paydo bo'lishining hamma yuqorida nomlangan sabablarini oldini olish yoki material xossasiga ta'sir qilish darajasini kamaytirish dispersli-armaturalangan betonlarni qo'llash orqali amalga oshiriladi. Bunday kompozitlarni qo'llash bir qator maxsuslashtirilgan masalalarni muvaffaqiyatli yechish imkonini beradi: ko'priklarni konstruksiyalari, uchish-qo'nish yo'laklari, ziynatli (dekorativ) elementlar va b. larni kuchaytirish.

“Fibra (tola) siz hayot yo'q” – “Qurilish konstruksiyalarini dispersionli (yoyilgan) armaturalash” nomli xalqaro simpozium tashkilotchilari shunday shior tanlashdi (Moskva, 2006). Tola juda ham yaqindagi qurilish materiali emas. Eng qadimiy uy-joylar – yer to'la va kulbalar – tol novdalaridan to'qilgan xivichdan foydalanib qo'tarilgan, issiq o'lkalarda esa, masalan, magnoliya (yirik xushbo'y gulli doim yashil daraxt yoki buta) dan. Tom yon bag'ri (qiyaligi) o't poyali to'shama va 60 sm li tuproq bilan bosilgan. Qadimiy Misrda va Sharqda somondan foydalanishgan – qiymalangan poxolni, ko'proq loyga taxtakachlangan (presslangan) javdaridan. Rim imperiyasida terrakota (qizg'ish-jigar rang) g'isht va cherepitsa (tomga yopiladigan sopol) dan, hamda hayvonlar yungini qurilish qorishmasiga aralashtirib foydalanishgan [11].

Betonni po'lat simlar bilan armaturalashga birinchi bo'lib Jan Lui Lambo urinib ko'rgan. 1855 y. u bir necha qatlam to'qilgan po'lat to'r bilan armaturalangan sementli qorishmadan uzunligi 3,5 m bo'lgan qayiq tayyorlaydi. Keyinroq shishali tola, shishali to'r va to'qimalardan tashkil topgan ma'lum yo'nalishli shishafibrobeton qo'llay boshlashdi. Bu materiallarning natijalari J. Romuald (AQSh), aka-uka Biryukovichlar (RF) ishlarida nashr qilingan edi: uning zichligi alyuminiyga nisbatan 2 marta, po'latga nisbatan esa 5 marta past [11]. Shishafibrobeton o'ziga xos xususiyatlarga ega bo'lgani uchun undan bir qator mas'uliyatli inshootlar ko'tarishda qo'llanildi. Ko'priksizlikda dispersion-armaturali beton Berlin parkidagi (1988) ikki oraliqli yo'lovchilar ko'prigini rekonstruksiya qilish uchun qo'llanildi, yaponiya golf-klublaridan birida (1992) esa vantli ko'priknı qurish uchun. Ko'priklarni konstruksiyalarining seysmik chidamliligini oshirish dasturi doirasida (1993) Los-Andjeles va Santa-Monikada (AQSh), fibrobeton asosida bo'yradan foydalanib ustunlarning

himoya qoplamalari qo'llanildi.

Bugungi kunda tolalarning fizik tabiati tasniflashning asosiy belgisi hisoblangan dispersion-armaturali betonlarning bir necha turlari mavjud (6.1-jadv).

Jadval 6.1

Dispersion-armaturali betonlarning tasniflanishi [11]

Dispersion-armaturali betonlarning turlari	Xalqaro nomi	Foydalaniladigan tolalar
Natural tolalar bilan armaturalangan fibrobeton	Natural Fiber Reinforced Concrete (NFRC)	Natural tolalar: sizal (lubli o'simliklar tolasi), kokos, bambuk (g'arov), kanop
Po'latfibrobeton	Steel Fibre Reinforced Concrete (SFRC)	Metall tolalar: sovuq holda tortilgan simlar yoki listlangan po'lat, bukik ko'rinishidagi, zigzag shaklidagi ankerlar bilan
Shishafibrobeton	Glass Fiber Reinforced Concrete (GFRC)	Shishatolalar: shisha E, shisha S
Sintetik tolalar bilan armaturalangan fibrobeton	Polymer Fiber Reinforced Concrete (PFRC)	Sintetik tolalar: polietilen, poliester
Uglerodli tolalar bilan armaturalangan fibrobeton	Carbon Fiber Reinforced Concrete (CFRC)	Uglerodli tolalar: karbon, aramid (kevlar)
Aralash turdagi tolalar bilan armaturalangan fibrobeton	Multiscale-Scale Fiber-Reinforced Concrete (MSFRC)	Har xil uzunlikdagi aralash tolalar

Qurilishda dispersion-armaturali betonlarning xilma-xilligiga qaramasdan, yoriqlar paydo bo'lishini oldini olish va ularning rivojlanish suratini pasaytirish masalasida asosiy o'rin tolalarning aralash turlariga ajratiladi. Mazkur muammoda ikkita ilmiy qarash (yo'l) mavjud. Birinchisi – bir xil turdagi, ammo turli o'lchamli fibrotolalarning qo'llanishidan iborat. Masalan, turli uzunlikdagi va hajmiy miqdorli makro- va mikrometalli fibrilar birikmasi. Ilmiy tadqiqotning ikkinchi yo'nalishi – ikki va undan ko'p fibrilar turidan foydalanish, xususan, po'lat va sintetik tolalar aralashmasi [11].

Yangi avlod betonlari. Yuqori sifatli betonlar atrof muhit va yuklarning murakkab ta'siri sharoitida bino va inshootlarning ekspluatatsion ishonchliligi parametrlarini yuqori kafolatini ta'minlaydi, qurish muddatini anchagina qisqartiradi va investitsion tavakkal (xavf-

xatar) ni kamaytiradi. Bularning hammasi zamonaviy qurilish jarayoniga jalb qilingan sug'urta kompaniyalari va boshqa moliyaviy qatnashchilar uchun juda ham muhim.

Olim va mutaxassislar tomonidan yaratilgan samarali materiallar nomenklaturasi (nomlar-atamalar) va aniqlangan texnologik usullar o'tgan asrning 80–90 yillarida tajriba, tajriba-sanoat qurilmalari va stendlaridan foydalanib, hamda sanoatlashgan ishlab chiqarish sharoitida xom-ash'yo materiallari turlarining keng chegarasida variatsiyalash hisobida keng diapazonli ekspluatatsion tavsiflar bilan betonlar yangi turlarini olishning umuman olganda yangi samarali texnologik sxemalarini yaxshi o'rganish imkonini berdi.

Rossiya betonshunosligida yuqori sifatli betonlar deyilganda yuqori ko'rsatkichli mustahkamlik xossalari (siqilishdagi mustahkamligi bo'yicha sinfi V40 dan V90 gacha va undan katta, u mustahkamligi bo'yicha markasi M600...M1200 ga mos keladi) va qotish sur'atini (tabiiy sharoitda qotishida bir kunlik yoshida mustahkamligi 25...30 MPa dan kam emas) qurilish-texnologik xossalari bilan uyg'unlashtirgan gidravlik bog'lovchilar asosida oson yotqiziladigan betonlar tushuniladi, shu jumladan [11]:

- suv o'tkazmasligi W 12 va undan yuqori;
- sovuqbardoshligi F 400 va undan yuqori;
- yedirilishi 0,3...0,4 g/sm² dan katta emas;
- suv shimishi 1...2,5 mas %;
- xloridlar kirishiga yuqori qarshiligi;
- yuqori gaz o'tkazmaslik;
- deformativlik ko'rsatkichlarining boshqarilishi (shu jumladan 14...28 kun tabiiy sharoitda beton kirishishining kompensatsiyasi).

Rossiya qurilish amaliyotida yuqori mustahkamli va tez qotadigan, hajmining barqarorligi va har xil tajovuzkor ta'sirlarga yuqori qarshiligi va baland dekorativ xossalari bilan siqilishda 200 MPa mustahkamlik, sovuqbardoshlik (F 1000 va undan yuqori) va suv o'tkazmaslikning (W20 va undan yuqori) yuqori ko'rsatkichlarini uyg'unlashtiruvchi betonlar birinchi bo'lib olindi va tatbiq qilindi. Mazkur betonlar TBITI (NIJB) mutaxassislari tomonidan boshqa tashkilotlarni jalb qilib ishlab chiqildi. 1985–1998 yillarda quyidagilar ishlab chiqilgan [11]:

- turli vazifali, samarali, yuqori mustahkamli betonlarni olish va kompozitsion bog'lovchi moddalardan foydalanish hisobida ishlab chiqarishning hamma bosqichlarida strukturasini boshqarish orqali ekspluatatsion ishonchligini oshirish, kompleks kimyoviy modifikatorlar va faol mineral komponentlar qo'llanishining nazariy asoslari;
- har xil vazifali betonning polifunksional kimyoviy modifikatorlar

(superplastifikatorlar, plastifikatorlar, beton qotishi va strukturasining regulyatorlari (biror narsani tartibga keltirib, boshqarib turadigan kuch) va b.), talab qilinadigan samara va qo'shish (kiritish) usullariga bog'lab ularning tarkiblari va qo'llanish sharoitlarini optimallashtirilgan, shu jumladan, betonli qorishmalarni tayyorlashda yoki kompozitsion bog'lovchilarni olish bosqichida;

- tarkiblari, faol mineral komponentlar keng gammasining qo'llanish texnologiyasi, shu jumladan, ham betonlar qorishmasini tayyorlashda, ham kompozitsion bog'lovchilarni olishda foydalaniladigan va klinker komponentni sarfini kamaytirish, ularning suvga qarshiligi va yoriqbardoshligini oshirish, kirishish deformatsiyalarining kompensatsiyasi va strukturasini sodir bo'lishini boshqarish uchun mo'ljallangan;
- tarkiblar va sement toshiga maxsus xossalari: yuqori mustahkamlik (60 dan 120 MPa gacha), qotishning tezlatilgan surati, sovuqbardoshligi, sulfatbardoshliklar bo'yicha yuqori ko'rsatkichlari, kirishish deformatsiyalari yo'qligi va b. larning berilishi maqsadida polifunksional modifikatorlar va mineral qo'shimchalar ishtirokida komponentlarni mexanik kimyoviy faollashtirishni ko'zda tutuvchi kompozitsion bog'lovchilarni olish texnologiyasi

Rossiyadagi yuqori sifatli betonlar qo'llanilgan ob'ektlar ro'yxati yaxshi taassurot tug'diradi. Haqiqatdan ham, masalan, texnologik majmualar sanoatlashgan namunalari yaratilgan, tajriba va tajriba-sanoatlashgan tatbiqi, hamda har xil betonlarning sanoatlashtirilgan o'zlashtirilishi amalga oshirilgan, shu jumladan, yuqori ekspluatatsion tavsifli betonlardan tayyorlangan transport inshootlarining ko'priklari qurilmalari va monolit konstruksiyalarini tayyorlashda (Moskva aylanma yo'li, Kutuzov prospektidagi transport tunneli, avtostradaning shovqinidan himoyalovchi devorlari va b.), "Smolensk rastasi" savdo majmuasi zamonaviy ofis binolari (SDM-Bank), Kunsevo va Mitinodagi turar joy majmualarining qurilishida, Petr I haykalini (poydevor plitasi) ko'tarishda va me'moriy betondan tayyorlangan Iso payg'ambar ibodatxonasining gorelefi (tekis sathga ishlangan bo'rtma shakl, naqshi)ni, yuqori mustahkamli betondan tayyorlangan dekorativ plitali buyumlarni asliday qilib tiklashda, TBB-100 zavodi (Ivanovo sh.) va №81 sanoat kombinatida (Samara sh.) kompozitsion bog'lovchilardan foydalanib issiq bug'siz texnologiya bo'yicha maxsus va umumqurilish nomenklaturali yig'ma temirbeton konstruksiyalarni ishlab chiqishda, №55 sanoat kombinatida (Moskva vil.) kompleks modifikatorli betonlardan yasalgan ko'p qavatli binolar uchun hajmli-karkasli modullarni tayyorlashda.

Ta'kidlash lozimki, ishlab chiqilgan texnologiyalar ishlab chiqarishni

diversifikatsiya qilishni tez amalga oshirish va maxsus ahamiyatga ega bo'lgan mahsulotlarni chiqarish imkonini beradi, ular bino va inshootlarning xavfsizligini ta'minlash va me'moriy ifodalilikni oshirish imkonini beradi.

1985–1998 yillarda qurilishda yangi betonlardan foydalanib har xil fuqaro ob'ektlari va maxsus inshootlar qurilgan, hamda ko'p miqdorda temirbeton konstruksiyalar va monolit temirbeton qo'llanilgan.

Olimlar ishlanmalarining iqtisodiy samarasi, material sarfining pasayishi, energiya- va mehnat sarfining kamayishi va texnogen chiqindilarni qo'llash, uzoqqa chidamliligining sezilarli oshishi, bino va inshootlar ishlashi va ta'mirlash ishlarini o'tkazish bilan bog'liq ta'mirlar aro muddatning oshishi va ekspluatatsion xarajatlarning kamayishi natijasi bilan aniqlanadi; bular betonning yuqori, oldin erishilmagan ekspluatatsion ishonchliligi ko'rsatkichlari tufayli ta'minlash imkoniyati bilan erishildi.

Bir qator Rossiya tashkilotlari tomonidan boshlangan ishlar harakati kelajakda yaxshi istiqbolga ega. Transport qurilishining rivojlanishi, yangi neft va gaz konlarini o'zlashtirish, shu jumladan sho'r suv, to'lqinli va shamol ta'siri sharoitlarida dengiz qaridagi va yer osti maydonidan foydalanish hajmini va yer osti "mini-shaharlarni" qurishni amalga oshirish, me'moriy temirbeton – mana ularning to'ldirilmagan, ammo yangi betonlar qo'llanishi ratsional sohalarining juda o'ziga xos ro'yxati.

Nanostrukturalashtirilgan yengil betonlar. Betonlarga, asosiy qurilish materiali kabi, har xil loyihalarda yetarlicha turli-tuman talablar bayon qilinadi. Ammo aslida doim loyihachi bunday betondan tayyorlangan detallari ko'taruvchalik xususiyati saqlanishi yoki xatto yuksalishida minimal solishtirma og'irlik bilan konstruksion betonlarga erishishga manfaatdor [35].

Qavatlar sonining oshishi va binoning tashqi ko'rinishi o'zgarishida poydevorlarni almashtirmasdan, eski shaharlar markazlarini rekonstruksiya qilish bilan shug'ullanayotgan avtomobil yo'llari ko'priklari loyihachilari, developerlar (ko'chmas mulk muomalasi bo'yicha professional ixtisosliklaridan biri), baland qavatli bino va inshootlar va sh. o'. larning loyihachilari yengil va mustahkam betonlarga, hamda yuqori klimatik bardoshli (sovuqbardoshli) betonlarga manfaatdor (qiziqishadi).

Maksimal yuqori tavsifli yengil konstruksion betonni yaratish masalalari bilan, bu sohada eksperimental-tadqiqot ishlarini 1998 yildayoq boshlagan Rossiya Amaliy nanotexnologiyalarning ITM astoydil shug'ullandi va beton tarkibiga fulleroid tipidagi sintetik uglerodli nanomateriallarni kiritish bo'yicha tajribalar bilan bog'langan ixtiroga dunyoda birinchi patent olindi [35].

Qo'yilgan masala standart (sement, daryo qumi, shag'al) va nostandart (mikrokremniy bilan faollashtirilgan, yengil to'ldiruvchi, modifikatsiyalash bazaltli mikrofibra, modifikatsiyalashgan plastifikatorlar va sh. o'.) komponentlarning optimal uyg'unlashuvini qidirish asosida hal qilindi.

Aynan "Qurilishloyiha instituti" MAJ da (ZAO "Institut Stroyproyekt",) kompozitsiyalarni faol o'rganish (ishlov berish) davrida Kimri shahridagi Volga daryosi ustidan o'tadigan ko'priknı rekonstruksiya qilish bo'yicha loyihaviy hujjatlarni tuzatish bo'yicha ishlar olib borildi va quruvchilar oraliq qismining uzunlashishi hisobiga kema qatnoviga yaroqliligining majburiy oshishi sharoitida yo'l plitasining (1,5 m gacha notekis cho'kishi bilan) tekisligini ta'minlash kuchli zaruriyati bilan to'qnashdilar. Tayanchlar sonining qisqartirilishdan so'ng va, shu sababli, oraliqlar uzunligining kattalashishi vantli konstruksiyalarning mavjudligiga qaramasdan, oddiy betondan qilingan qoplama konstruksiyani juda ham og'irlashtirar ekan [35].

Og'irlashtiradigan gidroizolyatsiyani bajarishdan voz kechish bilan yengil konstruksion betonni qo'llash to'g'risidagi qarorni qabul qilish eksperimental qadam bo'lib, haqiqatda esa yagona yo'l edi. V30 sinfli cho'zilishda oshirilgan mustahkamli beton bilan yengil fibrobetonni qo'llash uchdan biriga xususiy og'irligini kamaytirish imkonini berdi.

Bu ko'priknıng qoplamasi bazaltli mikrofibralar, modifikatsiyalashgan nanoklastarli uglerod asosida yengil konstruksion fibrobetondan tayyorlangan.

Bu o'xshashlik (pretsedent) yengil nanobeton texnologiyasini mukammallashtirish va undan foydalanish spektrini kengaytirish bo'yicha ishlarni davom ettirishga imkoniyat tug'dirdi. Betonli qorishmalarni standart qorishtiradigan beton uzellarida tayyorlash, xatto yetarli darajada ko'priksozlar otryadiga uchun xos bo'lgan yuqori texnologik fan sohasi sharoitlarida ham, qorishmaga bir-ikkitadan ortiq qo'shimcha komponentlarni kiritishga imkon bermaydi. Shunday qilib, standart beton zavodlari sharoitlaridayoq ko'p komponentli kompleks qo'shimchalardan foydalanishga imkon beruvchi kompleks quruq qo'shimchalarni ishlab chiqarishni yaratish to'g'risidagi savol qo'yilgan edi. Bu masalani yechish uchun quvvati bir oyda 800 tonnagacha bo'lgan ixtisoslashtirilgan yarim avtomatik liniya loyihalangan va tayyorlangan, hamda 2008 yilda foydalanishga topshirilgan edi. [35].

Bu quyidagi ob'ektnı rejalashtirishga o'tish imkonini berdi, ulardan biri Vyatka daryosi ustidagi ko'priknı rekonstruksiya qilish bo'ldi. Ko'priknı 2008 yilda foydalanishga qabul qilindi.

Adabiyotlar

1. Абовский Н.П., Максимова О.М., Стерехова Б.А. и др. Численное моделирование строительных конструкций и систем с использованием ЭВМ. Современные аспекты обучения. Версия 1.0 [Электронный ресурс]: конспект лекций / – Электрон. дан. (5 Мб). – Красноярск : ИПК СФУ, 2008.
2. Абовский, Н. П. Нейросетевая модель прогнозирования / Н. П. Абовский, О. М. Максимова //Труды. X всероссийского семинара «Нейроинформатика и ее приложения»: сб. докл. – Красноярск, 2002.
3. Айзенберг Я. М. Сейсмостойкость зданий с выключающимися связями. – М.: Стройиздат, 1976.
4. Ашрабов А. А., Раупов Ч. С. Метод предельных состояний в проектировании конструкций зданий и сооружений. Учебное пособие. ТашИИТ, 2005. –51 с.
5. Ашрабов А.А., Раупов Ч.С. Методы вероятностных расчетов строительных конструкций. Учебное пособие. ТашИИТ, 2005. –111 с.
6. Ашрабов А.А., Раупов Ч.С. Методы диагностики, восстановления и усиления конструкций зданий и сооружений. Учебное пособие. ТашИИТ, 2005. –103 с.
7. Ашрабов А.А. Моделирование свойств и процессов разрушения легкого бетона и железобетона. Ташкент: Фан, 1988.
8. Ашрабов А.А., Зайцев Ю.В. Элементы механики разрушения бетонов. Ташкент: Укитувчи, 1981.
9. Ашрабов А.А. Легкий бетон и железобетон для индустриального строительства.Ташкент.:Укитувчи, 1988.
10. Александровский С.В. Расчёт бетонных и железобетонных конструкций на изменения температуры и влажности с учетом ползучести. – М.: Стройиздат, 1973.
11. Базанов С.М., Торопова М.В. Улучшение качества бетона на основе использования смешанных видов волокон. Журнал «Популярное бетоноведение». 2007. <http://www.ibeton.ru/a216.php>.
12. Берг О.Я. Физические основы теории прочности бетона и железобетона. – М.: Стройиздат, 1962.
13. Бондаренко С.В. Теория сопротивления строительных

- конструкций режимным напряжениям. – М.: Стройиздат, 1984.
14. Бондаренко В.М., Бондаренко С.В. Инженерные методы нелинейной теории железобетона. – М.: Стройиздат, 1982. –211 с.
 15. Болотин В.В. Методы теории вероятности и теории надежности в расчётах сооружений. – М.: Стройиздат, 1982. –1117 с.
 16. Болотин В.В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций. – М.: Машиностроение, 1984.
 17. Болотин В. В. Ресурс машин и конструкций. – М.: Машиностроение, 1990.
 18. Болотин В.В., Гусенков А.П., Нефедов С.В., Тананов А.И. Надёжность в технике.
 19. Болотина В.В. Научно-технические, экономические и правовые аспекты надежности. Методическое пособие. – М.: МНТК «Надёжность машин», 1993.
 20. Гвоздев А.А. Расчёт несущей способности конструкций по методу предельного равновесия. – М.: ГТИ, 1949.
 21. Гениев Г. А., Киссюк В. Н., Тюпин Г. А. Теория пластичности бетона и железобетона. –М.: Стройиздат, 1974. 316 с. (Центр. науч.-исслед. ин-т строит. конструкций им. В.А. Кучеренко).
 22. Гилмор Р. Теория катастроф для учёных и инженеров, – М.: Мир, 1983.
 23. Динамический расчёт сооружений на специальные воздействия. Справочник проектировщика. – М.: Стройиздат, 1981.
 24. Залесов А.С. Современное состояние и перспективы развития нормирования и стандартизации железобетона. Энергетическое строительство. – М., 1991, №2.
 25. Зайцев Ю.В. Моделирование деформации и прочности бетона методами механики разрушений. – М.: Стройиздат, 1982.
 26. Каримов Э. Механика трещинообразования при разрушении бетона (литературный обзор). г. Уфа, а/я 21, Башкирский государственный аграрный университет.
 27. Карпенко Н.И. Теория деформирования железобетона с трещинами. – М.: Стройиздат, 1976.
 28. В.В. Леденев, А.В. Худяков. Современные проблемы науки, техники и технологии. Тамбовский государственный

технический университет" (ГОУ ВПО ТГТУ), Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 32 с.

29. Малышев В.М. Прочность грунтов и устойчивость оснований сооружений. Новое о прочности железобетона. Под ред. К. В. Михайлова. – М.: Стройиздат, 1977.
30. С.А. Матадян. Современные технологии строительства из монолитного железобетона. Журнал "Технологии бетонов" №1/2007 19.03.2007. <http://www.stroinauka.ru/d26dr6831.html>.
31. Лямина Г.В. Современные проблемы науки в области технологии наноматериалов. Томский политехнический университет. Электронный учебник. <http://portal.tpu.ru/SHARED/I/LYAMINA/Tab2/T12.pdf>.
32. Малмейстер А. К. Упругость и неупругость бетона. Изд. АН Латвийской ССР, 1957.
33. Малмейстер А. К. К вопросу обобщения исходных понятий теории пластичности. «Известия АН ЛатвССР», № 2, 1961.
34. Модифицированные бетоны с высокими эксплуатационными свойствами. ООО «Предприятие Мастер Бетон». НИИЖБ и Центр модифицированных бетонов <http://www.master-concrete.com/>
<http://www.master-concrete.com/concrete.htm>.
35. Нанотехнологии в строительстве. «Нанотехнологии в строительстве»: научный интернет-журнал ООО «Центр Новых Технологий «НаноСтроительство». http://rusnanonet.ru/nanoindustry/construction/constr_field/.
36. Нейроуправляемые конструкции и системы / Н.П.Абовский, А.П.Деруга, О.М.Максимова, П.А.Светашков; под общ. ред. Н.П.Абовского, А.И.Галушкина. – М.: Радиотехника.
37. О задачах советской механики в области теории пластичности и прочности. Научная дискуссия в ОТН АН СССР, июнь 1950. «Известия АН СССР», № 9. ОТН, 1950.
38. Перельмутер А.В. Расчетные модели сооружений. Возможность их анализа /А.В. Перельмутер, В.И. Сливкер. Киев: Сталь, 2002. – 600 с.
39. Попов Н.Н., Расторгуев Б.С., Забегаев А.В. Расчёт конструкций на динамические и специальные нагрузки. – М.: Стройиздат, 1992.
40. Писаренко Г.С., Лебедев А.А. Деформирование и прочность

материалов при сложном напряжённом состоянии. Киев: Наукова думка, 1976.

41. Партон В.З. Механика разрушения. От теории к практике. – М.: Наука, 1991.
42. Ньюмарк Н., Розенблют Э. Основы сейсмостойкого строительства. – М.: Стройиздат. 1980.
43. Питлюк Д.А. Испытание строительных конструкций на моделях. – Л.: Стройиздат, 1971.
44. Поляков Л. П., Файнбурд В. М. Моделирование строительных конструкций. – М.: Стройиздат, 1978.
45. Попов Г.И. Железобетонные конструкции, подверженные действию импульсных нагрузок. – М.: Стройиздат, 1986.
46. Ребиндер П.А. Физико-химические исследования процессов деформирования твердых тел. «Юбил. сб. к 30-летию Октября». Изд. АН СССР, 1947.
47. Регулирование, синтез, оптимизация: избранные задачи по строительной механике и теории упругости /Н.П.Абовский, Л.В.Енджиевский, В.И.Савченков и др.; под общ. ред. Н.П.Абовского. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1993. – 456 с.
48. Редько, В.Г. Эволюционная кибернетика /В.Г. Редько. – М: Наука, 2001. – 156 с.
49. Ржаницин А. Р. Теория расчёта строительных конструкций на надёжность. – М.: Стройиздат, 1978. – 157 с.
50. А.А. Рябов, фото А.А. Будкина. Проблемы долговечности бетонных и железобетонных конструкций в современном строительстве. (ЗАО НТЦ ПБ). Журнал «Безопасность труда в промышленности» №2 за 2011 г. Сайт www.stroi.net.
51. Смирнов А. Ф. Устойчивость и колебания сооружений. – М.: Трансжелдориздат, 1958.
52. Скоробогатов С. М. Руководство по расчёту железобетонных конструкций на основе теории катастроф. Екатеринбург.: УЭМИИТ, 1991.
53. Скрамтаев Б.Г. В защиту обобщенной теории прочности бетона. «Строительная промышленность», 1934, № 7.

54. Скрамтаев Б. Г. Исследование прочности бетона и пластичности бетонной смеси. Изд. ЦНИИПС и ВИА РККА, 1936.
55. Степанов Г. В. Упруго-пластическое деформирование и разрушение материалов при импульсном нагружении. Киев: Наукова думка, 1991.
56. Современные добавки для получения бетонов с высокими эксплуатационными свойствами.
<http://www.eatu.ru/bookpub/byt/96/index.pl>.
57. Творогова М. Н. Сопротивление деформированию и разрушению железобетонных конструкций с учетом нелинейных и неравновесных свойств и режимов нагружения. Москва. 2006. –150 с.
<http://www.dissercat.com/content/soprotivlenie-deformirovaniyu-i-razrusheniyu-zhelezobetonnykh-konstruktsii-s-uchetom-nelinei/>
58. Черепанов Г.П. Механика хрупкого разрушения. – М.: Наука, 1974.
59. Фадеев Д.К., Фадеева В.И. Вычислительные методы линейной алгебры. – М.: Физматгиз, 1957.
60. Фаликман В.Р. Развитие инфраструктуры для исследования и разработки наноматериалов. http://nanobuild.ru/emagazine/nb/Nanobuild_6_2010.pdf.
61. Batdor S. B., Budiansky B. A mathematical theory of plasticity based of the concept of slip. «National advisory committee for aeronautics. Technical note», N 1871, 1949.
62. Courant, R. Variational Methods for the Solution of Problems of Equilibrium and Vibration / R. Courant. – Bull. Amer. Math. Soc., 1943. – V. 49. –P. 1–43.

Mundarija

Kirish.....	3
BOB I. Qurilish materiallari va konstruksiyalarining deformatsiyalanishi va mustahkamligi.....	6
1.1. Temirbetonning paydo bo'lishi va rivojlanishining qisqacha tarixiy bayoni.....	6
1.2. Elastiklik va plastiklik nazariyasining asosiy muammolari.....	11
1.3. Salqilik nazariyasining rivojlanishi.....	19
1.4. Mexanika – qadimiy fanlardan biri.....	21
1.5. Material va konstruksiyalar nazariyasining rivojlanishi.....	23
1.6. Qurilish mexanikasining tarkibiy qismlari.....	33
 BOB II. Konstruksiya va inshootlarni hisoblashning sonli usullari.....	 39
2.1. Hisoblash sonli usullari rivojlanishining asosiy yo'nalishlari.....	39
2.2. Inshootlar dinamikasi usullarining rivojlanishi.....	45
2.3. Nochiziqli masalalarni yechish va inshootlar turg'unligi tadqiqotlari usullari.....	49
2.4. Konstruksiya va inshootlarni hisoblash sonli usullari keyingi rivojlanishining konsepsiyasi va dolzarb yo'nalishlari.....	51
2.5. O'quv jarayonida dasturiy majmualardan foydalanishning maqsad va imkoniyatlari.....	53
 BOB III. Konstruksiya va materialshunoslikning hisob-kitoblarida sinish mexanikasi usullarining rivojlanishi va qo'llanishi.....	 58
3.1. Konstruksiya va materiallar sinish mexanikasining boshi.....	58
3.2. Yoriqlar mexanikasi.....	60
3.3. Keyingi tadqiqotlarning ba'zi bir istiqbolli muammolari to'g'risida.....	64

BOB IV. Qurilish konstruksiya va inshootlari tadqiqotlarining zamonaviy eksperimental usullari	66
4.1. Qurilish fanlarida eksperimental usullar tatbiqining asosiy sohalari	66
4.2. Statik va dinamik yuklashlarda model va asl konstruksiyalar mexanik tajribalari usullarining rivojlanishi	67
4.3. Dinamik sinovlar usullarining rivojlanishi	74
4.4. Interferension-polyarizatsion usullarning rivojlanishi va qo'llanishi	75
4.5. Qurilish fani eksperimental usullari rivojlanishining konsepsiyasi va asosiy yo'nalishlari	77
 BOB V. Qurilish konstruksiyalari va inshootlarining hisoblash va loyihalash nazariyasini mukammallashtirish	79
5.1. Muammoli masalalar	79
5.2. Zamonaviy qurilishda betonli va temirbetonli konstruksiyalarning uzoqqa chidamlilik muammolari	81
5.3. Bino va inshoot ishonchliligi, yashovchanligi va xavfsizligining ba'zi bir aspektlari	86
5.4. Loyihalash me'yorlarini qurishda yangi yo'nalishlar	98
 BOB. VI. Materialshunoslik sohasidagi tadqiqotlarning asosiy yo'nalishlari	101
6.1. Materialshunoslik sohasidagi tadqiqotlarning asosiy yo'nalishlari	101
6.2. Nanomateriallar texnologiyasi sohasidagi fanning zamonaviy muammolari	105
6.3. Nanomateriallar va ularning sinflanishi	109
6.4. Ko'priq-qurilish uchun yengil nanostrukturlangan beton	114
Adabiyotlar	123

**Choriqul Solixovich Raupov,
Ulug'bek Zabixullaevich Shermuxamedov**

**QURILISH FANI VA TEXNOLOGIYALARINING ASOSIY
YO'NALISHLARI**

O'quv qo'llanma

**Muharrir: Qayumova H.T.
Texnik muharrir va sahifalovchi: Tashbaeva M.X.**

**Nashrga ruxsat etildi 23.04.2012 y.
Qog'oz bichimi 60×84/16. Hajmi 8 b.t.
Adadi 5 nusxa. Buyurtma №8-1/2012
ToshTYMI bosmaxonasida chop etildi
Toshkent sh., Odilxo'jaev ko'chasi, 1uy**

Toshkent temir yo'l muhandislari instituti, 2012y.