

**В.Ф.УСМОНОВ**

**ТЕМИРБЕТОН КОНСТРУКЦИЯЛАРИ  
ЭЛЕМЕНТЛАРИНИ ҲИСОБЛАШ  
АСОСЛАРИ**

2009 йил

УСМОНОВ В.Ф. Темирбетон конструкциялари элементларини ҳисоблаш асослари. Ўқув қўлланма. Қайта ишланган ва тўлдирилган 2 нашри. – Самарқанд, 2009. – 137 бет.

Тақризчилар:

Тошкент архитектура-қурилиш институти профессори техника фанлар доктори Х.А.Ақрамов;  
техника фанлари номзоди доцент Р.Х. Мирмухаммедов

Китобда темир бетон - конструкцияларини тайёрлаш учун ишлатиладиган бетон, арматура ва темирбетоннинг физик ва механик хоссалари, темирбетон қаршилиги назариясининг асослари, темирбетон конструкциялари элементларини чегаравий ҳолатлар бўйича ҳисоблаш ёритилган. Бетон ва темирбетоннинг яқин келажакда ривожланиши ҳақида маълумот берилган.

Назарий билимларни мустаҳкамлаш мақсадида ҳар бир мавзу масалалар ечими билан яқунланган.

Ўқув қўлланма қурилиш олий ўқув юртларининг бакалавр йўналиши ва магистр мутахассислиги бўйича таълим олаётган талабалар учун мўлжалланган

Самарқанд давлат архитектура қурилиш институти илмий кенгашининг мажлиси (2008 йил 18 июл, баённома №11) қарори билан ўқув қўлланма сифатида чоп этиш учун тавсия этилган.

## СЎЗ БОШИ ВА УСЛУБИЙ ТАВСИЯЛАР

Қурилишда илмий-техник тараққиётни таъминлаш, унинг индустриялаштириш даражасини ошириш ва яқин келажаккача қурилишда асосий материал бўлиб қоладиган бетон ва ундан тайёрланадиган темирбетон конструкцияларининг сифатини ва самарадорлагини ошириш, бетон ва арматуранинг янги, самарали хилларини ишлаб чиқариш ва темирбетон конструкцияларини ҳисоблаш услубларини такомиллаштириш юқори малакали инженер-қурувчиларни тайёрлаш билан узвий боғлиқдир.

Бетон ва темирбетондан тайёрланадиган конструкцияларнинг қурилишдаги салмоғи бошқа материаллардан тайёрланадиган конструкцияларга нисбатан анча катта бўлганлиги сабабли унга катта эътибор берилмоқда. Темирбетондан тайёрланадиган конструкциялар такомиллаштирилмоқда ва уларнинг ишончлилик даражаси оширилмоқда. Олим ва инженерларнинг кенг кўламда олиб бораётган тадқиқотлари асосида темирбетон назарияси ривожланмоқда ва янги маълумотлар билан тўлдирилмоқда. Ҳисоблаш услуби такомиллаштирилмоқда ва темирбетон конструкцияларни ҳисоблашда электрон ҳисоблаш машиналари (ЭХМ) қўлланилмоқда. Натижада темирбетон конструкцияларини лойиҳалашнинг меъёри янгиланди ва янги қулланма ишлаб чиқилмоқда.

Китобда темирбетон конструкцияларини тайёрлаш учун қўлланиладиган бетон ва арматуралар ҳақида маълумот, темирбетон конструкцияларининг элементларини чегаравий ҳолатлар бўйича ҳисоблаш услуби ва ишончликка ҳисоблаш асослари ёритилган. Эгиладиган, марказмас сиқиладиган ва марказмас чўзиладиган, маҳаллий сиқилишга ишлайдиган ҳамда мураккаб кучланиш ҳолатида ишлайдиган элементларни ҳисоблаш ва лойиҳалаш асослари келтирилган.

Ҳисоблаш формулаларини келтириб чиқаришда эластик-пластик жисмлар назариясига асосланган. Шу билан бирга қурилиш меъёри ва қоидалари услуби ҳам ёритилган.

Эластик-пластик жисмлар назариясига асосланган ҳолда ишлаб чиқилган ҳисоблаш услуби ўзида умумий ҳолатни мужассамлаштирган бўлиб, элементларни эластик ва бикр-пластик жисмлар назарияси (қурилиш меъёри ва қоидалари услуби) бўйича ҳисоблашни ҳам таъминлайди.

Материалнинг бундай услубда ёритилиши темирбетон конструкциялари курсининг материаллар қаршилиги, қурилиш механикаси асослари ва механиканинг бошқа соҳалари билан узвий боғлиқлигидан далолат беради.

Китобдаги материал талабалар томонидан қурилиш материаллари, материаллар қаршилиги ва қурилиш механикаси фанларини ўзлаштирилганлигини эътиборга олиб ёритилган.

Қўлланма "Бино ва иншоотлар қурилиши" йўналиши учун "Темирбетон конструкциялари" курси дастурига мувофиқ, қурилиш меъёри ва қоидалари (ҚМҚ 2.03.01-96, ҚМҚ 2.01.07-96) асосида ёзилган. Физик миқдорларнинг шартли белгилари СТ СЭВ 1565-79 стандарти бўйича қабул қилинган.

Китоб муаллифнинг Самарқанд давлат меъморлик ва қурилиш институтида "Темирбетон конструкциялари" курсини ўқитишдаги кўп йиллик тажрибаси асосида ёзилган.

Китобнинг 2 қисмдан иборат бўлган биринчи нашри 1992 йили чоп этилган бўлиб, Ўзбекистон Республикаси олий ва ўрта махсус таълими вазирлиги томонидан олий ўқув юртларининг қурилиш ихтисослиги талабалари учун ўқув қўлланма сифатида тавсия қилинган.

Китобнинг иккинчи нашри қайтадан ишланиб, назарий билимларни мустаҳкамлаш мақсадида мисоллар ечими билан тўлдирилди.

Муаллиф, қўлланмани тақриз этиш жараёнида ўз маслаҳатларини аямаган техника фанлари доктори профессор Ҳ.Акрамовга ва қўлланма ҳақида фикр ва мулоҳазаларини билдирган барча ўқувчиларга ва мутахассисларга ўзининг миннатдорчилигини билдиради.

## КИРИШ

**Темирбетон нима?** Темирбетон - бетон ва пўлат симлардан ташкил топган бўлиб, пўлат симлар чўзувчи зўриқишларни қабул қилиш учун конструкцияларнинг асосан чўзиладиган зоналарига жойлаштирилади. Пўлат симлар конструкцияларнинг сиқиладиган зоналарида ҳам жойлаштирилиши мумкин.

Қурилиш материаллари фанидан маълумки бетон сунъий тош материали бўлиб, сиқилишга яхши, чўзилишга эса анча ёмон қаршилиқ кўрсатади. Бетоннинг чўзилишдаги қаршилиги сиқилишдаги қаршилигидан 10...20 марта камдир. Бетоннинг бундай хусусияти уни эгиладиган ва чўзиладиган элементларда қўллашни тақозо этмайди. Бино ва иншоотларда эса эгиладиган ва чўзиладиган элементлар уларнинг асосий қисмини ташкил этади.

Икки таянчда эркин ётган бетондан тайёрланган тўсиннинг ташқи юклар таъсирига ишлашини қараб чиқайлик. Материаллар қаршилиги фанидан маълумки ташқи юк таъсиридан бундай тўсиннинг кўндаланг кесим юзаси нейтрал ўқ орқали икки зонага, чўзиладиган ва сиқиладиган зоналарга ажратилади (1-расм, а). Чўзилган зонанинг четки қиррасидаги кучланишнинг миқдори бетоннинг чўзилишдаги қаршилигидан ошиб кетганда чўзилган зонада битта ёриқ ҳосил бўлади ва тўсин бузилади. Бу ҳолатда тўсиннинг сиқилган зонаси қиррасидаги кучланишларнинг миқдори бетоннинг сиқилишдаги қаршилигидан бир неча марта кам бўлади. Натижада бетоннинг сиқилишдаги қаршилигидан тўлиқ фойдаланилмайди.

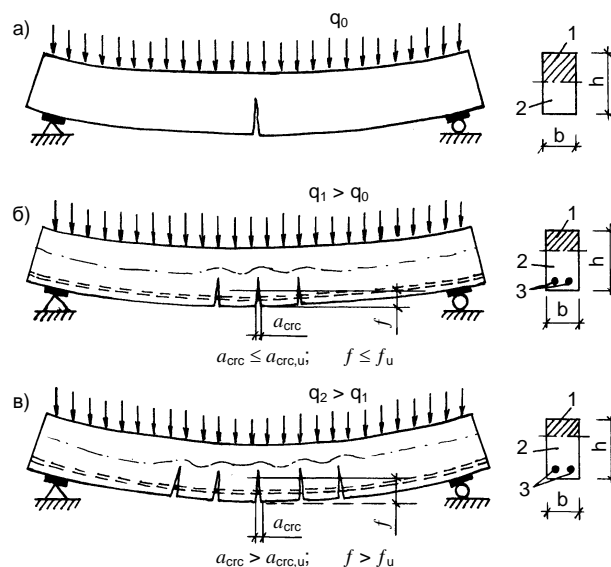
Демак, бетондан тайёрланган тўсиннинг мустаҳкамлиги бетоннинг чўзилишдаги қаршилиги билан характерланади. Бу ҳолат бетондан тайёрланган конструкцияларнинг қўлланиш соҳасини кескин чегаралаб қўяди.

*Конструкцияларда бетоннинг сиқилишдаги қаршилигидан тўлиқ фойдаланиб уларнинг мустаҳкамлигини ошириш ва қўлланиш соҳасини қандай кенгайтириш мумкин?* Бунга бетон тўсиннинг чўзиладиган зонасига, чўзилишда юқори мустаҳкамликка эга бўлган, материалларни жойлаштириш йўли билан эришиш мумкин. Қурилиш материаллари фанидан маълумки чўзилишда юқори мустаҳкамликка эга бўлган материаллардан бири, бу пўлатдир. Бетон тўсиннинг чўзиладиган зонасига кўндаланг кесим юзасининг 1...2% миқдорда пўлат симлар жойлаштирилганда тўсиннинг мустаҳкамлиги бир неча марта ошади. Бу пўлат симлар **арматура** деб аталади.

Бетон ва пўлатнинг рационал жойлашини ва биргаликда ишлашини таъминлаш шартидан ҳосил қилинган конструкция **темирбетон конструкция** деб аталади.

Кўндаланг кесими тўғри тўртбурчак шаклида бўлган бетон тўсиннинг чўзиладиган зонасига пўлат стерженлар жойлаштириб, ҳосил қилинган

темирбетон тўсиннинг ташқи юк таъсирига ишлашини қараб чиқайлик (1-расм, б, в). Темирбетон тўсин ташқи юклар таъсирига дастлаб бетон тўсинга ўхшаб ишлайди. Тўсиннинг чўзилган зонасидаги кучланишлар бетоннинг чўзилишдаги қаршилигидан ошиб кетганда унда ёриқлар ҳосил бўлади. Бетон тўсиндан фарқли, темирбетон тўсинда ёриқларнинг сони битта эмас, балки бир нечта бўлади ва тўсинни бузилиш ҳолатига олиб келмайди. Чунки ёриқлар ҳосил бўлган кесимларда чўзувчи зўриқишларни пўлат симлар (арматура) қабул қилади. Бу ҳолатда темирбетоннинг мустаҳкамлиги нафақат сиқилган зонадаги бетоннинг сиқилишдаги қаршилигига, балким чўзилиш зонасидаги арматуранинг қаршилиги ва микорига ҳам боғлиқ бўлади. Темирбетон тўсиннинг бузилиши арматуранинг миқдорига қараб сиқилган зонадаги бетоннинг, эзилиши ёки пўлат симлардаги кучланишларнинг оқиш чегарасига етиши натижасида содир бўлиши мумкин.



**1-расм. Арматураси олдиндан таранглаштирилмаган тўсиннинг ишлаш схемаси:** 1-сиқилиш зонаси; 2-чўзилиш зонаси; 3-арматура.

Тажрибалар шуни кўрсатадики темирбетон тўсинга таъсир қиладиган юкнинг миқдори бузувчи юкнинг (50...70) % ташкил қилганда чўзилган арматурадаги кучланишларнинг миқдори  $\sigma_s = (250...300)$  МПа ни ташкил қилади. Бунда тўсиннинг салқилиги ва пайдо бўладиган ёриқларнинг очилиш кенглиги рухсат этиладиган қийматлардан ошиб кетмайди. Натижада темирбетон тўсинларда бетоннинг сиқилишдаги, арматуранинг эса чўзилишдаги қаршиликларидан тўлиқ фойдаланишга эришилади.

Темирбетон конструкцияларни тайёрлашда қўлланиладиган бетон ва арматураларнинг қаршиликлари қанча катта бўлса конструкциянинг му-

стаҳкамлиги ҳам шунча юқори бўлади. Бироқ, конструкцияларни тайёрлаш учун қаршиликлари юқори бўлган бетон ва арматуралар қўлланилганда конструкция кўндаланг кесимининг ўлчамлари кичраяди. Бу ўз навбатида конструкция бикрлигининг камайишига олиб келади. Натижада конструкциянинг салқилиги ва ундаги ёриқларнинг очилиш кенглиги рухсат этиладиган миқдорларидан ошиб кетади. Конструкциянинг мустаҳкамлиги таъминланган ҳолда унинг эксплуатация қилиш сифати талабга жавоб бермайди. Шу сабабдан юқори қаршиликларга эга бўлган бетон ва арматураларни оддий темирбетон конструкцияларни тайёрлаш учун ишлатилиши иқтисодий жиҳатдан самарадорлик бермайди.

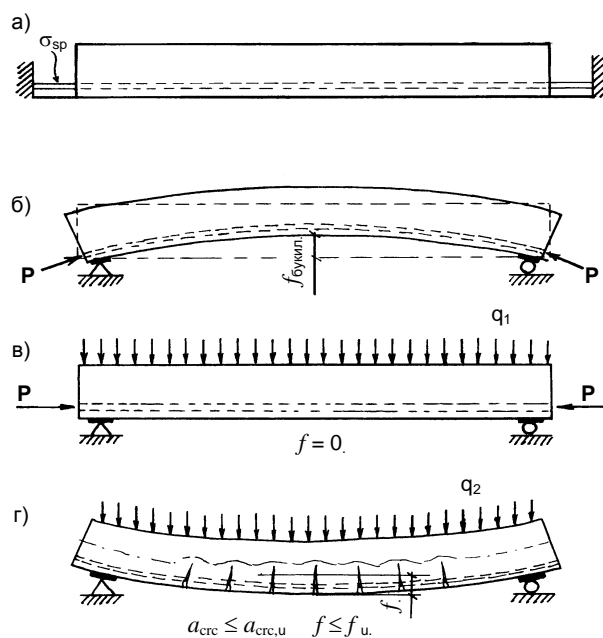
*Мустаҳкамликлари юқори бўлган бетон ва арматуралардан тайёрланган темирбетон конструкцияларнинг самарадорлигини қандай ошириши мумкин?*

Темирбетон конструкцияларни тайёрлаш жараёнида унинг чўзиладиган зоналарига жойлаштириладиган бўйлама арматуралар таранглаштирилганда конструкциянинг ташқи юклар таъсиридан салқилиги камайди ва ёриқлар пайдо бўлишига қаршилиги ошади. Бундай конструкциялар **олдиндан зўриктирилган** темирбетон конструкциялар деб аталади. Олдиндан зўриктириладиган темирбетон конструкцияларда қаршиликлари юқори бўлган бетон ва арматуралардан унумли фойдаланиш мумкин. Бу, ўз навбатида, олдиндан зўриктириладиган темирбетон конструкцияларнинг самарадорлигини оширади.

*Олдиндан зўриктириладиган темирбетон конструкциялар қандай тайёрланади?* Бу ҳақда тўлиқ маълумот 9 бобда келтирилган. Бу ерда биз олдиндан зўриктириладиган темирбетон конструкциялар тайёрлашнинг бир усули билан таништирамиз. Конструкциянинг чўзиладиган зонасига жойлаштириладиган бўйлама арматура бир учи билан кўзгалмас таянчга бириктирилади ва иккинчи учидан домкрат ёрдамида тортиб таранглаштирилади. Арматурадаги кучланиш олдиндан белгиланган қийматга етганда унинг иккинчи учи ҳам кўзгалмас таянчга бириктирилади (2-расм). Арматура таранглаштирилгандан сўнг тайёрланган конструкциянинг қолипи бетон қоринмаси билан тўлдирилади ва зичлаштирилади. Вақт ўтиши билан бетон қота бошлайди ва мустаҳкамлиги оша боради. Бетоннинг мустаҳкамлиги маълум миқдорга етгандан кейин таранглаштирилган арматура таянчлардан бўшатилади. Арматура ўзининг дастлабки, таранглаштирилгунча бўлган ҳолатига қайтишга ҳаракат қилади. Бетон билан арматура бирига яхши боғланганлиги сабабли арматуранинг дастлабки ҳолатига қайтишига бетон қаршилик кўрсатади. Натижада арматура бетонни қиса бошлайди ва унда қисувчи кучланишларни ҳосил қилади. Агар арматура элемент кўндаланг кесимининг оғирлик марказига нисбатан маълум елка билан жойлаштирилган бўлса, элемент марказмас

қисилиб юқorigа қараб букилади (2-расм, б).

Арматураси таранглаштирилиб олдиндан зўриктирилган эгиладиган темирбетон тўсиннинг ташқи юклар таъсирига ишлашини қараб чиқайлик (2-расм, в). Арматурани таранглаштириш натижасида ҳосил бўлган қисувчи куч таъсиридан элементнинг юқори толалари кам сиқилиб (ёки чўзилиб) пастки толалари эса кўп сиқилади. Ташқи юклар таъсиридан тўсиннинг юқори толалари сиқилиб, пастки толалари эса чўзилади (2-расм, б). Ташқи юкнинг шундай бир қийматида тўсиннинг пастки, чўзиладиган зонасидаги таранглаштирилган арматуранинг сатҳида бетондаги кучланишларнинг қиймати нолга тенг бўлади. Бу ҳолатда тўсиннинг салқилиги ҳам нолга тенг бўлади. Эътибор беринг, тўсинга таъсир қилаётган ташқи кучнинг миқдори нолга тенг бўлмаган ҳолда унинг салқилиги нолга тенг. Арматураси таранглаштирилмаган темирбетон тўсинларда эса салқилик нолга тенг бўлиши учун ташқи юкнинг миқдори ҳам нолга тенг бўлиши шарт (бетоннинг ҳажмий қисқариши ва бошқа шароитлар эътиборга олинмаганда).



**2-расм.** Арматураси олдиндан таранглаштирилган тўсиннинг ишлаш схемаси.

Олдиндан зўриктирилган тўсинга таъсир қилаётган юкнинг миқдори ошганда тўсин эгилиб, унинг пастки зонасида чўзувчи кучланишлар ҳосил бўлади. Бу кучланишларнинг миқдори бетоннинг чўзилишдаги қаршилигидан ошиб кетганда тўсинда ёриқлар пайдо бўлади. Китобхон фаҳмлаган бўлса керак, олдиндан зўриктирилган темирбетон конструкцияларда ёриқларнинг пайдо бўлиши олдиндан зўриктирилмаган (оддий) темирбетон қурилмаларга нисбатан ташқи юкнинг жуда катта миқдорида содир бўлиб,

салкилиги кам бўлади.

Олдиндан зўриктирилган темирбетон конструкцияларининг ёриқлар пайдо бўлишига қаршилиги юқори, деформацияланувчалиги кам бўлиб, юқори қаршилиқларга эга бўлган бетон ва арматуралардан фойдаланиш ҳисобига иқтисодий самарадорликка эришилади.

*Арматура билан бетоннинг биргаликда ишлашини қайси омиллар таъминлайди?* Темирбетон конструкцияларининг мустаҳкамлиги ва ишончилигини таъминлашда арматура билан бетоннинг биргаликда ишлаши катта аҳамиятга эга. Арматура билан бетоннинг биргаликда ишлашини таъминловчи омиллар қуйидагилардан иборат:

1) арматура билан бетон бир-бирига жуда яхши боғланади;

2) арматура ва бетоннинг иссиқлик таъсирдан чизикли кенгайиш коэффициентларининг кийматлари бир-бирига жуда яқин –  $\alpha_{st} = 12 \cdot 10^{-6}$ ;  $\alpha_{bt} = (7...15) \cdot 10^{-6}$  бўлганлиги учун оддий шароитда (муҳит температураси  $100^\circ\text{C}$  гача кўтарилганда) темирбетонда ҳосил бўладиган ички кучланишлар конструкциянинг эксплуатация қилиш сифатини пасайтирмайди;

3) бетон танасига жойлаштирилган арматура маълум шарт-шароитлар таъминланган ҳолда ( $1 \text{ м}^3$  бетонда цементнинг миқдори 300 килограмдан кам бўлмаганида, ҳимоя қобиғи етарли бўлганида ва ҳоказо) занглашдан ва олов таъсирдан жуда ҳам яхши ҳимояланади.

*Темирбетоннинг афзаллиги нимада, камчилиги борми?*

Темирбетоннинг қурилиш соҳасида кенг қўлланишига сабаб унинг қуйидаги афзаллигидир:

1) бетон узоқ вақт давомида мустаҳкамлигини йўқотмайди;

2) сиқилишда юқори мустаҳкамликка эга;

3) бетондан ихтиёрий шаклдаги конструкция тайёрлаш мумкин;

4) эксплуатация қилиш жараёнида кам харажат талаб қилади;

5) атмосфера таъсирига чидамли;

6) темирбетон конструкцияларни тайёрлашда маҳаллий материаллардан фойдаланиш мумкин.

Темирбетон бошқа қурилиш материаллари каби камчиликлардан ҳам холи эмас. Темирбетоннинг камчилиги қуйидагилардан иборат:

1) темирбетон катта зичликка эга;

2) иссиқлик ва товушни яхши ўтказиши;

3) темирбетонни бузиб қайта қуриш ва қурайтириш жуда қийин;

4) бетоннинг қотиши учун маълум вақт талаб қилинади;

5) бетоннинг қотиш жараёнида ҳажмий қисқаришидан ва ташқи юқлар таъсирдан ёриқларнинг пайдо бўлиши;

6) қиш мавсумида бетонни иситиш учун талаб қилинадиган қўшимча харажатлар ва ҳоказо.

Темирбетон камчиликларининг қўпчилигини бетон тайёрлаш учун ғовакли енгил тўлдирувчилар

қўллаб, иссиқлик таъсирида бетонга ишлов бериб, унинг қотишини тезлаштириш ва арматураларни олдиндан таранглаш йўли билан бартараф қилиш мумкин.

*Темирбетон конструкциялари қандай тайёрланади ва тикланади?* Темирбетон конструкциялари яхлит, йиғма-яхлит ва йиғма бўлиши мумкин. Яхлит темирбетон конструкциялар қурилиш олиб бориладиган жойда тайёрланиб, қуйидаги тартибда бажарилади. Биринчи навбатда конструкция шаклидаги қолип ясалади ва конструкциянинг арматуралар билан жиҳозланиш схемасига биноан қолипга арматуралар жойлаштирилади. Ундан сўнг қолиплар бетон қоришмаси билан тўлдирилиб зичлаштирилади. Маълум вақт ўтгандан кейин, бетон етарли мустаҳкамликка эришгандан сўнг, қолип ечиб олинади. Натижада яхлит темирбетон конструкцияси ҳосил бўлади.

Яхлит темирбетон конструкцияларининг баъзи бир камчиликлари уларни қурилиш соҳасида кенг қўлланишини чеклаб қўйди. Бу камчиликларга яхлит темирбетон қурилмаларини тиклаш учун кўп меҳнат, қолипларни тайёрлаш учун эса, кўп материал сарф қилиниши мисол бўлади. Ундан ташқари бетоннинг қотиши ва лойиҳавий мустаҳкамлигига эришиши учун маълум вақт талаб қилиниши қурилиш муддатини узайтириб юборади. Шунинг учун яхлит темирбетон йиғма элементларга ажратиш қийин бўлган ва катта бикрлик талаб қилинадиган бино ва иншоотларни тиклаш учун қўлланилади.

Кейинги йилларда техника ва технологиянинг кескин ривожланиши натижасида яхлит темирбетон ўзининг янги мавқеига эга бўлмоқда. Турар жой бинолари, саноат ва гидротехник иншоотлар ҳамда бошқа бино ва иншоотларни тиклашда яхлит темирбетон кенг қўлланилмоқда. Бино ва иншоотларни тиклаш жараёни янги хилдаги йиғма сирпанувчан кўчма қолипларни қўллаш ва бетон қоришмасини баландга кўтаришда насослардан фойдаланиш эвазига индустриалаштирилмоқда.

Металл сарфи бўйича яхлит темирбетон йиғма ва йиғма-яхлит темирбетонларга нисбатан тежамлидир.

Йиғма темирбетондан тикланадиган бино ва иншоотлар алоҳида қисмларга ва элементларга ажратилади. Ажратилган қисм ва элементлар махсус ихтисослашган заводларда тайёрланиб қурилиш майдонига олиб келинади. Кўтариш кранлари ёрдамида бу элементлар бинонинг лойиҳаси бўйича монтаж қилинади. Элементлар бир-бири билан уларни тайёрлаш жараёнида элемент танасида қолдирилган металл деталларни пайвандлаш йўли билан бириктирилади. Бино ва иншоотларни қисм ва элементларга ажратишда уларни тайёрлаш, тошиш ва монтаж қилишда қўлланиладиган машина ва механизмларнинг юк кўтариш қобилияти эътиборга олиниши тавсия қилинади.

Бино ва иншоотларни йиғма темирбетон конструкциялардан тиклаш индустриалаштирилган

бўлиб, машина ва механизмлардан унумли фойдаланишга имконият яратилади. Йиғма элементларни завод шароитида тайёрлаш уларнинг сифатини оширади ва замонавий техника ва технологияни қўллашга шароит туғдиради. Йиғма темирбетоннинг яна бир қулайлик томони шундан иборатки, йилнинг совук фаслларида ҳам бино ва иншоотлар бемалол тикланиши мумкин. Йиғма темирбетондан тикланадиган биноларда меҳнат сарфи яхлит темирбетонга нисбатан 3...4 марта камдир. Йиғма темирбетон конструкцияларни қўллаш элемент турларининг сони чекланган ва улар ҳар хил мақсадда ишлатиладиган бино ва иншоотларни тиклаш учун қўлланилган ҳолдагина мақсадга мувофиқ бўлади. Бунинг учун конструкцияларнинг схемалари, ровоклари ва уларга таъсир қиладиган юклар унификациялаштирилган ва турларга ажратилган бўлиши лозим.

Йиғма темирбетон конструкциялар завод шароитида стенд, конвейер, агрегат-поток ва бошқа технология схемалар бўйича тайёрланади.

**С т е н д** технологияси бўйича катта ўлчамдаги оғир конструкциялар - фермалар, катта ровокли тўсинлар ва узунлиги 12 метрдан катта бўлган устунлар тайёрланади. Бунда конструкция кўзга тилмайди ва бетон қотиб лойиҳавий мустаҳкамликка эришгунча бир жойда туради. Технология жараёнларни бажарувчи агрегатлар эса стенд ёқалаб бир қолипдан иккинчисига ҳаракат қилади.

**К о н в е й е р** технологияси бўйича бир хил турдаги конструкциялар - том ва шиптом панеллари, ички ва ташқи девор панеллари ва бошқа элементлар тайёрланади. Бунда қолип бир агрегатдан иккинчисига маълум тезликда махсус транспорт воситалари ёрдамида ҳаракат қилади ва талаб қилинадиган технологик жараёнлар бажарилади.

**А г р е г а т - п о т о к** технологияси майда сериали темирбетон буюмларни тайёрлашда қўлланилади. Бунда технологик жараёнлар заводларнинг маълум бўлимлари ёки цехларида бажарилади. Қолип буюм билан бирга бир постдан иккинчисига кранлар ёрдамида поток бўйича ҳаракат қилади.

Йиғма темирбетон конструкциялар ўзининг афзаллиги билан бирга камчиликлардан ҳам холи эмас. Йиғма темирбетон конструкцияларидан тикланадиган бинолар учун жуда кўп металл сарф қилинади. Металлнинг асосий қисми конструкция ва элементларни бир-бирига бириктириш учун ишлатиладиган деталлар тайёрлашга сарф қилинади. Шунинг учун йиғма темирбетондан узлуксиз биқр конструкциялар ҳосил қилиш жуда мураккаб бўлиб, металл сарфини оширади.

Йиғма-яхлит темирбетондан тикланадиган бино ва иншоотлар ҳам қисм ва йиғма элементларга ажратилиб завод шароитида индустриал усуллар билан тайёрланади. Лекин йиғма элементларнинг қўндаланг кесимлари лойиҳавий ўлчамларига нисбатан маълум бир миқдорга кичик қилиб тайёрланади. Йиғма элементлар қурилиш майдонига олиб келиниб ўзининг бино лойиҳаси бўйича ўрнига

монтаж қилингандан сўнг яхлит бетон ёрдамида унинг ўлчамлари лойиҳавий қийматларига етказилади. Бунда йиғма элементлар қолиплар вазифасини бажаради. Маълум шарт-шароитларга амал қилинганда йиғма элемент билан яхлит бетоннинг бир-бирига бирикиши жуда яхши таъминланади.

Йиғма-яхлит темирбетон конструкциялар ўзларида йиғма ва яхлит темирбетоннинг энг яхши афзалликларини мужассамлаштирган бўлиб, бино ва иншоотларни тиклашда кенг қўлланилади. Йиғма элементларни тайёрлашда юкори, яхлит қисми учун эса паст мустаҳкамликка эга бўлган бетонларни қўллаш йиғма-яхлит темирбетон конструкцияларнинг иқтисодий самарадорлигини оширади. Йиғма-яхлит темирбетон конструкцияларни катта миқдордаги юклар таъсир қиладиган бино ва иншоотларни тиклаш учун қўллаш мақсадга мувофиқдир.

*Темирбетон конструкциялар қайси соҳаларда қўлланилади?*

Темирбетон асосий қурилиш материали бўлиб, ҳар хил мақсадда фойдаланиладиган бино ва иншоотларни тиклашда кенг қўлланилмоқда. Қурилишда бирор бир соҳа йўқки темирбетон қўлланилмас.

Граждан қурилишида темирбетон конструкциялар шиптом ва том плиталари, девор панеллари, устунлар, ригеллар, зиналар ва пойдеворлар сифатида кўп қаватли турар-жой ва жамоат биноларини тиклаш учун ишлатилади.

Саноат биноларининг устунлари, пойдеворлари, ригеллари (тўсинлар, фермалар ва ҳоказо), краности тўсинлари, девор ва том панеллари ва бошқа элементлар темирбетондан тайёрланади. Бундан ташқари темирбетон саноат биноларининг махсус иншоотлари - бункерлар, силослар, сув ҳавзалари (резервуарлар), эстакадалар ва бошқа иншоотларни тиклаш учун ҳам ишлатилади.

Граждан ва саноат бинолари учун сув билан таъминловчи ва канализация иншоотлари, қувурлар, ҳавзалар темирбетондан тикланади.

Темирбетон конструкциялар энергетика, транспорт, қишлоқ ва мудофаа қурилишида ҳам кенг қўлланилмоқда.

Энергетика қурилишида темирбетон конструкциялари иссиқлик электростанциялари, гидроэлектростанциялар (плотиналар), атом электростанциялари электр тоқини узатувчи таянчлар, шамол энергиясидан ишлайдиган электростанцияларнинг минораларини тиклашда қўлланилмоқда.

Транспорт қурилишида граждан ва саноат биноларидан ташқари темирбетон конструкциялар кўприклар, эстакадалар, метрополитенлар қурилишида кенг ишлатилади. Бундан ташқари темир йўл қурилишида ишлатиладиган шпаллар ҳам темирбетондан тайёрланади, автомобил йўллари қурилишида темирбетон йўл қопламаси сифатида кенг қўлланилмоқда. Сув транспорти қурилишида кемаларни қабул қиладиган дарё ва денгизларнинг комплекс иншоотларининг деворлари, эстакадалар,

кемалар юрадиган шлюзлар ва бошқа иншоотлар ҳам темирбетондан тайёрланади. Ҳаво транспорти иншоотларида темирбетон конструкциялар аэровокзалларни ва ангарларни тиклашда, самолётлар учиб қўнадиган йўлакларнинг ёпмаси сифатида кенг қўлланилади,

Кейинги йилларда темирбетон конструкциялари кишлоқ қурилишида чорвачилик фермалари, дон маҳсулотлари сақланадиган омборлар ҳамда суғориш тармоқларини қуришда кенг қўлланилмоқда.

Темирбетон конструкцияларидан тикланадиган жамоат биноларига цирк, бозор, кино ва концерт заллари ҳамда спорт иншоотларини мисол қилиб келтириш мумкин. Бундан ташқари, темирбетон теле ва радио минораларини қуришда ҳам қўлланилмоқда.

## Такрорлаш учун саволлар

1. Темирбетоннинг моҳияти нимадан иборат?
2. Оддий ва юқори мустаҳкамликка эга бўлган арматуралар билан жиҳозланган темирбетон конструкцияларининг ташқи юклар таъсирига ишлашида қанақа фарқ бор?
3. Олдиндан зўриктирилган конструкцияларнинг пайдо бўлиш сабаби нимада?
4. Арматура билан бетоннинг биргаликда ишлашини қайси омиллар таъминлайди?
5. Темирбетон конструкцияларнинг афзаллиги ва камчилиги нимада?
6. Темирбетон конструкциялари қандай тайёрланади ва тикланади?
7. Темирбетон қурилишнинг қайси соҳаларида қўлланилади?

## 1. ТЕМИРБЕТОН КОНСТРУКЦИЯЛАРНИ ТАЙЁРЛАШ УЧУН ИШЛАТИЛАДИГАН БЕТОН ВА АРМАТУРАНИНГ ФИЗИК ВА МЕХАНИК ХОССАЛАРИ

### 1.1. Бетон

*Бетонлар қанақа турларга бўлинади?* Қурилиш материаллари курсидан маълумки бетон деб боғловчи, майда ва йирик тўлдирувчилар, сув, баъзи ҳолларда, қўшимчалар солиб тайёрланадиган қоришманинг қотиши натижасида ҳосил бўладиган тошсифат сунъий қурилиш материалига айтилади. Темирбетон конструкцияларини тайёрлаш учун ишлатиладиган бетонлар етарли мустаҳкамликка, арматура билан яхши боғланиши ва арматурани занглашдан сақлаш учун етарли зичликка эга бўлиши шарт. Бетонларга биноларнинг қўлланиш соҳасига қараб ҳам махсус талаблар қўйилади. Бу талабларга бетоннинг совуққа ва юқори температура таъсирига чидамлилиги, оловбардошлиги, агрессив муҳит таъсиридан емирилишга чидамлилиги ва сув сизиб ўтишга қаршилиги қиради.

Давлат стандарти ГОСТ 25192-82 га биноан бетонлар қуйидаги турларга бўлинади:

1) қайси мақсадда қўлланишига қараб - конструкциялар тайёрлаш учун ишлатиладиган ва махсус бетонларга (иссиққа чидамли, радиация таъсиридан ҳимоя қилувчи, иссиқликни сақловчи ва хоказо);

2) боғловчиларнинг турига қараб - цементли, оҳакли, шлакли, гипсли ва бошқа хил махсус боғловчилардан тайёрланган бетонларга;

3) тўлдирувчиларнинг турига қараб - зич, ғовакли ва махсус тўлдирувчилардан тайёрланган бетонларга;

4) тузилишига (структурасига) қараб эса - зич, ғовакли, ковакли ва катта бўшлиқларга эга бўлган бетонларга.

Зичлигига қараб бетонлар катта ва майда зич тўлдирувчилардан цементли боғловчилар асосида тайёрланган зич структурали оғир бетонларга, ғовакли катта тўлдирувчилардан ҳамда ғовакли ва

майда зич тўлдирувчилардан цементли боғловчилар асосида тайёрланган енгил бетонларга бўлинади. Зич тўлдирувчилар сифатида оғир бетонлар учун тоғ жинсларини майдалаш йўли билан олинган шағал ёки табиий кварц куми ишлатилади. Енгил бетонлар учун ишлатиладиган ғовакли тўлдирувчилар табиий ёки сунъий йўл билан олиниши мумкин. Ғовакли табиий тўлдирувчиларга пемза, ракушечник, туф ва бошқалар, сунъий тўлдирувчиларга эса, керамзит ва шлаклар қиради.

Махсус бетонларга бино ва иншоотларнинг конструкцияларини иссиқликдан ҳимоя қилиш учун мўлжалланган иссиқликни ҳимоя қилувчи бетонлар; 200°C дан юқори бўлган температура таъсирини қабул қилиш учун мўлжалланган оловбардош бетонлар; агрессив муҳитда кимёвий таъсирни қабул қилиш учун ишлатиладиган кимёвий таъсирга чидамли бетонлар. Бетоннинг қотиш жараёнида кенгайишидан конструкцияларда олдиндан кучланиш ҳосил қилиш учун ишлатиладиган кенгайиш хоссасига эга бўлган цементлар асосида тайёрланадиган кенгаювчи бетонлар; бино ва иншоотларнинг конструкцияларини пардозлаш учун ишлатиладиган манзарали (декоратив) бетонлар; мономер ёки полимерлар шимдирилиб қотирилган минерал боғловчилар асосида тайёрланадиган бетон-полимерлар; полимер боғловчилардан кимёвий таъсирга чидамли тўлдирувчилар асосида тайёрланган полимербетонлар қиради.

Қўлланмада ўртача зичлиги 2200 кг/м<sup>3</sup> дан 2500 кг/м<sup>3</sup> гача бўлган оғир, ўртача зичлиги 1800 кг/м<sup>3</sup> дан юқори бўлган майдадонали, структураси зич ва ғовакли бўлган енгил, автоклав ва автоклавсиз шароитда қотадиган ғовакли ва махсус бетонлар қаралади.

**Бетоннинг структураси.** *Бетон қанақа структурага (тузилишга) эга?* Бетоннинг структураси



унинг мустаҳкамлиги ва деформацияланишига жуда ҳам катта таъсир кўрсатади. Бу масалани аниқ қилиб олиш учун бетонни ҳосил қилишда рўй берадиган физик ва кимёвий жараёнларни қараб чиқамиз. Қурук бетон қоришмаси (цемент, кум, шағал) сув билан аралаштирилганда цемент билан сув бирикмасидан цемент хаамири ҳосил бўлади ва цемент билан сув орасида кимёвий реакция бошланади. Бу реакциянинг маҳсулоти, цемент минерали билан сув бирикмаси натижасида гел - илвисимон цемент клеи ҳосил бўлади. Бу бирикманинг катта бўлмаган бир қисми кристал ҳолатида ажралиб чиқади. Бетон қоришмаси аралаштирилганда цемент хаамири катта тўлдирувчиларнинг доналарини ўраб олади. Цемент хаамири аста секинлик билан қотиб цемент тошига айланади ва бетон қоришмани яхлит ҳолатга олиб келади.

Вакт ўтиши билан цемент хаамирининг қотиши жараёнида гел ўз ҳажмини камайтириб қуюқлашади. Бунда кристал ҳосил бўлиш жараёни гел массасини қамраб олади ва қаттиқ кристал ўсимталарни ҳосил қилади.

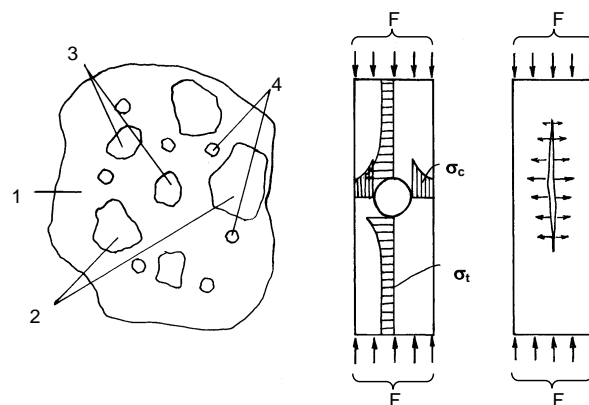
Замонавий нуқтаи назарга биноан структураси бўйича қотган бетон мураккаб композицион материал деб қаралади. Унда массанинг узлуксизлиги кескин бузилган бўлиб қаттиқ, суюқ ва газсимон ҳолатлар мужассамлашган. Бетон структурасининг муҳим характеристикаларидан бири бетонда ғоваклар эгаллаган ҳажмнинг параметридир. Бу цемент тошининг, ўз навбатида эса, бетоннинг табиатан капилляр-ғовак материал эканлиги билан боғлиқдир.

Бетондаги ғоваклар ўзининг ўлчамлари билан бир-биридан бир неча марта фарқ қилади ва ҳар хил мураккаб шаклга эга. Бетонда ғовакларнинг ҳосил бўлиши, асосан, ортиқча сув миқдорига боғлиқ. Одатда бетоннинг қотиши учун талаб қилинадиган сувнинг миқдори цемент оғирлигининг тахминан 0,15...0,20 қисмини ташкил қилади. Аммо бундай бетонни қолипларга ётқизиш қийин бўлганлиги сабабли сувнинг цементга нисбати (С/Ц) 0,35...0,60 гача оширилади. Натижада цемент билан реакцияга киришмаган ортиқча сув бетон танасида маълум бир ҳажми эгаллайди. Бетоннинг қотиши жараёнида ортиқча сувнинг бир қисми буғланиб бетон танасида ҳар хил ҳажмдаги бўшлиқ ва ғоваклар ҳосил қилади. Бу ғоваклар бир-бирига тутшиб бетонда ўлчамлари 0,1...1,0 мкм дан 20...50 мкм гача бўлган капиллярлар ҳосил қилади. Бетоннинг қотиш жараёнига боғлиқ бўлган ҳолда бу ғоваклар сув ёки ҳаво билан тўлган бўлади.

Бетоннинг структураси бетон қоришмасини тайёрлаш, жойлаш ва зичлаш жараёнида ҳосил қилиниб, бетоннинг узоқ муддат қотишидан муттасил ўзгаради. Шундай қилиб бетон структурасини ўзида кристал ўсимталар, гел, сув ва ҳаво билан тўлган кўп миқдордаги ғоваклар ва капиллярларни мужассамлаштирган цемент тошида тартибсиз жойлатган кум ва шағал доналарининг фазовий

панжараси сифатида тасаввур қилиш мумкин (1.1-расм, а).

Бир жинсли бўлмаган бундай жисмда ташқи кучлар таъсиридан мураккаб кучланиш ҳолати содир бўлади. Сиқилган бетон намунадаги кучланишлар эластик модули катта бўлган қаттиқ заррачаларда тўпланади. Натижада заррачаларни бирлаштирувчи сиртда бу боғланишни бузувчи зўриқишлар ҳосил бўлади. Шу билан бирга бетондаги ғоваклар ва бўшлиқлар ҳосил бўлган жойларда кучланишларнинг тўпланиши содир бўлади. Эластиклик назарияси курсидан маълумки, бўшлиқларга эга бўлган қаттиқ жисм сиқилганда бўшлиқлар атрофида сиқувчи ҳамда чўзувчи кучланишлар тўпланади. Чўзувчи кучланишлар сиқувчи кучга параллел бўлган юзалар бўйича таъсир қилади (1.1-расм, б). Бетон танасида ғовак ва бўшлиқларнинг сони кўп бўлганлиги учун бир ғовак атрофида ҳосил бўладиган чўзувчи кучланиш иккинчи ғовакдаги кучланиш билан қўшилиб кетади. Натижада сиқилган бетонда бўйлама сиқувчи ҳамда кўндаланг чўзувчи кучланишлар ҳосил бўлади.



**1.1-расм. Бетоннинг тузилиши (структураси) ва унда ҳосил бўладиган кучланишлар схемаси:**  
1-цемент тоши; 2-шағал; 3-кум; 4-сув ва ҳаво билан тўлган ғоваклар

Бетоннинг чўзилишдаги қаршилиги унинг сиқилишдаги қаршилигидан бир неча марта кам бўлганлиги сабабли чўзувчи кучланишлар таъсиридан бетонда микроёриқлар пайдо бўлади. Агар тўлдирувчиларнинг мустаҳкамлиги ва эластик модули цемент тошигнинг мустаҳкамлиги ва эластик модулидан катта бўлса ( $R_a > R_c$  ва  $E_a > E_c$  бу оғир бетонлар учун характерли) ёриқлар тўлдирувчилар билан цемент тошининг чегаралари ва цемент тоши бўйича ривожланади. Акс ҳолда ( $R_a < R_c$  ва  $E_a < E_c$  - бу енгил бетонлар учун характерли) ёриқлар тўлдирувчилар ҳамда цемент тоши бўйича ривожланади.

Ташқи юк миқдори ошган сари микроёриқлар кучайиб унча чўзиқ бўлмаган макроёриқларга бирлашади (1.1-расм, в). Макроёриқларнинг очилиш кенглиги катталаша бориб магистрал ёриқ ҳосил бўлади ва бетон бузилиш ҳолатига келиб қолади.

Ҳозирги вақтда қўлланилаётган бетон му-

стаҳкамлиги назарияси унинг структурасини эътиборга олмайди. Бетоннинг мустаҳкамлигини унинг структураси билан боғлаш масаласи шу вақтгача ўз ечимини топгани йўқ. Шунинг учун бетоннинг мустаҳкамлиги ва деформацияланиши ҳақида маълумот жуда кўп бетон намуналарини синаш натижасида олинади. Бунда бетоннинг физик ва механик хоссаларининг ўртача қийматлари топилиб, улар темирбетон конструкцияларини лойihalаш учун асос қилиб олинади.

**Бетоннинг мустаҳкамлиги.** *Бетоннинг мустаҳкамлиги қандай топилади ва мустаҳкамлик қанақа омилларга боғлиқ?*

Бетоннинг мустаҳкамлиги бир қатор омилларга боғлиқ бўлиб, таркиби, тайёрланиш жараёни ва қотиш шароити бир хил бўлганда ҳам ўзгарувчанлик хоссасига эга бўлади. Бетоннинг мустаҳкамлиги (бошқа шароитлар бир хил бўлганда ҳам) асосан унинг ёшига ва қотиш шароитига, синалаётган намунанинг шакли ва ўлчамларига ҳамда кучланиш ҳолатининг характериға (сиқилиш, чўзилиш, маҳаллий сиқилиш, кесилиш ва ҳоказо) боғлиқ бўлади.

Бетонни ташкил этувчи тўлдирувчиларнинг жойлашишида қонуният бўлмаганлиги ва ғовакларнинг тартибсиз жойлашиши натижасида бир хил коришмадан тайёрланган намуналарни синашда ҳар хил қаршилиқ олинади. Бундан ташқари, намуналарни бир хил бўлмаган шароит ва ҳар хил тезликда синаш ҳам бетон мустаҳкамлигининг ўзгарувчанлигига олиб келади.

Бетоннинг энг муҳим характеристикаларидан бири, бу унинг сиқилишдаги мустаҳкамлиги бўлиб, бетоннинг бошқа мустаҳкамлик характеристикаларига нисбатан жуда осон аниқланади. Яқин йилларгача эталон сифатида бетоннинг сиқилишдаги мустаҳкамлигини ифодалаш учун бетоннинг **маркаси** деган кўрсаткич қабул қилинган эди. Бетоннинг маркаси деб, қирраларининг ўлчамлари 200 мм бўлган бетон кубнинг 28-чи суткадаги сиқилишдаги чегаравий қаршилигига айтилади. Бетон 28 сутка давомида муҳит температураси  $20^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$  ва намлиги 90% бўлган шароитда қотиши шарт. Бетон намунани юклаш тезлиги 0,3 МПа/с (3 кг/см<sup>2</sup>·с) га тенг бўлиши лозим.

1984 йилдан бетоннинг мустаҳкамлик бўйича сифатини ифодаловчи характеристика сифатида бетоннинг **синфи** деган тушинча қўлланилмоқда. Бетоннинг синфи деб, қирраларининг ўлчамлари 150 мм бўлган бетон кубнинг 95% таъминланиш билан 28-чи суткада аниқланган сиқилишдаги чегаравий қаршилигига айтилади. Бетоннинг синфи билан маркаси ўртасидаги фарқ қабул қилинадиган қаршилиқ миқдорининг таъминланиши билан ифодаланади. Бетоннинг маркаси учун қаршилиқнинг таъминланиши 50% ни ташкил қилади (қаршилиқнинг ўртастатистик миқдори қабул қилинади). Бетоннинг синфи учун эса, бу таъминланиш 95% ни ташкил қилади. Бетоннинг маркаси билан синфи орасидаги боғланиш куйидаги формула орқали

ифодаланади:

$$B = 0,1 \cdot M(1 - 1,64v_R) \quad (1.1)$$

бу ерда  $B$  - бетоннинг синфи (МПа);  $M$  - бетоннинг маркаси (кгс/см<sup>2</sup>);  $v_R$  - бетон мустаҳкамлигининг ўзгарувчанлик коэффициентини.

Бетон кубнинг сиқилишдаги чегаравий қаршилиги  $R$  бузувчи  $P_u$  кучни шу куч йўналишига перпендикуляр бўлган куб ёқининг  $A_b$  юзасига нисбати билан ифодаланади, яъни

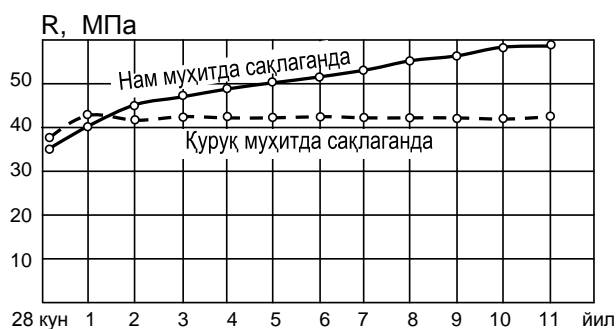
$$R = F_u/A_b \quad (1.2)$$

Баъзи бир мамлакатларда (АҚШ ва бошқа) куб ўрнига баландлиги 12" (30,5 см) ва диаметри 6" (15,2 см) бўлган цилиндр шаклидаги намуна қабул қилинган. Ҳар хил бетонлар учун цилиндр шаклидаги намунанинг қаршилиги қирраларининг ўлчами 150 мм бўлган куб шаклидаги намуна қаршилигининг 0,8... 0,9 қисмини ташкил қилади.

Айрим ҳолларда темирбетон конструкцияларнинг ҳақиқий юклаш вақти, бетонни тайёрлаш усули ва унинг қотиш шароити, монтаж қилиш вақти ҳамда ишлатилган цемент хили маълум бўлганда бетоннинг ҳисобий характеристикалари 28 суткадан фарқли бўлган муддатларда ҳам аниқланиши мумкин. Бу ҳолатда, лойиҳада бетоннинг синфидан ташқари унинг кубик мустаҳкамлиги бўйича аниқланган ҳисобий характеристикалари ва шунга мос бўлган бетоннинг ёши кўрсатилиши шарт.

Бетоннинг оптимал синфини танлаш конструкциянинг хили, эксплуатация қилиш шароити, тайёрлаш ва монтаж қилиш усулига қараб техник-иқтисодий мулоҳазалар асосида амалга оширилади.

*Вақт ўтиши билан бетоннинг мустаҳкамлиги ўзгарадими?* Тажрибалар шунини кўрсатадики, бетоннинг мустаҳкамлиги вақт ўтиши билан оша боради ва бу жараён бир неча йил давом этиши мумкин (1.2-расм). Вақт давомида бетон мустаҳкамлигининг ошишига бетон таркиби, атроф муҳитнинг температураси ва намлиги катта таъсир кўрсатади. Бетон мустаҳкамлигининг вақт давомида энг кескин ўсиши дастлабки қотиш даврига тўғри келади.



1.2-расм. Бетон мустаҳкамлигининг вақт давомида ўзгариши.

Бетон мустаҳкамлиги билан унинг ёши ўртасидаги боғланишни ифодловчи кўп таклифлар

мавжуд бўлиб, бу таклифлардан бири Б.Г.Скрамтаев томонидан портландцемент асосида тайёрланадиган бетонлар учун берилган оддий логарифмик боғланишдир

$$R_t = R_{28} \frac{\lg t}{\lg 28} = 0,7 \cdot R_{28} \cdot \lg t, \quad (1.3)$$

бу ерда  $R_{28}$  - ёши 28 суткага тенг бўлган бетоннинг кубик қаршилиги;  $R_t$  -  $t$  вақтдаги бетоннинг мустаҳкамлиги.

Атроф муҳитнинг температураси ва намлиги юқори бўлганда бетоннинг қотиш жараёни кескин тезлашади. Шунинг учун заводларда темирбетон конструкциялар ва буюмларга юқори температура (80...90°C) ва намлик (90...100%) таъсири остида ишлов берилади. Бундан ташқари бетоннинг қотишини автоклавда юқори босим (8 атм атрофида) ва температураси 170°C бўлган буғ билан ишлов бериб ошириш мумкин. Автоклавда ишлов берилган бетон лойихавий мустаҳкамлигига 12 соатдан кейин эришади.

Атроф муҳитнинг температураси 5°C дан паст бўлиб намлиги 90% дан кам бўлганда бетоннинг қотиши секинлашади.

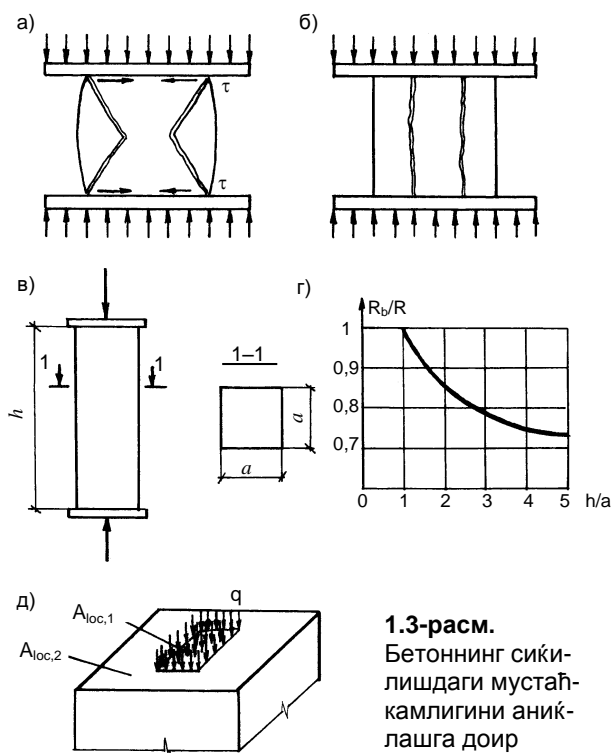
**Бетоннинг марказий сиқилишдаги мустаҳкамлиги.** Куб шаклидаги бетон намуна пресс плиталари орасига олиниб марказий сиқилишга синалганда, намунанинг бузилиши натижасида кичик асослари бир-бирига туташган иккита кесик пирамида ҳосил бўлади (1.3, а расм). Бетон намунанинг бундай схема бўйича бузилишига асосий сабаб бу пресс плиталари билан намуна сирти орасида ҳосил бўладиган ишқаланиш кучларидир. Бу кучлар намунанинг ичкарасига қараб йўналган бўлиб, бетоннинг кўндаланг йўналиш бўйича деформацияланишини чеклайди. Намуна сиртидан узоклашган сари бу кучларнинг қиймати камайиб боради.

Агар пресс плитаси билан намуна сирти орасида ҳосил бўладиган ишқаланиш кучлари йўқотилса, бетон намунанинг бузилиши умуман бошқа схема бўйича рўй беради (1.3, б расм). Яъни намунада куч йўналишига параллел бўлган ёриқлар пайдо бўлади. Ишқаланиш кучлари йўқ бўлганлиги сабабли намуна кўндаланг йўналиш бўйича эркин деформацияланади. Бу схема бўйича синалган бетоннинг қаршилиги тахминан 40% гача камаяди. Шунинг учун давлат стандарти бўйича бетоннинг мустаҳкамлиги биринчи схема асосида, бетон намуналарнинг сирти ёғланмасдан топилади.

Бетоннинг бир жинсли бўлмаганлиги ва уни синашда ишқаланиш кучларининг ҳосил бўлиши натижасида ҳар хил ўлчамдаги кубларнинг мустаҳкамликлари ҳар хил бўлади. Куб қирраларининг ўлчамлари қанча кичик бўлса унинг мустаҳкамлиги шунча юқори бўлади. Стандарт ўлчамдаги кубнинг (қирраларининг ўлчами 150 мм бўлган) мустаҳкамлиги  $R$  бўлганда, қирраларининг ўлчами 100 мм бўлган кубнинг мустаҳкамлиги  $1,12 \cdot R$ ,

қирраларининг ўлчами 200 мм бўлган кубнинг мустаҳкамлиги эса  $0,93 \cdot R$  га тенг бўлади. Бунга сабаб бир жинсли бўлмаган бетон намуналарида, улар ўлчамларининг катталашу билан нуксонлар сонининг кўпайишидир.

Бетоннинг кубик қаршилиги фақат унинг сифатини назорат қилиш учун фойдаланилади ва темирбетон конструкцияларни ҳисоблашда бевосита қўлланилмайди. Темирбетон конструкцияларда бетоннинг ишлаш ҳолати бетон кубнинг ишлаш ҳолатидан фарқ қилиб, бетон призманинг ишлаш ҳолатига яқин бўлади. Шунинг учун ҳисоблашларда бетоннинг призматик қаршилиги ишлатилади.



**1.3-расм.** Бетоннинг сиқилишдаги мустаҳкамлигини аниқлашга доир

Квадрат шаклидаги асосининг улчами  $a$  ва баландлиги  $h$  бўлган призма шаклидаги бетон намуна марказий сиқилишга синалганда  $h/a$  нисбатнинг ошиши билан бетон призманинг мустаҳкамлиги камай боради.

$h/a = 4$  бўлганда ишқаланиш кучларининг таъсири умуман йўқолиб бетоннинг қаршилиги ўзгармайди.  $h/a > 8$  бўлганда эса бетон призманинг мустаҳкамлигига намунанинг эгилювчанлиги таъсир кўрсатади.

Бетоннинг призматик қаршилиги баландлигининг призма асоси ўлчамига нисбати 3...4 бўлган бетон намунани бузилиш даражасигача синаш йўли билан аниқланади. Бунда, бетон призма босқичма-босқич юкланиб, ҳар босқичда юкнинг миқдори бузувчи кучнинг 10% га тенг қилиб олинади. Бетон намуна ҳар бир босқичда юк таъсирига 4...5 мин ушлаб турилади. Юклаш тезлиги ўзгармас бўлиб 0, 6...0, 2 МПа/с га тенг қабул қилинади.

Бетоннинг призматик ва кубик қаршилиги ўрта-

сида тўғри пропорционал боғланиш мавжуд. Бу боғланиш куйидаги эмпирик формула орқали ифодаланади

$$R_b = (0,77 - 0,001 \cdot R) \cdot R. \quad (1.4)$$

Ҳақиқатда тажрибадан олинган натижалар (1.4) формуладан аниқланадиган бетоннинг призматик қаршилигига нисбатан бирмунча юқори бўлиб, оғир ва енгил бетонлар учун  $0,78 \cdot R$  дан (бетоннинг синфи юқори бўлганда)  $0,83 \cdot R$  гача (бетоннинг синфи паст бўлганда) ўзгаради. Ғовакли бетонлар учун эса, мос равишда  $0,87 \cdot R$  дан  $0,94 \cdot R$  гача ўзгаради.

Бетоннинг призматик қаршилиги  $R_b$  сиқилиш, эгилиш, буралиш, қийшиқ эгилиш ва қийшиқ марказмас сиқилишга ишлайдиган темирбетон конструкцияларни ҳисоблаш учун қўлланилади.

**Бетоннинг маҳаллий сиқилишдаги мустаҳкамлиги.** Ташки юк бетон намуна юзасининг маълум, чегараланган қисмига таъсир қилганда (1.3, д расм) бетоннинг юкланмаган қисми кўндаланг йўналиш бўйича бетоннинг деформацияланишини чеклаб қўяди. Шунинг учун маҳаллий сиқилишда бетоннинг мустаҳкамлиги сиқилишдаги мустаҳкамликка нисбатан анча юқори бўлади. Бетоннинг маҳаллий сиқилишдаги мустаҳкамликка сиқилишдаги қаршилиги билан куйидагича боғланган

$$R_{b,loc} = \varphi_{b,loc} \cdot R_b, \quad (1.5)$$

бу ерда  $\varphi_{b,loc} = \sqrt[3]{A_{loc,2} / A_{loc,1}}$ ;  $A_{loc,1}$  - бетоннинг эзилиш юзаси;  $A_{loc,2}$  - эзилиш юзаси билан бетоннинг юкланмаган юзаси бир қисмининг йиғиндисидан ҳосил бўлган ҳисобий юза (7.1 расмга қаранг).

**Бетоннинг чўзилишдаги мустаҳкамлиги.** Бетоннинг чўзилишдаги мустаҳкамлиги уни ташкил этувчи цемент тошининг мустаҳкамлигига ва унинг тўлдирувчилар билан боғланиш мустаҳкамлигига боғлиқ. Бетоннинг чўзилишдаги ҳақиқий мустаҳкамлиги унинг марказий чўзилишдаги мустаҳкамлиги билан ифодаланади. Бетоннинг чўзилишдаги чегаравий мустаҳкамлиги  $R_{bt}$  нисбатан юқори бўлмаган ҳолда сиқилишдаги мустаҳкамлигининг  $0,1 \dots 0,05$  қисмини ташкил қилади. Бетоннинг сиқилишдаги мустаҳкамлиги ошиши билан  $R_{b,t} / R_b$  нисбат камайиб боради.

Чўзилишда бетон мустаҳкамлигининг камлиги бетон структурасининг бир жинсли бўлмаганлиги ва чўзувчи зўриқишлар таъсиридан бетон яхлитлигининг жуда эрта бузилиши ҳамда кучланишларнинг бўшлиқлар атрофида тўпланишига боғлиқ.

Бетоннинг чўзилишдаги мустаҳкамлиги унинг сиқилишдаги мустаҳкамлиги билан тажрибалар асосида олинган Фере формуласи орқали ифодаланади:

ўрта ва паст мустаҳкамликка эга бўлган бетонлар учун

$$R_{bt} = 0,23 \sqrt[3]{R_b^2}; \quad (1.6)$$

юқори мустаҳкамликка эга бўлган цементли бетонлар учун

$$R_{bt} = 0,32 \sqrt[3]{R_b^2}; \quad (1.7)$$

бетон-полимерлар учун

$$R_{bt} = 0,5 \sqrt[3]{R_b^2}; \quad (1.8)$$

полимербетонлар учун

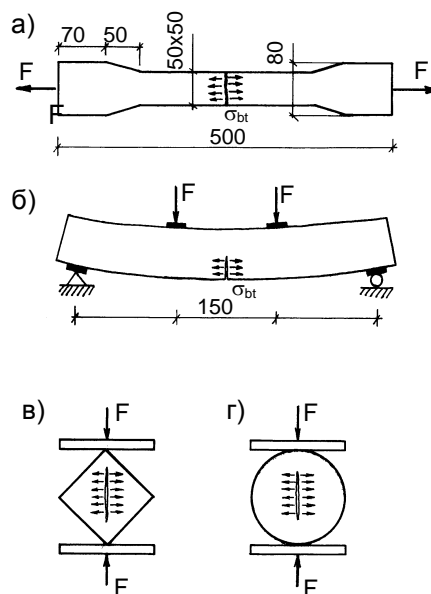
$$R_{bt} = (0,08 \dots 0,15) R_b. \quad (1.9)$$

Бетон-полимерлар ва полимербетонларда цемент тошининг тўлдирувчилар билан боғланиши (ёпишиши) яхши бўлганлиги сабабли бундай бетонларнинг чўзилишдаги мустаҳкамлиги цементли бетонларнинг чўзилишдаги мустаҳкамлигига нисбатан анча юқори бўлади.

Бетоннинг марказий чўзилишдаги мустаҳкамлиги ишчи зонаси призма шаклида бўлган бетон намунани узишга синаш йўли билан аниқланади (1.4, а расм). Чўзувчи прессга бириктириш учун бетон намунанинг икки томони кенгайтирилади. Намуна юк билан  $(0,08 \dots 0,05)$  МПа/с тезликда бир текис юкланади. Бетоннинг марказий чўзилишдаги мустаҳкамлиги узувчи кучнинг бетон намуна юзасига нисбати орқали аниқланади

$$R_{bt} = F_u / A_{bt}, \quad (1.10)$$

бу ерда  $F_u$  - бузувчи куч;  $A_{bt}$  - намунанинг кўндаланг кесим юзаси.



1.4-расм. Бетоннинг чўзилишдаги мустаҳкамлигини аниқлашга доир

Чўзилишга синашда бетон намунани марказлаштириш қийин бўлганлиги сабабли бетоннинг чўзилишдаги мустаҳкамлиги бетон тўсинчани эги-

лишга синашдан аниқланади. Стандарт намуна сифатида кўндаланг кесими квадрат шаклида бўлиб, ўлчами 150 мм, узунлиги эса 600 мм бўлган бетон тўсинча олинади (1.4, б расм). Бу ҳолатда бетоннинг чўзилишдаги мустаҳкамлиги қуйидаги формуладан топилади

$$R_{bt} = M / W_{pl}, \quad (1.11)$$

бу ерда  $M = F \cdot a$  - бузувчи момент;  $W_{pl} = b \cdot h^3 / 3,5$  бетон тўсинча кўндаланг кесим юзасининг эластик-пластик қаршилик momenti.

Бетоннинг чўзилишдаги мустаҳкамлиги кўндаланг кесими квадрат шаклида бўлган бетон призма ёки цилиндр шаклидаги бетон намунани 1.4, в, г расмларда кўрсатилган схемалар бўйича ёрилишга синаш йўли билан ҳам аниқланиши мумкин. Бунда мустаҳкамлик қуйидаги формуладан аниқланади:

$$R_{bt} = 2 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot F / A, \quad (1.12)$$

бу ерда  $F$  - ёрувчи куч;  $A$  - намунанинг кўндаланг кесим юзаси;  $K_1$  - бетоннинг эзилишидан намуна кесимининг кичрайишини эътиборга оладиган коэффициент (оғир бетонлар учун  $K_1 = 1,1$ ; енгил бетонлар учун  $K_1 = 1,25$ );  $K_2$  - намунанинг шакли ва ўлчамини эътиборга оладиган коэффициент ( $d = a = 150$  мм бўлган призма ва цилиндр учун  $K_2 = 1$ ).

Бетоннинг чўзилишдаги мустаҳкамлиги  $R_{bt}$  биринчи навбатда ёриқлар пайдо бўлишига чидамлиги таъминланиши шарт бўлган конструкцияларни (сув босими остида ишлайдиган қувурлар, суюқлик сакланадиган ҳавзалар ва ҳоказо) ҳисоблаш учун ишлатилади.

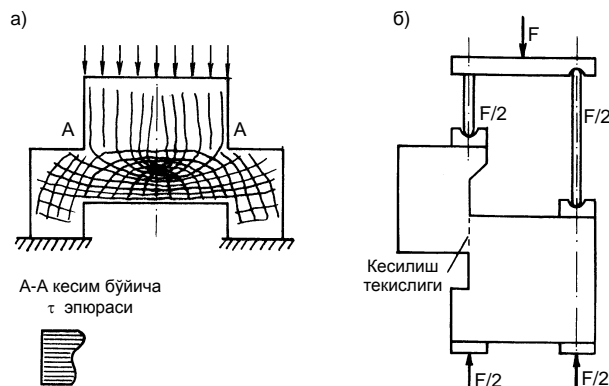
**Бетоннинг кесилиш ва ёрилишдаги мустаҳкамлиги.** Материаллар қаршилиги курсидан маълумки кичик бир юзачадаги тўлиқ кучланиш иккита, шу юзачага нормал бўлган  $\sigma$  ва уринма бўлган  $\tau$  ташкил этувчи кучланишларга ажратилади. Уринма  $\tau$  кучланишлар таъсир қиладиган кесим бўйича материални кесилишга, яъни материалнинг бир қисмини иккинчи қисмига нисбатан силжитишга ҳаракат қилади. Агар нормал  $\sigma$  кучланишларнинг қиймати нолга тенг бўлса, уринма  $\tau$  кучланишлар таъсиридан материалда соф кесилиш содир бўлади.

Темирбетон конструкцияларда соф кесилиш амалда учрамайди ва фақатгина бўйлама кучлар таъсири натижасида содир бўлади. Бетоннинг ёрилишга қаршилик кўрсатиши эгиладиган темирбетон конструкцияларда қия ёриқлар пайдо бўлиши олдидан кузатилади. Бетоннинг кесилишдаги мустаҳкамлиги  $R_{b,sh}$  тажриба асосида аниқланади. Кўп ҳолларда бетоннинг кесилишдаги мустаҳкамлиги Е.Мёрш томонидан таклиф қилинган, 1.5, а расмда кўрсатилган схема бўйича синашдан аниқланади. Бу схема бўйича синашнинг камчилиги шундан иборатки, намунада кесилишдан ташқари эгилиш ва маҳаллий сиқилиш содир бўлади. Бетон намуналар 1.5, б расмда келтирилган А.А.Гвоздев ва

А.П.Васильев томонидан таклиф қилинган схема бўйича сиқилганда бетонда соф кесилишга яқин бўлган шароит яратилади.

Бетоннинг кесилишдаги мустаҳкамлиги қурилиш меъёри ва қоидаларида берилмаган бўлиб, талаб қилинган ҳолларда қуйидаги эмпирик формуладан аниқланиши мумкин

$$R_{b,sh} = 0,7 \sqrt{R_b \cdot R_{bt}}. \quad (1.13)$$



1.5-расм. Бетоннинг кесилишдаги мустаҳкамлигини аниқлашга доир

Бетоннинг кесилишдаги қаршилиги темирбетон конструкцияларни қия кесим бўйича мустаҳкамлигини ҳисоблаш учун баъзи бир замонавий услубларда қўлланилади.

Бетоннинг ёрилишдаги мустаҳкамлиги эгиладиган элементларда тўлиқ ўрганилмаган бўлиб, ёрувчи кучланишларнинг кесим баландлиги бўйича тақсимланиши парабола бўйича ўзгаради деб қабул қилинади. Тажрибалар асосида олинган натижаларга биноан бетоннинг ёрилишдаги мустаҳкамлиги унинг чўзилишдаги мустаҳкамлигидан 1,5... 2 марта катта.

**Бетон мустаҳкамлигига давомли ва кўп марта такрор-такрор таъсир қиладиган юкларнинг таъсири.** Бетоннинг мустаҳкамлик бўйича энг муҳим характеристикаларидан бири, бу унинг давомли қаршилигидир (мустаҳкамлигидир). Бетоннинг давомли мустаҳкамлиги давомли юклар билан юкланган бетон намуналардан олинган натижалар асосида аниқланади. Бунда бетон намуналарнинг бузилиши бетоннинг чегаравий қаршиликдан кам бўлган қийматларида содир бўлади.

Чегараланмаган узоқ вақт давомида бетон қабул қила оладиган кучланиш миқдори  $\sigma_{\text{б}}$  бетоннинг чегаравий давомли қаршилиги дейилади.

Сиқувчи кучланишларнинг миқдори бетон чегаравий қаршилигининг 80% дан кам бўлганда ( $\sigma_{\text{б}} < 0,8 \cdot R_{\text{б}}$ ), бетон намуна қанча узоқ вақт давомида юкланган бўлмасин бузилиш рўй бермайди. Чунки бетонда бошланган микробузилишлар вақт ўтиши билан турғунлашади. Агар бетон намуна катта миқдордаги кучланишлар билан юкланган бўлса, бетонда **боғланган** микробузилишлар ривожланиб уни бузилиш ҳолатига олиб келади.

Узоқ вақт давомида юкланган бетон намунадаги кучланиш миқдори  $R_{crc}^v$  - микроёриқлар пайдо бўлишнинг юқори чегарасидан кичик бўлганда ( $\sigma_b < R_{crc}^v$ ), намуна бузилмайди, акс ҳолда ( $\sigma_b > R_{crc}^v$ ) бетон намуна бузилади.

Бетон намуналар узоқ вақт давомида чўзувчи кучланишлар билан юкланганда ҳам худди сиқишдагидек ходиса рўй беради.

Бетоннинг чегаравий давомли мустаҳкамлиги куйидаги формуладан аниқланиши мумкин

$$R_{bt} = R_b [0,92 - 0,04]g(t - \tau) \quad (1.14)$$

бу ерда  $\tau$  - юклаш вақтидаги бетоннинг ёши.

Бетоннинг чегаравий давомли мустаҳкамлигининг камайиш даражаси уни юклангунча бўлган ҳолатига боғлиқ бўлади. Масалан, бетон намуна юклангунча узоқ вақт давомида миқдор жиҳатдан  $\leq 0,6 \cdot R_b$  бўлган сиқувчи кучланишлар таъсирида бўлганида унинг чегаравий давомли мустаҳкамлиги кўпаяди, чўзилишдаги давомли мустаҳкамлиги эса камаяди.

Кўп марта такрор-такрор таъсир қиладиган юклар таъсиридан бетоннинг давомли мустаҳкамлиги юклар давомли таъсир қилгандагига нисбатан яна ҳам камаяди. Бунда, бетон чегаравий мустаҳкамлигининг камайиши юклаш даврининг сони  $N$ , энг катта кучланиш миқори  $\sigma_{b,max}$  ва давр характеристикаси  $\rho_b = \sigma_{b,min} / \sigma_{b,max}$  га боғлиқ бўлади.

Кўп марта такрор-такрор таъсир қиладиган юклардан бетоннинг чегаравий мустаҳкамлиги бетоннинг чидамлилиқ чегараси деб айтилади. Бетоннинг абсолют **чидамлилиқ чегараси** деб, жуда ҳам кўп марта такрор-такрор юклашга бузилмасдан бардош берадиган кучланишнинг энг катта миқдorigа айтилади. Амалда бетоннинг чидамлилиқ чегараси сифатида кўп марта такрор-такрор юклаш даврининг сони ( $2 \dots 5$ )  $10^6$  ёки  $1 \cdot 10^7$  га тенг бўлганда намуна қабул қила оладиган кучланишнинг энг катта миқдори олинади. Бу кучланиш бетоннинг чекли ёки нисбий чидамлилиқ чегараси дейилади. Синаш даврининг сони ошиши билан бетоннинг чидамлилиқ чегараси камайиб боради ва давр сони 2 миллиондан ошгандан кейин чидамлилиқ чегарасининг қиймати турғунлашади. Шунинг учун бетонларни такрорий юклар таъсирига синашда 2 млн. давр асос қилиб олинган.

$R_{bf} / R_b$  нисбат билан даврлар сони  $N$  ўртасидаги корреляцион боғланиш куйидаги эмпирик формула орқали ифодаланади

$$\frac{R_{bf}}{R_b} = a - b \cdot \lg N, \quad (1.15)$$

бу ерда  $a$  ва  $b$  - давр характеристикаси  $\rho_b$  ва юкнинг такрорланиш такрорлиги  $\omega$ , бетоннинг таркиби, ёши, мустаҳкамлиги ва намлигига боғлиқ бўлган коэффициентлар (тажрибалардан аниқланади).

Даврлар сони  $N = 10^3 \dots 10^7$  бўлганда (1.15) формула тажрибаларга мос бўлган яхши натижалар беради.

Бетоннинг чидамлилиқ чегараси темирбетондан тайёрланадиган кран ости тўсинлари, шпаллар, кучли пресс ва станоклар станиналарини ва пойдеворларини, кўприк конструкцияларини ҳисоблаш учун ишлатилади.

**Бетоннинг мустаҳкамлигига юқори ва паст температуранинг таъсир.** Цемент тоши ва қаттик тўлдирувчиларнинг чизикли кенгайиш коэффициентларининг қийматлари ҳар хил бўлишига қарамадан атроф муҳит температураси  $100^\circ\text{C}$  гача ўзгарганда бетонда ички катта кучланишлар ҳосил бўлмайди ва бетоннинг мустаҳкамлигига таъсир қилмайди. Бетонга таъсир қиладиган температуранинг қиймати  $100^\circ\text{C}$  дан ошганда унинг мустаҳкамлигини кескин ўзгартиради. Бетон мустаҳкамлигининг юқори температура таъсиридан ўзгариши унинг сув билан тўйиниш даражасига боғлиқ. Температуранинг  $250 \dots 300^\circ\text{C}$  гача ошиши натижасида бетоннинг сув билан юқори даражада тўйинган танасида сув ва газ олмошиш жараёни кучаяди. Натижада бетон кескин равишда қуриydi ва унда температура ҳамда бетон чўкишидан микроёриқлар пайдо бўлади, температура коэффициентининг қиймати ошади.

Температура  $300^\circ\text{C}$  дан ошганда цемент тоши ва йирик тўлдирувчилар ўртасидаги хажмий деформациялар фарқи ошади. Бу деформацияларнинг фарқи натижасида бетонда жуда катта ички кучланишлар ҳосил бўлади. Бу кучланишлар цемент тошини ёриб бетон мустаҳкамлигининг камайишига олиб келади. Баъзи ҳолларда бетон бузилиш ҳолатига келиб қолиши мумкин. Шунинг учун юқори температура давомли таъсир қиладиган шароитда оддий бетонлар ишлатилмайди.

Бетонга паст температурлар таъсир қилганда (бетон музлаганда) унинг мустаҳкамлиги ошади. Ҳаво температураси кўтарилиб бетон эриганда унинг мустаҳкамлиги камаяди. Бетон мустаҳкамлигига асосан унинг музлаш ва эриш температураси ҳамда сув билан тўйиниши катта таъсир кўрсатади. Паст температуралардан бетон мустаҳкамлигининг ўзгаришига асосий сабаб, бу бетон танасидаги бўшлиқларда сувнинг музга айланишидан ўз хажмини ошириши натижасида ҳосил бўладиган ички ортикча босимлардир. Музлаш ва эриш жараёнида бетоннинг бузилишини аниқлашда микроёриқлар пайдо бўлишининг куйи ва юқори шартли чегаралари катта рол ўйнайди. Бетонга таъсир қиладиган кучланишларнинг миқдори микроёриқлар пайдо бўлишининг куйи чегараси  $R_{crc}^0$  кичик бўлганда бетон структураси зичлашади ва шу билан бирга унинг музлашга чидамлилиги ошади. Кучланишларнинг миқдори  $R_{crc}^0$  катта бўлиб, микроёриқлар пайдо бўлишининг юқори чегараси  $R_{crc}^v$  гача ўзгарганда бетоннинг структураси бузилиб унинг музлашга чидамлилиги юкланмаган бетоннинг музлашга чидамлилигига нисбатан анча камаяди.

Бетоннинг музлашга чидамлигини ошириш учун унинг структураси зич бўлиши ва бўшлиқлар

ҳажми кам бўлиши лозим.

**Бетоннинг деформацияланиши.** Бетон деформациялари икки гуруҳга, атроф муҳит температураси ва намлигининг ўзгариши натижасида содир бўладиган ҳажмий ва ташқи юқлар таъсиридан ҳосил бўладиган зўриқиш деформацияларига бўлинади. Таъсир қилиш характери ва муддатига қараб ташқи юқлар таъсиридан ҳосил бўладиган зўриқиш деформациялари уч тоифага бўлинади: 1 - қисқа вақт таъсир қиладиган юқлар билан бир марта юқлашдан ҳосил бўладиган деформациялар; 2 - давомли юқлар билан юқлашдан ҳосил бўладиган деформациялар; 3 - юқларнинг кўп марта такрор-такрор таъсиридан ҳосил бўладиган деформациялар.

**Бетоннинг температура ва намлик таъсиридан деформацияланиши.** Бетон оддий муҳит шароитида қотганда ўз ҳажмини қисқартиради. Бетоннинг бу хоссаси бетоннинг **чўкиши** ёки **киришиши** деб айтилади. Сувда қотадиган бетон ўз ҳажмини ошириш хоссасига эга бўлиб, бу бетоннинг **бўкиши** ёки **шишиши** деб айтилади.

Бетоннинг чўкиши асосан цемент тошининг чўкишига боғлиқ бўлиб, цемент тошидаги эркин ва цементнинг гидротацияланиши учун сарф қилинган кимёвий боғланган сув миқдорининг камайишидан содир бўлади. Биринчи навбатда бетон танасидаги ғовақлар ва катта капиллярлардаги намлик буғланиб кетади. Бундай намликнинг камайиши цемент тошининг ҳажмини кичрайтиришга олиб келмайди, яъни бетоннинг чўкиши рўй бермайди. Ғовақлар ва макрокапиллярлардаги намлик йўқолгандан сўнг капиллярлардаги (радиуси  $1000 \text{ \AA}^0$  дан кичик бўлган) намлик буғлана бошлайди. Капиллярлардаги намликнинг йўқолиши натижасида цемент тоши ўз ҳажмини қисқартиради, яъни бетонда чўкиш рўй беради. Цемент тоши ҳажмининг камайиши цемент тошидаги капиллярларда ҳосил бўладиган капилляр босимлар таъсиридан содир бўлади. Бу босимни цемент капиллярларида сув таъсиридан ҳосил бўлган менисклар вужудга келтиради.

Атроф муҳитнинг намлиги қанча кам бўлса, мениск ҳосил бўладиган капиллярларнинг радиуси шунча кичик бўлади, натижада капилляр босим шунча катта бўлади.

Бетон танасидаги капиллярларда намлик йўқолгандан кейин кристаллар сиртидаги адсорбция натижасида боғланган намлик буғланади. Атроф муҳитнинг нисбий намлиги қанча кам ва температураси қанча юқори бўлса, кристаллар сиртидан адсорбция натижасида боғланган намлик шунча кўп буғланади ва субмикрористалларни бири-бирига яқинлаштиради. Натижада цемент тошининг ҳажми янада кичрайиб бетоннинг чўкиши содир бўлади.

Мутлақ қуруқ ҳолатгача қуритилган цемент тошининг тўлиқ чўкиши фақат гелнинг чўкиши билан аниқланади. Чунки капилляр кучлар таъсиридан бетоннинг чўкиш деформациялари тўлиқ

орқага қайтади.

Структураси биржинсли бўлмаган бетоннинг чўкиши натижасида унда ички кучланишлар ҳосил бўлади, бу кучланишлар бетонда микробузилишлар содир бўлишига олиб келади. Микробузилишлар асосан тўлдирувчилар билан цемент тоши боғланган сиртлар бўйича пайдо бўлади.

Бетоннинг сирти ва танасида намликнинг буғланиш даражаси ҳар хил бўлганлиги сабабли бетон сиртида чўзувчи, танасида эса сиқувчи кучланишлар вужудга келади. Чўзувчи кучланишлар таъсиридан бетон сиртида ёриқлар пайдо бўлади.

Бетоннинг чўкиш деформациясига таъсир қиладиган омилларни уч гуруҳга бўлиш мумкин:

1. Бетоннинг таркиби ва тайёрланиш технологиясига боғлиқ бўлган омиллар (цемент сарфи, сув цемент нисбати, тўлдирувчиларнинг эластиклик модули, қўшимчаларнинг хили, қотиш шароити ва ҳоказо);

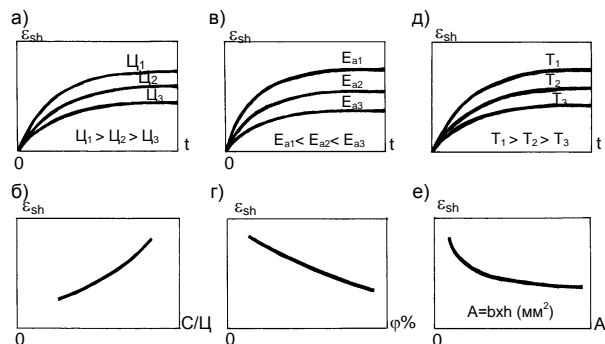
2. Атроф муҳитнинг таъсири билан боғлиқ бўлган омиллар (ҳаво температураси ва нисбий намлиги, бетонни ўраб турувчи қопламанинг хили ва сифати ва ҳоказо);

3. Конструктив (амалий) характерга эга бўлган омиллар (бетон конструкциянинг шакли, конструктив ўлчамлари, арматура билан жиҳозланиши ва ҳоказо).

Бетон тайёрлаш учун сарф қилинадиган цементнинг миқдори унинг чўкиш деформациясига жуда катта таъсир кўрсатади. Цемент миқдорининг ошиши чўкиш деформациясининг ошишига олиб келади (1.6, а расм). Сув-цемент нисбати (С/Ц) катта бўлган бетонларда чўкиш деформацияси ҳам катта бўлади (1.6, б расм).

Эластиклик модули катта бўлган тўлдирувчилардан тайёрланган бетонларнинг чўкиши натижасида ҳосил бўладиган деформацияси кам бўлади (1.6, в расм).

Узоқ вақт нам шароитда сакланган бетоннинг чўкиши секинлашади, аммо бетон чўкиш деформациясининг чегаравий қиймати таъсир кўрсатмайди.



1.6-расм. Бетоннинг чўкиш деформациясига омилларнинг таъсири.

Атроф муҳитнинг нисбий намлиги бетоннинг чўкиш деформациясига катта таъсир кўрсатади. Нисбий намликнинг ошиши билан бетоннинг

чўкиш деформацияси камаяди, акс ҳолда эса кўпаяди (1.6, г расм).

Атроф муҳитнинг температураси ҳам бетоннинг чўкиш деформациясига катта таъсир кўрсатиб, температура ошганда чўкиш деформацияси ҳам ошади, акс ҳолда эса камаяди (1.6, д расм).

Бетон чўкиш деформациясига намуналарнинг ўлчамлари ҳам таъсир курсатади. Кичик ўлчамдаги бетон намуналарда чўкиш деформациясининг қиймати ўлчамлари катта бўлган намуналардагига нисбатан катта бўлади (1.6, е расм).

Бетонда кечадиган чўкиш жараёнини ифодалаш учун қуйидаги эмпирик формуладан фойдаланиш мумкин

$$\varepsilon_{sh} = \varepsilon_{sh,lim} (1 - e^{-\lambda_{sh} t}), \quad (1.16)$$

бу ерда  $\varepsilon_{sh,lim}$  - бетон чўкиш деформациясининг чегаравий қиймати;  $\lambda_{sh}$  - тажриба асосида аниқланадиган чўкиш тезлигини ифодаловчи параметр ( $\text{сут}^{-1}$ );  $t$  - вақт, сут.

Бетоннинг чўкиши натижасида ҳосил бўладиган деформация икки йўл билан камайрилиши мумкин. Биринчи йўл, бу бетон таркибини танлаш, иссиқлик таъсирида бетонга ишлов берилаётганда ҳаво намлигини ошириш ва бетоннинг табиий қотиш жараёнида сиртини намлаш бўлса, иккинчи йўли, бу конструктив тадбирлар бўлиб, бино ва ишоотларда чўкиш чокларини ҳосил қилишдан иборат.

Бетонда чўкиш деформацияларини, камайтиришнинг кескин чораларидан бири, бу чўкмайдиган (киришмайдиган) цементларни ишлатишдир.

Бетоннинг сувда қотиши натижасида ҳосил бўладиган бўкиш (шишиш) деформацияси чўкиш деформациясига нисбатан 4...6 марта кам бўлади.

**Бетоннинг температура таъсиридан деформацияланиши.** Атроф муҳит температурасининг ўзгаришидан бетоннинг ўз ҳажмини ўзгартиришига бетоннинг температура таъсиридан деформацияланиши дейилади. Бетоннинг температура таъсиридан деформацияланиши икки қисмдан иборат бўлиб, деформациянинг биринчи қисми температуранинг ўзгаришига пропорционал равишда ўзгариб, қуйидаги формуладан аниқланади

$$\varepsilon_t = \alpha_T (T - T_0) = \alpha_T \cdot \Delta T, \quad (1.17)$$

бу ерда  $\alpha_T$  - бетоннинг температура таъсиридан чизикли кенгайиш коэффициентини;  $\Delta T$  - муҳит температурасининг ўзгаришидан ҳосил бўладиган фарқ, °С.

Температура таъсиридан ҳосил бўладиган бетон деформациясининг иккинчи қисми температура таъсиридан ҳосил бўладиган кучланишлардан вужудга келади. Бетон намуна ҳажми бўйича бир текис қиздирилганда температура таъсиридан ҳосил бўладиган деформациялар эркин ривожланади ва дастлабки кучланишлар ҳосил бўлмайди. Дастлабки ички кучланишлар бетон нотекис қиздирилганда ҳосил бўлади. Баъзи бир шароитда бу кучла-

нишлар таъсиридан бетонда ёриқлар пайдо бўлиши мумкин.

Нормал эксплуатацион шароитда (атроф муҳитнинг температураси -40°С дан +50°С гача ўзгарганда) ишлатиладиган бетоннинг чизикли кенгайиш коэффициенти  $(0,7...1)10^{-5}$  1/град га тенг бўлади. Бу коэффициентнинг қийматига цемент ва тўлдирувчиларнинг хили, бетон қоришмасининг таркиби, атроф муҳитнинг температураси ва нисбий намлиги, бетоннинг ёши ва унинг ўлчамлари катта таъсир кўрсатади.

Цемент тоши ва тўлдирувчиларнинг чизикли кенгайиш коэффициентлари ўртасидаги фарқ ҳам бетонда ички кучланишларнинг ҳосил бўлишига олиб келади. Атроф муҳитнинг температураси 100°С гача кўтарилганда бетонда ҳосил бўладиган ички кучланишларнинг миқдори унча катта бўлмайди ва бетоннинг ҳолатига таъсир қилмайди. 100°С дан юқори бўлган температуранинг таъсири бетоннинг деформацияланиш хоссасини кескин ўзгартириб юборади. Шунинг учун юқори температуралар таъсир қиладиган шароитда махсус бетонлар ишлатилади.

**Қисқа вақт таъсир қиладиган юклар билан бир марта юклардан ҳосил бўладиган деформациялар.** Қисқа вақт таъсир қиладиган юклар билан бир марта юкланган бетон намунада бўйлама ва кўндаланг деформациялар ҳосил бўлади. Бўйлама деформациянинг тўлиқ қиймати икки қисмдан иборат бўлиб, биринчи қисми эластик  $\varepsilon_{be}$ , иккинчи қисми эса пластик  $\varepsilon_{bpl}$  деформациялардан иборат (1.7, а расм). Бетонга қўйилган ташқи юкнинг таъсири йўқолганда эластик деформациялар тўлиқ орқага қайтадиган бўлса, пластик деформацияларнинг бир қисми  $\varepsilon_{b,ep}$  орқага қайтмайди. Бу қолдиқ деформациянинг бир қисми (тахминан 10%) вақт ўтиши билан орқага қайтади. Бу ҳодисага эластик сўнгги таъсир деб айтилади.

Кучланишларнинг миқдори  $R_{cr}^0$  - микроёриқлар пайдо бўлишининг қўйи шартли чегарасидан кичик бўлганда бетонда фақат эластик деформациялар ҳосил бўлади. Эластик деформациялар кучланишлар таъсиридан атомларни мувозанат ҳолатидан чиқарилиши натижасида содир бўлиб, кучланишлар таъсири йўқолганда атомлар ўзининг асл ҳолатига қайтади.

Кучланишларнинг миқдори  $R_{cr}^0$  дан  $R_{cr}^V$  микроёриқлар пайдо бўлишининг юқори шартли чегарасигача ўзгарганда бетон структурасининг юмшаши ва микроёриқларнинг пайдо бўлиши натижасида пластик деформация ҳосил бўлади.

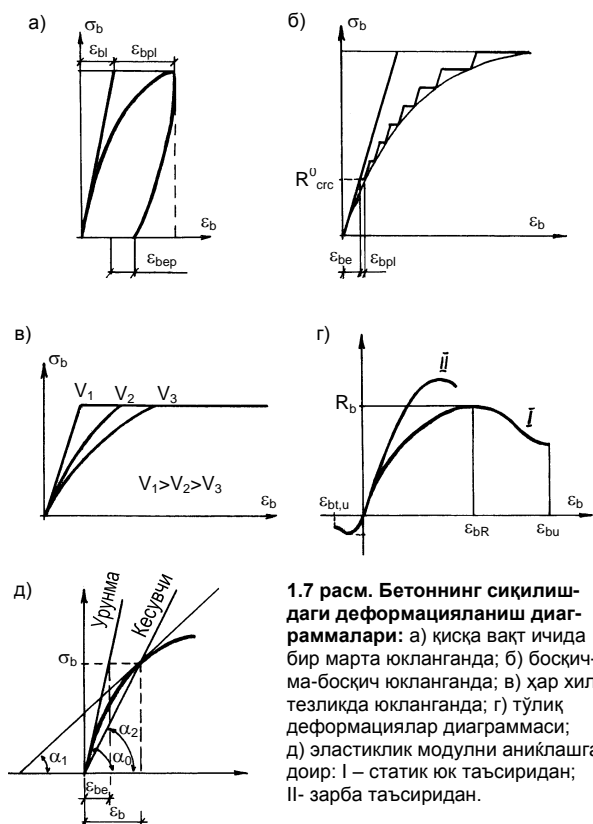
Кучланишларнинг миқдори  $R_{cr}^V$  дан катта бўлганда пластик ва бетоннинг қисқа вақт давомида сирпанишидан ҳосил бўладиган деформацияларнинг ривожланиши кескинлашади, микроёриқлар макроёриқларга аниқланиб бетон намуна бузилади.

Микроёриқлар пайдо бўлиш чегаралари шартли бўлиб, бетоннинг хили, мустаҳкамлиги, таркиби ва юклар тартибига боғлиқ. Тажрибалардан олинган



натижаларга биноан  $R_{\text{срс}}^0 = (0,3...0,5)R_b$ ,  $R_{\text{срс}}^v = (0,75...0,9)R_b$

Бетон намуна аста секинлик билан юкланиб, юклаш жараёнининг хар бир босқичида бўйлама деформациялар икки марта, намунага юк қўйилган вақтда ва бир оз вақт ўтгандан кейин ўлчанганда « $\sigma_b - \epsilon_b$ » диаграммаси 1.7, б расмда кўрсатилгандек поғона шаклида бўлади. Куч қўйилган вақтда ўлчанган деформациялар эластик (оний) деформацияларни ифодалайди. Эластик деформациялар кучланиш билан тўғри чизикли боғланган бўлиб, « $\sigma_b - \epsilon_b$ » диаграммада қиялик бурчаги ўзгармас бўлган чизик билан кўрсатилган. Юк остида ушлаб турилган вақтдаги бетоннинг деформациялари чизикли бўлмаган (эгри чизикли бўлган) қонун бўйича ўзгаради ва кучланиш миқдорининг ошиши билан кўпайиб боради. Бу деформациялар пластик характерга эга бўлиб, 1.7, б расмда кўрсатилган диаграммада горизонтал чизиклар билан кўрсатилган. Бетон намунани юклашда босқичларнинг сони жуда катта бўлганда « $\sigma_b - \epsilon_b$ » боғланишни ифодаловчи поғона шаклидаги синик чизик эгри чизикқа айланади.



1.7 расм. Бетоннинг сиқилишдаги деформацияланиш диаграммалари: а) қисқа вақт ичида бир марта юкланганда; б) босқичма-босқич юкланганда; в) ҳар хил тезликда юкланганда; г) тўлиқ деформациялар диаграммаси; д) эластиклик модулни аниқлашга доир: I – статик юк таъсиридан; II- зарба таъсиридан.

Шундай қилиб, бетоннинг эластик деформациялари бетон намунани оний тезлик билан юкланишига мос бўлиб, пластик деформациялар эса вақт давомида ривожланади ва намунани юклаш тезлигига боғлиқ бўлади. Юклаш тезлиги қанча юқори бўлса, эластик деформацияларнинг миқдори шунча кам бўлади. Юклаш тезлиги оний тезликка тенг бўлганда бетон фақат эластик ҳолатда деформацияланади. Ҳар хил тезлик билан қисқа вақт ичида

бир марта юкланган бетон намуналарда « $\sigma_b - \epsilon_b$ » боғланишлар 1.7, в расмда кўрсатилган.

Бетон мустаҳкамлигининг ошиши пластик ва қисқа вақт давомида сирпанувчанлик деформацияларини камайтиради. Синфи В45 дан юқори бўлган оғир бетонлар учун « $\sigma_b - \epsilon_b$ » боғланишни ифодаловчи диаграмма тўғри чизикқа яқин бўлади.

Қиймати ошиб борувчи куч билан юкланган бетон намуна учун « $\sigma_b - \epsilon_b$ » диаграммада энг катта кучланишга мос бўлган деформация намунанинг бузилиш вақтини характерлайди. Бу деформацияларнинг қийматлари бетонлар синфи, таркиби, зичлиги ва юклаш тезлигига боғлиқ. Тажрибалар асосида олинган натижаларга биноан марказий сиқилган бетон намуналарнинг бузилишини характерловчи деформациялар 0,001 дан 0,002 гача ўзгаради.

Бетон намуна юклаш жараёнида ўзгармас тезлик билан деформацияланганда ( $d\epsilon/dt = \text{const}$ ) « $\sigma_b - \epsilon_b$ » боғланишни ифодаловчи диаграмма 1.7, г расмда кўрсатилгандек бўлади. Бунда кучланишнинг миқдори максимумга эришгандан кейин « $\sigma_b - \epsilon_b$ » диаграммада пасайиб борувчи қисм ҳосил бўлади. Бетоннинг сиқилишдаги пасайиб борувчи участкага эга бўлган диаграммаси ҳам назарий, ҳам амалий жиҳадан катта аҳамиятга эга. Бу диаграмма конструкция элементлари кесимларида кучланишларнинг тақсимланишини анализ қилиш, мустаҳкамлик ва ёриқлар пайдо бўлишига чидамликни аниқлаш учун ишлатилади. Бундай тартибда юкланган бетон намуналарнинг бузилишини характерловчи деформациялар бетон мустаҳкамлиги, таркиби, зичлиги ва деформацияланиш тезлигига боғлиқ бўлиб  $\epsilon_{bu} = 0,00015... 0,0003$  ораликда ўзгаради.

Бетон намуна қисқа вақт таъсир қиладиган чўзувчи юклар билан юкланганда бетоннинг чўзилишдаги деформацияси сиқилишдагидек икки қисмдан, эластик ва пластик деформациялардан иборат бўлади. Чўзувчи кучланишларнинг миқдори жуда кичик бўлганда, бетон эластик ҳолатда деформацияланади. Чўзувчи кучланишларнинг миқдори ошган сари пластик деформациялар ҳам кескин кўпайиб боради. Ошиб борувчи юкларнинг бир марта таъсиридан бетоннинг бузилишини характерловчи деформациялар миқдори 0,00015 дан 0,0003 гача ўзгаради.

Чўзиладиган бетон ўзгармас тезлик билан деформацияланганда чўзилиш диаграммаси худди сиқилиш диаграммасидек пасайиб борувчи участкага эга бўлади (1.7, г расм). Бу режим билан чўзилишга синалган бетоннинг бузилишини характерловчи деформациянинг қиймати  $\epsilon_{bt,u} = 0,0003...0,0006$  ораликда ўзгаради.

$$\text{Бетоннинг кўндаланг деформацияси } v_b = \frac{\epsilon_{b2}}{\epsilon_{b1}}$$

коэффициенти билан характерланади. Бу ерда  $\epsilon_{b1}$  - бўйлама ва  $\epsilon_{b2}$  - кўндаланг деформациялар. Бетон қандай тартибда юкланишидан қатъий назар

кучланишларнинг унча катта бўлмаган қийматларида  $\nu_b$  - Пуассон коэффициентининг қиймати 0,13 дан 0,22 гача ўзгаради ва ҳамма бетонлар учун 0,2 га тенг қилиб олинади.

**Бетоннинг деформация модули.** Бетоннинг деформацияланувчанлик хоссасини характерлайдиган энг муҳим кўрсаткичларидан бири, бу бетоннинг эластиклик модулидир. Бетоннинг эластиклик модули темирбетон конструкцияларини эксплуатация қилишда деформацияланиши ва ёриқлар пайдо бўлишига чидамлилигини аниқлаш учун ишлатилади.

Умумий ҳолда бетондаги кучланиш билан тўлиқ деформациялар орасидаги боғланиш эгри чизикли бўлганлиги сабабли, бетоннинг эластиклик модули  $E_{be}$  фақат эластик деформациялар ҳосил бўладиган оний юклаш тартибига мос бўлади.

Бетоннинг эластиклик модули « $\sigma_b - \epsilon_b$ » диаграммага координата бошидан ўтказилган ўринма билан абцисса ўқи орасидаги бурчак тангенс орқали ифодаланади (1.7, д расм)

$$E_{be} = tg\alpha_0. \quad (1.18)$$

Эластик деформацияларга мос бўлган бетондаги кучланиш қуйидагига тенг бўлади

$$\sigma_b = E_{be} \cdot \epsilon_{be}. \quad (1.19)$$

Бетондаги кучланишларнинг миқдори  $\sigma_b = (0,2 \dots 0,3)R_b$  бўлганда бетон эластик ҳолатда деформацияланади ва кучланиш билан деформация орасидаги боғланиш чизикли ўзгаради деб қабул қилиниши мумкин. Кучланишларнинг миқдори  $0,3R_b$  дан катта бўлганда кучланиш билан деформация орасидаги боғланиш эгри чизикқа айланиб, кучланишнинг ошиши билан бетоннинг эластиклик модули камайиб боради. Бу ҳолатда бетоннинг эластиклик модули « $\sigma_b - \epsilon_b$ » диаграммада берилган кучланишга мос бўлган нуктадан ўтказилган уринма билан абцисса ўқи орасидаги  $d_l$  бурчак тангенс орқали ифодаланади. Кучланиш миқдорининг ошиши билан бурчак кичради ва бу эластиклик модулининг камайишига олиб келади.

Кучланиш билан тўлиқ деформация орасидаги аналитик боғланиш  $\sigma_b = f(\epsilon_b)$  маълум бўлган тақдирда, бетоннинг эластиклик модули кучланишнинг ихтиёрий қийматида қуйидаги ифодадан аниқланиши мумкин

$$E_{be} = d\sigma_b / d\epsilon_b. \quad (1.20)$$

Темирбетон конструкцияларини ҳисоблашда бетоннинг ўртача эластик-пластик модулидан фойдаланилади. Бетоннинг эластик-пластик модули « $\sigma_b - \epsilon_b$ » диаграммада берилган кучланишга мос бўлган нукта билан координата бошини бирлаштирувчи кесма ва абцисса ўқи орасидаги бурчак тангенс билан ифодаланади

$$E_{b,pl} = tg\alpha_2. \quad (1.21)$$

Бетондаги кучланиш билан тўлиқ деформациялар орасидаги боғланиш қуйидаги формула орқали ифодаланади

$$\sigma_b = E_{b,pl} \cdot \epsilon_b. \quad (1.22)$$

(1.19) ва (1.22) формулаларнинг чап томонларидаги кучланишлар бир-бирига тенг бўлганлиги учун ўнг томондаги ифодаларни тенглаштирамиз

$$E_{b,pl} \cdot \epsilon_b = E_{be} \cdot \epsilon_{be}. \quad (1.23)$$

(1.23) ифодадан бетоннинг эластик-пластик модули қуйидагига тенг бўлади

$$E_{b,pl} = E_{be} \frac{\epsilon_{be}}{\epsilon_b} = \nu_b \cdot E_{be}, \quad (1.24)$$

бу ерда  $\nu_b$  - бетоннинг эластиклик коэффициенти.

Бетоннинг эластик-пластик модулини пластик коэффициенти  $\lambda_b$  орқали ҳам ифодалаш мумкин

$$E_{b,pl} = E_{be} \frac{\epsilon_{be}}{\epsilon_b} = E_{be} \frac{\epsilon_b - \epsilon_{b,pl}}{\epsilon_b} = (1 - \lambda_b) E_{be}, \quad (1.25)$$

бу ерда  $\lambda_b = \frac{\epsilon_{b,pl}}{\epsilon_b}$  - бетоннинг пластиклик коэффициенти.

Назарий жиҳатдан эластиклик коэффициенти-нинг қиймати бетон эластик ҳолатда ишлаганида бирга тенг бўлиб нолгача камайиб боради. Амалда эса  $\nu_b$  коэффициенти-нинг қиймати 1...0,3 оралиғида ўзгаради.

Амалий ҳисоблашларда табиий шароитда қотадиган оғир бетонларнинг эластиклик модули Рош формуласидан аниқланиши мумкин

$$E_{be} = \frac{55000R_m}{18,8 + R_m}, \quad (1.26)$$

бу ерда  $R_m$  - бетоннинг ўрта статистик кубик муштаҳкамлиги.

Бетонга иссиқлик таъсирида ишлов берилган бўлса, унинг эластиклик модули табиий шароитда қотган бетон эластиклик модулига нисбатан 10% гача, автоклавда ишлов берилган бўлса (20... 25)% гача камаяди.

Энгил бетонларнинг эластиклик модули бир хил синфдаги оғир бетонларнинг эластиклик модулидан анча кам бўлиб, тўлдирувчиларнинг хилига боғлиқ бўлади.

Марказий чўзилишда бетоннинг эластиклик модули  $E_{bt}$  сиқилишдаги эластиклик модулига тенг қилиб олинади. Бетоннинг эластик-пластик модули чўзилиш ҳолатида қуйидаги формуладан аниқланади.

$$E_{bt,pl} = \nu_{bt} E_{be}, \quad (1.27)$$

бу ерда  $\nu_{bt}$  - бетоннинг чўзилиш ҳолатидаги эластиклик коэффициенти.

Бетондаги чўзувчи кучланишларнинг миқдори

$\sigma_{bt} = R_{bt}$  бўлганда коэффициентининг ўртача қиймати 0,5 га тенг бўлади. У вақтда

$$E_{bt,pl} = 0,5 \cdot E_{be}, \quad (1.28)$$

Чўзилишда бетоннинг чегаравий деформацияси

$$\varepsilon_{bt,u} = \frac{R_{bt}}{E_{bt,pl}} = 2 \cdot \frac{R_{bt}}{E_{be}}. \quad (1.29)$$

Бетоннинг силжиш модулини эластиклар назариясида қўлланиладиган куйидаги формуладан аниқлаш мумкин

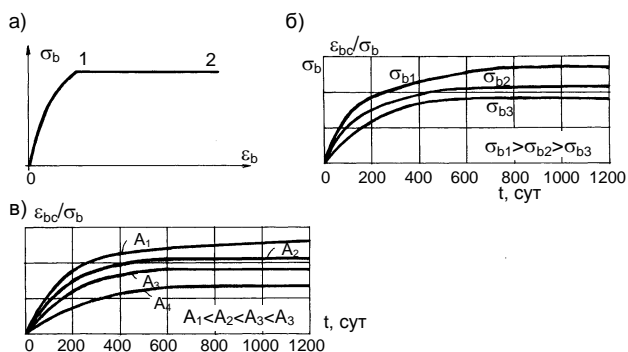
$$G = E_{be} / [2(1 + \nu_b)] \quad (1.30)$$

бу ерда  $\nu_b$  - Пуассон коэффициенти.

Бетонлар учун Пуассон коэффициентининг ўртача қиймати  $\nu_b = 0,2$  га тенг. У вақтда силжиш модули  $G = 0,4 \cdot E_{be}$ .

**Давомли юклар таъсирдан бетоннинг деформацияланиши.** Давомли юклар таъсирдан бетон деформацияси кўпайиб боради ва бу жараён 4...5 йил ва ундан кўп муддатгача давом этади. Давомли юк таъсирдан бетон деформациясининг кескин ошиши биринчи 4... 5 ой давомида кузатилади.

Давомли юклар таъсирдан бетоннинг сиқилиш ҳолатида бетон деформациясининг ривожланиши 1,8, а расмда кўрсатилган. Диаграмманинг 0-1 қисми намуна юкланган вақтдаги бетон деформациясини характерлайди ва бу участканинг эгрилиги намунани юклаш тезлигига боғлиқ бўлади. Диаграммадаги 1-2 участка давомли юклар билан юкланган бетоннинг доимий кучланишлар таъсирдан деформациясининг ошишини характерлайди. Вақт ўтиши билан деформациянинг ошиши секинлашади ва маълум бир чегаравий қийматга интилади.



**1.8 расм. Бетоннинг давомли юклар таъсирдан деформацияланиши:** а) « $\sigma_b - \varepsilon_b$ » диаграммаси; б) сирпаниш деформациясининг кучланишлар миқдорига ва в) намуна ўлчамларига боғлиқлиги.

Давомли юклар таъсирдан деформациянинг ошишини характерлайдиган бетон хоссасига бетоннинг с и р п а н у в ч а н л и г и дейилади.

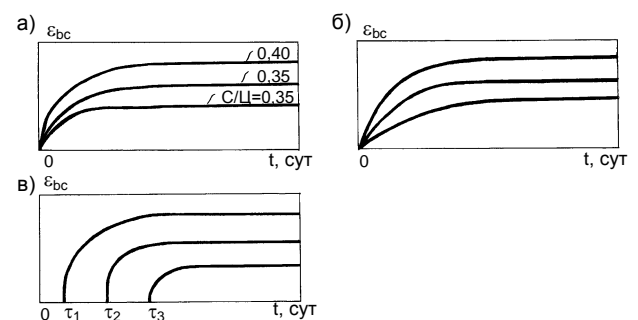
Тажрибалар асосида олинган натижалар шуни

кўрсатадики кучланиш миқдорининг ошиши билан бетонда сирпанувчанлик деформацияси ҳам ошади. Ҳар хил миқдордаги кучланишлар таъсирдан бетон деформациясининг вақт давомида ўзгариши 1,8, б расмда кўрсатилган.

Кўпчилик муаллифлар томонидан таклиф қилинган фаразларга биноан бетоннинг сирпанувчанлиги зўриқишларнинг вақт давомида кальций гидросиликатлари ҳосил қилган гелдан цемент тошининг кристал ўсимталарига қайта тақсимланиши ва доимий статик юклар таъсирдан бетонда маҳаллий микроёриқларнинг пайдо бўлиши натижасида содир бўлади деб қаралади. Аммо сирпаниш деформациясининг механизми ва физик моҳияти очиб берилмайди.

Флуктуацияга асосланган мустаҳамлик назарияси ва молекулалар орасидаги боғланишлар бузилиш механизмини молекуляр-кинетик даражада тасаввур қилиш асосида А.Е.Шейкин таклиф қилган бетон ва бетон сирпанувчанлигининг физик моҳиятини ифодаловчи фарази диққатга сазовордир.

Бетоннинг сирпанувчанлигини ўрганиш мақсадида олимлар томонидан кенг кўламда тажрибалар ўтказилган. Бу тажрибалар асосида тўпланган материаллар асосида бетоннинг давомли деформацияланишига таъсир қиладиган асосий омилларни келтириш мумкин. Бетоннинг сирпанувчанлик деформациясига асосан намунанинг ўлчамлари, цементнинг миқдори, сувнинг цементга бўлган нисбати (С/Ц), муҳитнинг намлиги, бетоннинг юклаш вақтидаги ёши ва бошқа омиллар катта таъсир кўрсатади. Бетон намуна ўлчамларининг кичрайиши сирпанувчанлик деформациясининг ошишига олиб келади (1.8, в расм). Цемент миқдорининг ихтиёрий қийматида сув-цемент нисбатининг (С/Ц) ошиши билан сирпанувчанлик деформацияси кўпаяди (1.9, а расм). Атроф муҳит нисбий намлигининг камайиши натижасида бетон сирпанувчанлик деформациясининг ошиши 1,9,б-расмда кўрсатилган. 1.9, в расмда сирпанувчанлик деформациясининг бетон ёшига нисбатан ривожланиши кўрсатилган.



**1.9-расм. Бетон сирпаниш деформациясининг сув-цемент нисбатидан (а), намликдан (б) ва юклаш вақтидан (в) боғлиқлиги**

Бетон таркибидаги тўлдирувчилар цемент тошининг сирпанувчанлик деформациясининг риво-

жланишига тўсқинлик қилади. Бетоннинг сирпанувчанлик деформацияси бир бирлик ҳажмда тўлдирувчилар эгаллаган ҳажмга пропорционал равишда камаяди. Тўлдирувчиларнинг мустаҳкамлиги ва эластик модули қийматининг ошиши билан бетон сирпанувчанлиги натижасида ҳосил бўладиган деформациялар камаяди.

Бетоннинг сирпанувчанлиги нафақат сиқилишда, балким чўзилиш, эгилиш ва буралишда ҳам содир бўлади. Бетоннинг чўзилиш, эгилиш ва буралишда сирпанувчанлиги жуда кам ўрганилган.

Тажрибалардан олинган натижалар шунни кўрсатадики, умуман олганда, бетоннинг давомли деформацияланиши эгри чизик билан характерланади. Давомли таъсир қиладиган юкларнинг кичик миқдорида сиқувчи кучланиш билан сирпанувчанлик деформацияси орасидаги боғланиш чизикли деб қаралиши мумкин. Давомли юк миқдорининг ошиши билан кучланиш билан деформация ўртасидаги чизикли боғланиш эгри чизикда айлана боради. Чизикли сирпанувчанлик соҳасидан ночизикли соҳага ўтиш чегараси, тахминан, микроёриқлар пайдо бўлишининг шартли қуйи чегараси  $R_{сгс}^0$  билан мос тушади. Чизикли сирпанувчанлик бетон структурасининг зичлаши билан боғлиқ бўлиб вақт давомида сўниб боради ва ўзининг чегаравий маълум бир қийматига интилади. Бетондаги кунланиш  $\sigma_b > R_{сгс}^0$  бўлганда сирпанувчанлик деформациясига бетон структурасининг юмшаши ва унда вақт давомида микроёриқларнинг пайдо бўлишидан ҳосил бўладиган деформациялар кўшилади. Кучланишларнинг миқдори  $\sigma_b < R_{сгс}^0$  бўлса бетон структурасининг бузилиш жараёни чегараланган бўлиб, вақтинчалик характерга эга бўлади.  $\sigma_b > R_{сгс}^0$  бўлганда эса бетон структурасининг бузилиши ривожлана бориб маълум вақт ўтгандан кейин бетон бузилади.

Сирпанувчанлик деформациясининг миқдорини ифодалаш учун сирпанувчанлик характеристикаси ва сирпанувчанлик меъёри деган тушинчалар қўлланилади.

Сирпанувчанлик деформациясининг  $t$  вақтдаги қийматининг дастлабки эластик деформацияга нисбати сирпанувчанлик характеристикасини ифодалайди

$$\varphi_t = \frac{\varepsilon_{b,pl}(t)}{\varepsilon_{be}}. \quad (1.31)$$

Сирпанувчанлик меъёри кучланиш миқдорининг 0,1 МПа га ошишидан ҳосил бўладиган  $t$  вақтдаги бетон сирпанувчанлик деформациясини ифодалайди ва сирпанувчанлик деформациясининг кучланишга нисбати орқали аниқланади

$$C_t = \frac{\varepsilon_{b,pl}(t)}{\sigma_b}. \quad (1.32)$$

Сирпанувчанлик характеристикаси билан сирпанувчанлик меъёри ўртасида қуйидаги боғланиш мавжуд

$$C_t = \varphi_t E_b. \quad (1.33)$$

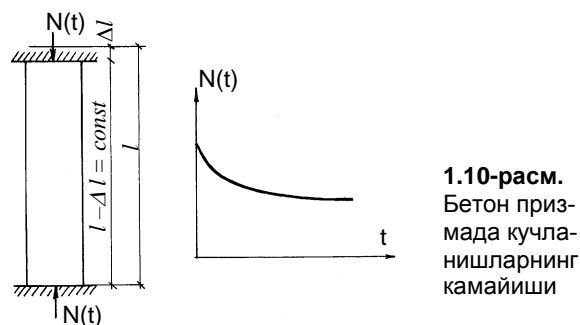
Сирпанувчанлик характеристикасининг ўзгариш қонунини аналитик равишда ифодалаш учун қуйидаги боғланишдан фойдаланиш қулайдир

$$\varphi_t = \varphi_{lim} (1 - e^{-\lambda_c t}), \quad (1.34)$$

бу ерда  $\varphi_{lim}$  - сирпанувчанлик характеристикасининг  $t = \infty$  вақтдаги чегаравий қиймати;  $\lambda_c$  - сирпанувчанлик тезлигини ифодаловчи, тажрибадан аниқланадиган параметр, сут<sup>-1</sup>;  $t$  - вақт, сут.

Эксплуатация қилиш шароитида юкларнинг нисбатан катта бўлмаган қийматларида бетоннинг сирпанувчанлик деформацияси дастлабки эластик деформациялардан 2...3 марта катта бўлиши мумкин.

Бетон сирпанувчанлиги билан кучланишларнинг камайиши (релаксацияланиши) ходисаси ўзвий боғлангандир. Агар бетон призмада дастлабки  $\varepsilon_{be}$  деформация ва сиқувчи  $\sigma_b$  кучланиш ҳосил қилиб, ундан кейин призма узунлигининг ўзгармаслигини таъминловчи боғланишлар ёрдамида унинг кейинги деформацияланиши чекланса, ихтиёрий  $t$  вақтдаги кучланиш призмадаги дастлабки  $\sigma_b$  кучланишдан кам бўлади. Бу боғланишлардаги зўриқишлар қийматининг ҳам камайишига олиб келади (1.10 расм).



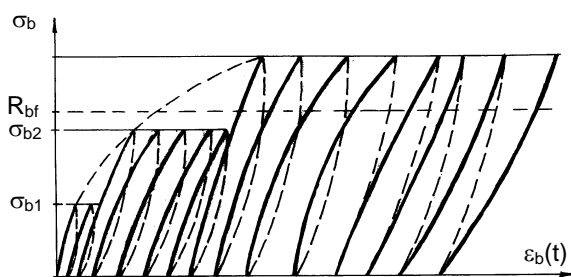
**1.10-расм.**  
Бетон призмада кучланишларнинг камайиши

Дастлабки деформацияларнинг ўзгармаган ҳолатида бетондаги дастлабки кучланишларнинг камайишини характерловчи бетоннинг хоссасига кучланишнинг камайиши (релаксацияланиши) дейилади.

Бетон сирпанувчанлиги ва кучланишларнинг камайиши темирбетон конструкцияларнинг ташқи юклар таъсиридан ишлаш ҳолатига катта таъсир кўрсатади. Бетон сирпанувчанлиги конструкцияларни ёриқлар пайдо бўлишига чидамлик ва деформация бўйича ҳисоблашда, конструкция устиворлигини текширишда ҳамда статик ноаниқ конструкцияларда ички зўриқишларни аниқлашда эътиборга олинади. Кучланишларнинг камайиши эса, статик ноаниқ конструкцияларда таянчлар чўкиши натижасида ҳосил бўладиган кучланиш ҳолатини аниқлашда ва бошқа ҳолатларда эътиборга олинади.

**Юкларнинг кўп марта такрор-такрор таъсиридан бетоннинг деформацияланиши.** Бетон

намунани сиқувчи юклар билан юклаш ва юк таъсиридан бўшатиш даври бир неча марта такрорланганда бетондаги пластик деформациялар аста секин йиғилиб боради. Юклаш ва юк таъсиридан бўшатиш даври жуда кўп марта такрорланганда бетондаги кучланишларнинг миқдори  $\sigma_b < R_{bf}$  бўлса, пластик деформациялар ўзининг чегаравий қийматига эришиб бетон эластик ҳолатда деформациялана бошлайди. Ҳар бир даврдан кейин қолдиқ деформацияларнинг йиғилиб бориши ва « $\sigma_b - \varepsilon_b$ » боғланишни ифодаловчи эгри чизикнинг эластик деформацияларга мос бўлган тўғри чизикка айланиши 1.11 расмда кўрсатилган.



1.11-расм. Юкларнинг кўп марта такрор-такрор таъсиридан бетоннинг деформацияланиши.

$\sigma_b > R_{bf}$  кучланиш билан бир неча давр юклар ва юк таъсиридан бўшатиш билан бетонда пластик деформациялар чегараланмаган миқдорда ривожланиб боради ва бетон намуна бузилиш ҳолатига келиб қолади. Бунда « $\sigma_b - \varepsilon_b$ » боғланишни ифодаловчи ковариқ эгри чизик ботиқ эгри чизикка айланиб, абсцисса ўқи билан ташкил қиладиган бурчаги кичраиб боради (1.11 расм).

Юкларнинг кўп марта такрор-такрор таъсиридан « $\sigma_b - \varepsilon_b$ » боғланишни ифодаловчи ковариқ эгри чизикнинг ботиқ эгри чизикка айланишига юк таъсиридан бўшатиш билан бетонда эластик зўриқишлар таъсиридан қўшимча ёрилишларнинг пайдо бўлиши сабаб бўлади. Юк таъсиридан бўшатиш даврининг кўпайиши ва кучланиш даражасининг ошиши билан бу ёриқлар катталашади.

Юклар кўп марта такрор-такрор таъсир қилганда бетондаги кучланишларнинг миқдори унча катта бўлмаса, бетоннинг дастлабки эластиклик модули кам миқдорда ўзгаради. Кучланишларнинг миқдори бетоннинг давомли мустаҳкамлигига тенг бўлганда ( $\sigma_b = R_{bf}$ ) эластиклик модулни қиймати 20% гача камаёди.

## 1.2. Арматура

**Арматуранинг қўлланилиши ва хиллари.** Ҳисоблаш ёки амалий ва технологик талаблар бўйича бетон танасига жойлаштириладиган пўлат стерженларга арматура деб айтилади. Конструкцияларнинг ташқи юклар таъсиридан ишлаш характери қараб арматуралар асосан пайвандланган синчлар ва турлар сифатида жойлаштирилади. Ар-

матуралар конструкцияларда ҳосил бўладиган чўзувчи кучланишларни қабул қилиш ҳамда бетоннинг сиқилишдаги мустаҳкамлигини ошириш учун хизмат қилади. Арматуралар асосан пўлатлардан тайёрланади. Баъзи ҳолларда темир-бетон конструкцияларни жиҳозлаш учун шиша-пластиклардан тайёрланган арматуралар ҳам ишлатилади. Шиша-пластик арматураларнинг таннархи пўлатдан тайёрланадиган арматураларнинг таннархига нисбатан анча қиммат бўлганлиги учун фақат махсус талаблар қўйиладиган жиҳозлаш учун ишлатилади.

Темирбетон конструкцияларни жиҳозлаш учун ишлатиладиган арматуралар ишчи, конструктив ва монтаж арматураларга бўлинади. Конструкцияларни жиҳозлаш учун зўриқишларнинг қийматларига мос равишда ҳисоб орқали топиладиган арматуралар **ишчи арматуралар** деб аталади. Ишчи арматуралар конструкцияларда бўйлама, кўндаланг ва қия ҳолатда жойлаштирилиши мумкин. Конструкцияларни жиҳозлаш учун конструктив ва технологик талаблар асосида қабул қилинадиган арматуралар **конструктив** ва **монтаж арматуралар** деб айтилади. Конструктив арматуралар ҳисоб йўли билан эътиборга олинмайдиган зўриқишларни (бетоннинг чўкиши ва температура таъсиридан) қабул қилиш ва бу зўриқишларни бошқа арматураларга текис тақсимлаб бериш учун хизмат қилади. Монтаж арматуралар ишчи арматураларнинг лойиҳавий ҳолатини таъминлайди ва уларни бирлаштириб синчлар ҳосил қилади.

Темирбетон конструкцияларининг асосий элементларини (тўсин, плита, устун) арматуралар билан жиҳозлаш ва арматураларнинг хиллари 1.12-расмда кўрсатилган.

Бўйлама ишчи арматуралар (1) тўсинларнинг чўзиладиган толаларига яқин жойлаштирилади ва бўйлама чўзувчи зўриқишларни қабул қилиш учун хизмат қилади. Кўндаланг (2) ва қия (3) ишчи арматуралар эса кесувчи кучлардан ҳосил бўладиган чўзувчи зўриқишларни қабул қилади. Монтаж арматуралар (4) ёрдамида кўндаланг арматуралар бирлаштирилиб ясси синчлар ҳосил қилинади. Ўз навбатида ясси синчлар бирлаштирилиб ҳажмий синчларни ҳосил қилади.

Плиталарда бўйлама ишчи арматуралар (1) эгувчи момент эпюрасига мос равишда чўзиладиган толаларга яқин жойлаштирилади. Агар плита бўйининг энига нисбати 2 дан катта бўлса, ишчи арматуралар плитанинг қисқа томони, эни бўйича жойлаштирилади. Чунки бундай плиталарда қисқа томони бўйича эгувчи моментларнинг қиймати плита бўйи бўйича ҳосил бўладиган эгувчи моментлар қийматидан катта бўлади. Тақсимловчи арматуралар (5) плитанинг бўйи бўйича, яъни ишчи арматураларга перпендикуляр равишда жойлаштирилади. Бунда, тақсимловчи арматуралар ўз навбатида монтаж арматуралар вазифасини бажаради. Плита бўйининг энига нисбати 2 дан кичик бўлганда, плита ишчи арматуралар билан икки йўналишда

жиҳозланади.

Устунларда бўйлама ишчи арматуралар (1) устун кўндаланг кесим юзаси бўйича тенг жойлаштирилади ва бетон билан бирга сиқувчи зўриқишларни қабул қилиш учун хизмат қилади. Бўйлама ишчи арматуралар бир-бири билан амалий талаблар бўйича қабул қилинадиган кўндаланг арматуралар (2) ёрдамида бирлаштирилиб, фазовий (ҳажмий) синч ҳосил қилинади.

Тайёрланиш усулига қараб арматуралар иссиқ ҳолатда чиғирлаш йўли билан олинадиган стерженли ва совуқ ҳолатда чўзиб тайёрланадиган сим арматураларга бўлинади.

Сиртининг кўринишига қараб, арматуралар сирти текис ва сиртида даврий қовурғалар ҳосил қилинган арматураларга бўлинади. Сиртида даврий қовурғалар ҳосил қилинган арматуралар сирти текис бўлган арматураларга нисбатан бетон билан яхши боғланади.

Қўлланиш усулига қараб, арматуралар таранглаштириладиган, таранглаштирилмайдиган оддий арматураларга ажратилади.

Стержен ва сим шаклидаги арматуралар эгилувчан арматуралар деб аталади. Темирбетон конструкцияларни жиҳозлаш учун эгилувчан арматуралардан ташқари чиғирлаш ва пайвандлаш йўли билан тайёрланадиган кўштавр, швеллер, бурчак ишлатилади. Бу хилдаги арматуралар бикр арматуралар деб аталади.

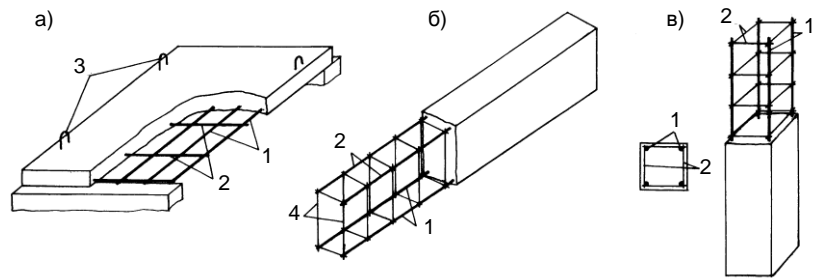
Стерженли арматуралар "А" ҳарфи ва рим рақами билан белгиланади ва олти синфдан иборат бўлади: А-I, А-II, А-III, А-IV, А-V, А-VI.

Стерженли арматураларнинг мустаҳкамликлари термик ишлов бериш ва чўзиш йўли билан оширилиши мумкин. Термик ишлов берилган арматуралар "А" ва "т" ҳарфлари ҳамда рим рақами билан белгиланиб, тўрт синфдан иборат бўлади: Ат-III, Ат-IV, Ат-V, Ат-VI. Чўзиш йўли билан мустаҳкамлиги оширилган арматура битта синфдан иборат бўлиб, А-IIIв кўринишда белгиланади.

Совуқ ҳолда чўзиб тайёрланадиган сим арматуралар "В" ҳарфи ва рим рақами билан белгиланади: Вр-I, Вр-II, Вр-III.

Синфлари А-I ва В-II бўлган арматураларнинг сиртлари текис бўлиб, қолган синфларга мансуб бўлган арматураларнинг сиртларида даврий қовурғалар ҳосил қилинган бўлади.

Таранглаштирилмайдиган арматуралар сифатида А-I, А-II, А-III, Ат-IVс, А-V, А-VI ва Вр-I синфли арматуралар қўлланилади. А-I ва А-II синфдаги арматуралар эса кўндаланг стерженлар сифатида ишлатилади. Бўйлама арматура сифатида бошқа синфдаги арматураларни қўллаш мумкин бўлмаган ҳолларда А-I ва А-II синфдаги арматуралар бўйлама арматуралар сифатида ҳам қўллани-



**1.12-расм. Темирбетон элементларни арматуралар билан жиҳозлаш:** а) плита; б) тўсин; в) устун; 1 – ишчи арматура; 2 – конструктив арматура; 3 – мантаж арматура; 4 – кўндаланг арматура.

лиши мумкин. Ат-IVс синфли арматуралар пайвандланган синч ва турларнинг бўйлама арматуралари сифатида, А-IV, А-V ва А-VI синфли арматуралар эса, тўқилган синч ва турларнинг бўйлама арматуралари сифатида ишлатилади. Синфлари А-V ва А-VI бўлган арматуралар фақат сиқилишга ишлайдиган элементларни жиҳозлаш учун ишлатилади. Таранглаштирилмайдиган арматуралар сифатида синфи А-III бўлган арматурани қўллаш мақсадга мувофиқдир.

Таранглаштириладиган арматураларнинг синфлари конструкциянинг узунлигига мос равишда танланади. Узунлиги 12 метргача бўлган конструкцияларни жиҳозлаш учун асосан Ат-IV ва Ат-V синфдаги арматуралар ишлатилади. Шу билан бирга таранглаштириладиган арматуралар сифатида синфлари В-II ва Вр-II бўлган симлар, К-7 ва К-19 синфдаги арқон арматуралар ҳамда синфлари А-IIIв, А-IV, А-V ва А-VI бўлган стержен арматураларни ишлатиш рухсат этилади. Узунлиги 12 метрдан катта бўлган конструкциялар учун синфлари В-II ва Вр-II бўлган симлар ҳамда К-7 ва К-19 синфдаги арқон арматуралар ишлатилади. Шу билан бирга синфлари А-IV, А-V, А-VI, Ат-VIс ва А-IIIв бўлган арматураларни ишлатиш ҳам рухсат этилади.

Агрессив муҳитда ишлайдиган конструкцияларни жиҳозлаш учун А-IV ва термомеханик усул билан мустаҳкамлиги оширилган Ат-VIк, Ат-Vсс ва Ат-IVк синфли арматуралар ишлатилади.

Арматура синфларига қўшилган «к» ҳарфи арматуранинг коррозия таъсиридан ёрилишга чидамлилиги юқори эканлигини, «с» ҳарфи арматураларни пайвандлаш мумкинлигини, «ск» ҳарфлар эса арматурани ҳам пайвандлаш, ҳам коррозиядан ёрилишга чидамлилигини кўрсатади.

**Арматуранинг физик ва механик хоссалари.** Арматуранинг физик ва механик хоссалари пўлатнинг кимёвий таркиби, ишлаб чиқариш усули ва унга ишлов берилишига боғлиқ. Соф металнинг (ферритнинг) чўзилишдаги чегаравий мустаҳкамлиги нисбатан юқори бўлмайди. Арматура тайёрланадиган пўлатнинг чўзилишдаги мустаҳкамлигини ошириш ва нисбий чўзилишини камайтириш мақсадида пўлатнинг таркибига угле-

род ва легировчи (боғловчи) қўшимчалар (марганец, кремний, хром, титан ва х.о) қўшилади. Аммо пўлат таркибига қўшиладиган углерод унинг пластиклик ва пайвандланиш хоссаларини ёмонлаштиради. Шунинг учун пўлат таркибидаги углероднинг миқдори чегараланган бўлиб (0,2...0,35) % ташкил қилади. ФРГ, Япония ва бошқа иқтисодий жиҳатдан ривожланган мамлакатларда ишлаб чиқариладиган арматура таркибидаги углерод миқдори 0,26% дан ошмайди.

Пўлат таркибига қўшиладиган марганец (Г) ва хром (Х) унинг деформацияланиш хоссасини унча кўп камайтирмаган ҳолда мустаҳкамлигини оширади. Кремний (С) эса, пўлатнинг мустаҳкамлигини ошириб пайвандланиш хоссасини камайтиради.

Қиммат турадиган легировчи қўшимчаларнинг сарфини камайтириш мақсадида пўлат мустаҳкамлиги унга термик ишлов бериш ва чўзиш йўли билан оширилади.

Арматурани киздириб ишлов беришда, дастлаб арматура (800...900)°С температурагача киздирилади ва кескин совутилади. Ундан кейин арматура (300...400)°С гача киздирилиб табиий шароитда секинлик билан совутилади.

Собиқ СССРда дунёда биринчи бўлиб киздириб ишлов бериш йўли билан арматура мустаҳкамлигини оширишнинг янги термомеханик усули билан мустаҳкамликни ошириш технологияси яратилган ва жорий қилинган эди. Бу технология бўйича пўлат махсус киздирилмасдан, чиғирлаш жараёнида пўлатда йиғилган иссиқлик ҳисобига чиниқтирилади. Бундай технология билан пўлат мустаҳкамлигини ошириш таннархи ва унга кетадиган меҳнат сарфи ФРГ ва Японияда қўлланиладиган усул таннархидан 10 марта камдир. Бу технология бўйича ҳар йили диаметрлари (10... 18) мм бўлган Ат-V ва Ат-VI синфли арматуралардан 0,5 млн. тоннагача ишлаб чиқарилади.

Арматура мустаҳкамлигини механик чўзиш йўли билан оширишда унда оқувчанлик чегарасига мос бўлган  $\sigma_{sv}$  кучланишдан катта бўлган чўзувчи кучланишлар ҳосил қилинади (1.13, а расм) ва арматура бу кучланиш таъсиридан бўшади. Кучланиш таъсиридан бўшган стержен ўзининг дастлабки ҳолатига К-Л тўғри чизик бўйича қайтади. Стерженда 0-Л кесмага тенг бўлган қолдик пластик деформация ҳосил бўлади. Стержен қайта юкланганда Л-К тўғри чизик бўйлаб эластик ҳолатда деформацияланади. Чунки стержен пластик деформациялардан биринчи марта юкланганда холи бўлган эди. Бунда арматуранинг чўзилиш диаграммаси дастлабки диаграммадан фарқ қилиб оқувчанлик ва мустаҳкамлик чегаралари анча ошди.

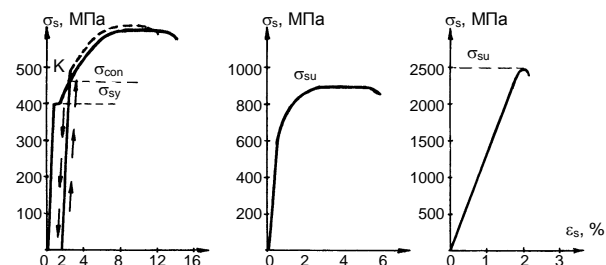
Арматура учун ишлатиладиган пўлатларнинг асосий механик хоссалари чўзилишдаги « $\sigma_s - \epsilon_s$ » диаграммаси билан характерланади. Пўлатларнинг чўзилишдаги « $\sigma_s - \epsilon_s$ » диаграммаси стандарт пўлат намуналарни чўзишга синашдан қурилади. « $\sigma_s - \epsilon_s$ » диаграмманинг характериға караб арматура учун

ишлатиладиган пўлатлар уч гурпуға бўлинади:

1 - яққол ифодаланган оқувчанлик чегарасига эға бўлган юмшоқ пўлатлар;

2 - оқувчанлик чегараси яққол ифодаланмаган пўлатлар (легировчи қўшимчалар қўшиш ва қиздириб ишлов бериш йўли билан мустаҳкамлиги оширилган пўлатлар);

3 - бузилиш ҳолатигача эластик ҳолатда чизикли деформацияланадиган пўлатлар (юқори мустаҳкамликка эға бўлган симлар).



1.13-расм. Пўлат арматураларнинг деформацияланиш диаграммалари: а) юмшоқ пўлат; б) кам миқдорда лигерланган пўлат в) юқори мустаҳкамликка эға бўлган сим.

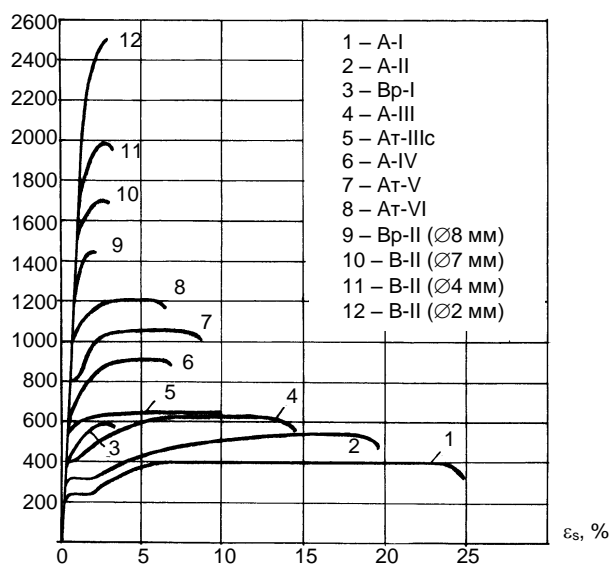
Яққол ифодаланган оқувчанлик чегарасига эға бўлган пўлатлар учун (синфлари А-I, А-II ва А-III бўлган арматуралар) асосий мустаҳкамлик характеристикаси сифатида физик оқувчанлик чегарасига мос бўлган кучланиш қабул қилинади. Оқувчанлик чегараси яққол ифодаланмаган пўлатлар учун (А-IV, А-V, А-VI, Ат-IV, Ат-V, Ат-VI синфли ва бошқа арматуралар) асосий мустаҳкамлик характеристикаси сифатида шартли эластиклик чегараси  $\sigma_{0,02}$  ва шартли оқувчанлик чегараси  $\sigma_{0,2}$  қабул қилинади;  $\sigma_{0,02}$  - арматурада 0,02% қолдик деформация ҳосил қилувчи кучланиш миқдори;  $\sigma_{0,2}$  - арматурада 0,2% қолдик деформация ҳосил қилувчи кучланиш. Сим арматуралар учун асосий механик характеристика сифатида симнинг узилиш ҳолатига мос бўлган  $\sigma_{su}$  кучланиш - вақтинчалик қаршилиги қабул қилинади. Бундан ташқари чўзилиш диаграммасини характерлашда арматуранинг чўзилишдаги мустаҳкамлик чегараси  $\sigma_{su}$ , бир текисда нисбий узайиши  $\epsilon_{su}$ , узилгандан кейинги нисбий узайиш деформацияси  $\delta$  ҳам қўлланилади.

Арматура учун ишлатиладиган пўлатларнинг механик характеристикаларини аниқ тасаввур қилиш мақсадида 1.14 расмда пўлатларнинг чўзилишдаги диаграммалари келтирилган.

Темирбетон конструкцияларни жиҳозлаш учун пайвандланган синч ва тўрларни кенг қўламда ишлатилиши сабабли пўлатларнинг пайвандланиш хоссаси катта аҳамиятга эға. Пайвандланувчанлик деб, электр пайванд натижасида арматураларнинг пайванд чоклари зонасида ёриқлар ва бошқа хилдаги нуқсонлар ҳосил бўлмасдан ишончли бириктири тушинилади. Таркибида углерод миқдори кам бўлган ва легировчи қўшимчалар қўшилган пўлатлар яхши пайвандланади. Термик ва термомеханик усулда тайёрланадиган арматураларни

(Ат-IIIc ва Ат-IVc синфли арматуралардан ташқари) пайвандлаш йўли билан бириктириш рухсат этилмайди. Мустаҳкамлиги чўзиш йўли билан оширилган А-IIIв синфли арматурани ҳам пайвандлаш рухсат этилмайди. Чунки пайвандлаш натижасида эришилган самарадорлик йўқолади.

Пўлат арматуралар сирпанувчанлик (ползучесть) ва кучланишларнинг камайиши (релаксацияланиши) хоссаларига эга. Пўлат арматураларнинг сирпанувчанлиги катта кучланишлар ва юқори температуралар таъсиридан рўй беради. Кучланишларнинг релаксацияланиши амалий аҳамиятга эга бўлиб, олдиндан зўриктириладиган конструкцияларни ҳисоблашда эътиборга олинади. Кучланишларнинг релаксацияланиши натижасида таранглаштирилган арматурадаги дастлабки кучланишлар камаяди, темирбетон конструкцияларнинг ёриқлар пайдо бўлишга чидамлилиги камаяди, ёриқларнинг очилиш кенглиги ва деформациялари ошади.



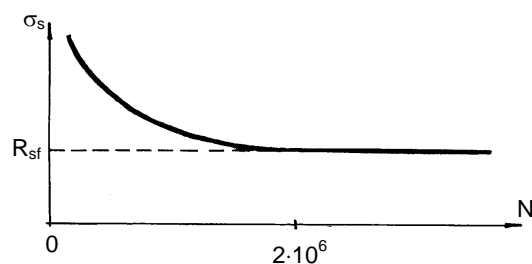
1.14-расм. Пўлат арматураларнинг қиёсий « $\sigma_s - \epsilon_s$ » диаграммалари

Кучланишларнинг релаксацияланиши пўлатнинг кимёвий таркиби, тайёрланиш технологияси ва ишлатиш шароитига боғлиқ бўлади. Кучланишларнинг релаксацияланишига, асосан, дастлабки кучланишларнинг миқдори катта таъсир кўрсатади. Кучланишлар камайишининг асосий қисми дастлабки биринчи соатларда рўй бериб (умумий камайишнинг 60% ни ташкил қилади), вақт ўтиши билан сўниб боради.

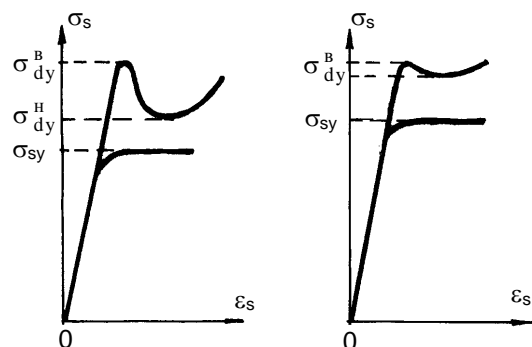
Юқларнинг кўп марта такрор-такрор таъсиридан арматуранинг чузилишдаги қаршилиги камаяди ва арматура толиқиш (чарчаш) натижасида бузилади. Юқлаш даврининг ошиши билан арматурадаги кучланишлар камайиб боради ва  $N = 2 \cdot 10^6$  даврдан кейин турғунлашади (1.15 расм). Турғунлашган кучланиш қийматига мос бўлган арматуранинг мустаҳкамлиги чидамлилик чегараси

с и дейилади. Чидамлилик чегарасининг энг кичик қиймати давр характеристикаси  $\rho = \sigma_{s,min}/\sigma_{s,max}$  га боғлиқ бўлади. Давр характеристикаси  $\rho=0$  бўлганда  $R_{sf} = 0,5 \cdot \sigma_{sy}$  бўлади.

Чўзувчи юқлар қисқа вақт давомида (1 сек.) шиддат билан таъсир қилганда арматуранинг оқувчанлик чегараси ошади. Динамик юқлар таъсиридан ҳосил бўладиган оқувчанлик чегарасига арматуранинг динамик оқувчанлик чегараси деб айтилади ва  $\sigma_{vd}$  билан белгиланади. Динамик оқувчанлик чегарасининг статик оқувчанлик чегарасига нисбатан юқори бўлиши ( $\sigma_{vd} > \sigma_y$ ) катта тезлик билан деформацияланадиган пўлатда пластик деформацияларнинг кечикиб содир бўлиши билан изоҳланади. Динамик ва статик юқлар таъсиридан арматуранинг чўзилишдаги « $\sigma_s - \epsilon_s$ » диаграммалари 1.16 расмда кўрсатилган.



1.15-расм. Пўлат чидамлиги эгри чизиғи

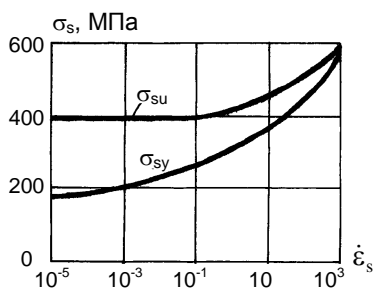


1.16-расм. Динамик ва статик таъсирлардан диаграммаларнинг характери: а) иссиқ ҳолда чиғирланган пўлат; б) совуқ ҳолда чиғирланган пўлат.

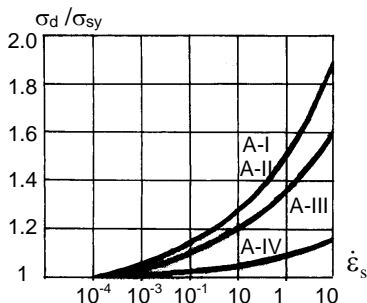
Деформацияланиш тезлигининг ошиши арматуранинг мустаҳкамлик чегарасига нисбатан унинг оқувчанлик чегарасига катта таъсир кўрсатади (1.17 расм). Баъзи бир синфга мансуб бўлган арматуралар учун оқувчанлик чегараси билан деформацияланиш тезлиги орасидаги боғланиш 1.18 расмда кўрсатилган.

**Арматуралардан тайёрланадиган синчлар ва тўрлар.** Темирбетон конструкцияларини жиҳозлаш учун ишлатиладиган таранглаштирилмайдиган арматуралар пайвандланган синчлар (1.19, а расм) ва тўрлар (1.19, б, в расмлар) кўринишида тайёрланади. Баъзи ҳолларда арматуралари бир-бири билан боғланиб тайёрланадиган тўқилган синчлар ва тўрлар ҳам ишлатилади.





1.17-расм. Пўлат мустаҳкамлиги билан деформацияланиш тезлиги ўртасидаги боғланиш



1.18-расм. Пўлат оқувчанлик чегараси билан деформацияланиш тезлиги ўртасидаги боғланиш

Пайвандланган синчлар бўйлама ва кўндаланг стерженлардан ташкил топган бўлиб, бўйлама арматуралар бир қатор ёки икки қатор қилиб жойлаштирилади (1.19, а расм), конструкцияларда ясси синчлар бирлаштирилиб ҳажмий синч ҳосил қилинади (1.19, г расм).

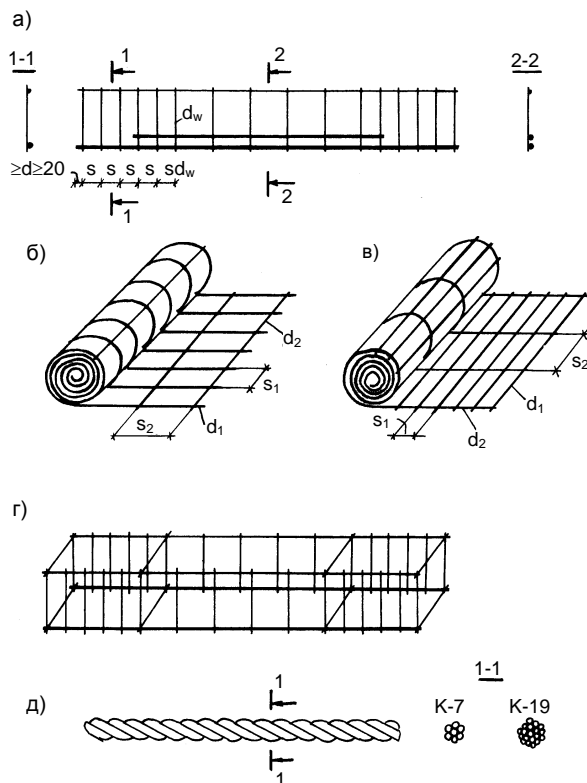
Пайвандланган синчларда бўйлама ва кўндаланг арматураларнинг диаметрларини танлашда пайвандлаш технологиясининг шартлари эътиборга олиниши шарт. Бунда, кўндаланг ва бўйлама арматуралар диаметрлари нисбати  $d_w/d_b \geq 0,25$  қабул қилиш тавсия этилади.

Пайвандланган тўрлар синфлари Вр-I ва А-III бўлган арматуралардан тайёрланади (ГОСТ 8478-81). Пайвандланган тўрлар синфлари А-I ва А-II бўлган арматуралардан ҳам тайёрланиши мумкин. Пайвандланган тўрлар ясси ва ўрам ҳолида тайёрланади. Тўр ишчи арматуралари бўйлама ҳамда кўндаланг йўналишда жойлаштирилади. Ўрам ҳолида тайёрланадиган тўрларда ишчи стерженларнинг диаметри 5 мм гача бўлса, ишчи арматура тўрнинг бўйи бўйича, 5 мм дан катта бўлган тақдирда эса, кўндаланг йўналишда жойлаштирилади. Ясси ва ўрам ҳолида тайёрланадиган тўрларда кўндаланг арматуранинг энг катта диаметри 8 мм гача қабул қилинади. Ясси тўрларнинг эни 2500 мм, узунлиги эса 9000 мм гача қабул дилинади. Ўрам ҳолида тайёрланадиган пайвандланган тўрларнинг эни 3630 мм гача, узунлиги эса, оғирлигига қараб 50...100 м қабул қилинади.

Ўрам ҳолида тайёрланадиган пайвандланган тўрлар куйидагича марказланади

$$\frac{d_1, \text{бўйлама арматуранинг синфи} - S_1}{d_2, \text{кўндаланг арматуранинг синфи} - S_2} B \cdot L \frac{C_1 C_2}{K}$$

бу ерда  $d_1$  - бўйлама арматуранинг диаметри;  $d_2$  - кўндаланг арматуранинг диаметри;  $S_1$  - бўйлама арматуранинг қадами;  $S_2$  - кўндаланг арматуранинг қадами;  $B$  - тўрнинг эни;  $L$  - тўрнинг узунлиги;  $C_1$  ва  $C_2$  - бўйлама арматуралар учларининг чиқиб турадиган узунликлари;  $K$  - кўндаланг арматуралар учларининг чиқиб турадиган узунлиги. Агар  $C_1 = C_2$  бўлса, белгилашда фақат  $C_1$  қолдирилади.



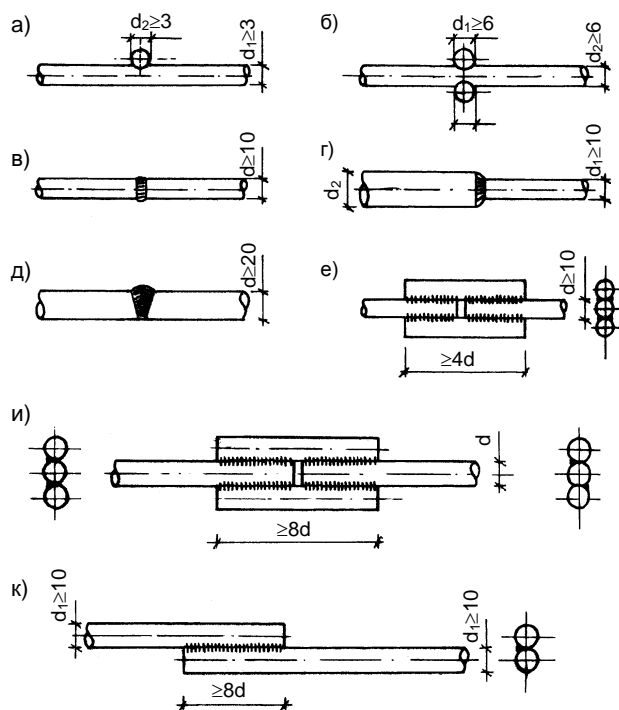
1.19-расм. Арматурадан тайёрланган буюмлар: а) синч; б), в) тўрлар; г) ҳажмий синч; д) арқон.

**Симдан тайёрланадиган арқон арматуралар.** Темирбетон конструкцияларни юқори мустаҳкамликка эга бўлган симлар билан жиҳозлашда симларнинг сони кўп бўлганлиги сабабли уларни таранглаш қийинлашади ва айрим ҳолларда конструкция ўлчамларининг катталашига олиб келади. Шунинг учун симлар бирлаштирилиб ўралади ва арқон арматуралар ҳосил қилинади (1.19, д расм). Арқонлар одатда бир хил диаметрдаги 7 ёки 19 симдан бир ёки бир неча қават қилиб машиналар ёрдамида ўралади.

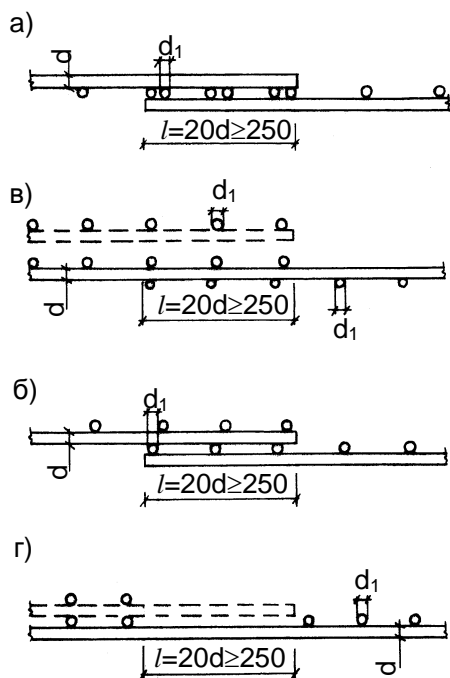
Темирбетон конструкцияларни жиҳозлаш учун диаметри 15 мм гача бўлган К-7 синфдаги арқон арматуралар кенг қўлланилмоқда. Кейинги вақтда юқори самардорликка эга бўлган К-19 синфли арқон арматуралар ҳам кенг қўлланилмоқда.

**Арматураларни бир-бири билан ўлаш усуллари.** Арматура стерженлари бир-бири билан асосан учма-уч ҳолатда контакт пайвандлаш усули билан уланади (1.20 расм). Завод шароитида контакт пайвандлаш махсус пайвандловчи машиналар билан амалга оширилади. Бунда пайвандланадиган

стерженларнинг энг кичик диаметри  $d_1 = 10$  мм қабул қилиниб, стерженлар диаметрларининг нисбати  $d_1/d_2 = 0,85$  бўлиши шарт.



1.20-расм. Стерженли арматураларни улаш усуллари



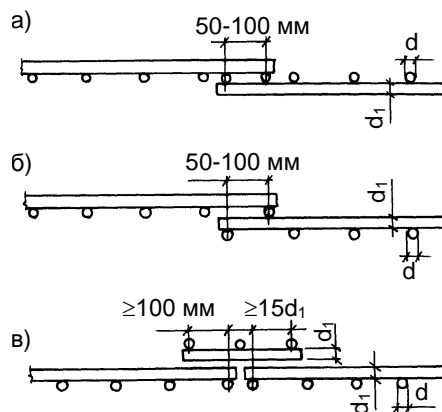
1.21-расм. Пайвандланган пўлат тўрларни ишчи арматуралар йўналиши бўйича пайвандламасдан улаш усуллари

Монтаж қилиш шароитида арматура стерженлари бир-бирига учма-уч ҳолатда электр ёйи ёрдамида пайвандлаб уланади. Диаметри 20 мм дан катта бўлган стерженларни пайвандлашда мисдан тайёрланган ванна шаклидаги инвентар қолиплар қўлланилади. Диаметрлари 20 мм дан кичик бўлган

стерженларни пайвандлаш 1.20, е, и расмларда кўрсатилган.

Диаметрлари 36 мм дан кичик бўлган А-I, А-II ва А-III синфли арматуралар стерженлари муштаҳкамлик тўлиқ фойдаланилмайдиган жойларда пайвандланмасдан бириктирилиши мумкин. Бунда стерженлар  $l = (20...50)d$  узунликда бир-бирига кийгизиб бирлаштирилади.

Чўзиладиган элементларда арматура стерженларини пайвандламасдан бир-бирига кийгизиб биринтириш рухсат этилмайди.



1.22-расм. Пайвандланган пўлат тўрларни конструктив арматуралар йўналиши бўйича пайвандламасдан улаш усуллари

Арматурали тўрларни пайвандламасдан бир-бирига бириктириш схемалари 1.21 ва 1.22-расмларда кўрсатилган.

### 1.3. Темирбетон

Темирбетон конструкцияларда арматура билан бетоннинг биргаликда ишлаши улар орасидаги боғланиш кучи ва арматурани ҳар хил конструктив усуллар билан бетонга бириктирилиши асосида таъминланади.

Темирбетоннинг механик хоссаси арматура ва бетоннинг механик хоссаларига боғлиқ бўлиб, ҳамма вақт ҳам уларга мос тушмайди. Масалан, бетонда пайдо бўладиган ёриқ уни бузилиш ҳолатига олиб келадиган бўлса, темирбетонда ёриқларнинг пайдо бўлиши хавfli ҳисобланмайди. Металл стерженлар алоҳида ишлаганда ундаги чўзувчи кучланишларнинг миқдори оқиш даражасига етганда стержен ўз устиворлигини йўқотадиган бўлса, бетон танасидаги пўлат стерженларда кучланишнинг миқдори оқиш даражасига етганда эса, темирбетон нормал ҳолатда ишлайди. Бу мисоллардан шу нарса аён бўладики, темирбетоннинг механик хоссаси муҳим аҳамиятга эга бўлиб, алоҳида ўганилиши талаб қилинади.

**Арматура билан бетоннинг боғланиши.** Арматура билан бетоннинг боғланиши темирбетоннинг асосий хоссаси бўлиб, конструкцияларнинг ишлаш шароитига катта таъсир кўрсатади. Арматура билан бетоннинг боғланиши бетонда пластик

деформацияларнинг ривожланиши ва ёриқларнинг пайдо бўлишидан зўриқишларни арматура билан бетон ўртасида қайта тақсимланишида ҳам катта рол ўйнайди. Ундан ташқари арматуранинг бетонга яхши боғланиши конструкцияларда пайдо бўладиган ёриқларнинг очилиш кенглигини чеклайди ва арматураларни таранглашдан ҳосил бўладиган зўриқтирувчи кучларни бетонга узатилишини таъминлайди.

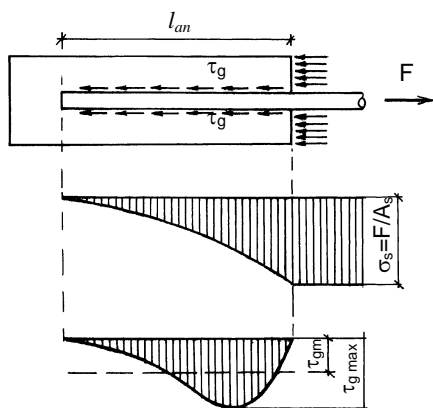
Арматура билан бетоннинг боғланиш мустаҳкамлиги асосан қуйидаги омиллар асосида таъминланади:

1 - арматура сиртидаги қовурғаларнинг бетонга тишлашиб қолиши натижасида бетоннинг сиқилиши ва кесилишдаги мустаҳкамлиги;

2 - цемент гелининг ёпишқоклиги ҳоссаида эга бўлиши натижасида бетоннинг арматурага ёпишиши.

Бетоннинг чўкиши натижасида арматура ҳар томонлама қисилади ва унда ҳосил бўладиган ишқаланиш кучлари арматуранинг бетонга боғланиш мустаҳкамлигини оширади деган тушунча мавжуд. Кейинги вақтларда ўтказилган тажрибалардан олинган натижалар шунини кўрсатадики, бетоннинг чўкишидан арматура сиртида кўпчилик ҳолларда ишқаланиш кучлари ҳосил бўлмас экан. Аксинча, бетоннинг чўкиши арматуранинг бетонга боғланишига салбий таъсир кўрсатар экан.

Сирти силлиқ бўлган арматура стерженларининг бетонга боғланиш (бирикиш) мустаҳкамлиги сирти текис (силлиқ бўлмаган) бўлган стерженлар боғланиш мустаҳкамлигига нисбатан 5 мартагача кам бўлганлиги тажрибалар асосида аниқланган. Сирти текис бўлган арматура стерженларининг боғланиш мустаҳкамлиги эса, сирти қовурғали бўлган арматура стерженларининг боғланиш мустаҳкамлигига нисбатан 2...3 марта кам бўлади. Демак, арматуранинг бетон билан боғланиш мустаҳкамлиги асосан арматуранинг сиртига боғлиқ бўлиб, арматуранинг сиртида ҳар хил шаклдаги қовурғалар ҳосил қилиниши унинг бетонга боғланиш мустаҳкамлигини кескин оширади.



1.23 расм. Арматуранинг бетонга боғланиши

Арматуранинг бетонга боғланиш мустаҳкамлиги тажрибалар асосида аниқланади. Бунда

бетон танасига маълум узунликда жойлаштирилган арматурали стержен суғуриб олишга синалади (1.23 расм). Бетонга жойлаштирилган стерженни суғуришдаги зўриқишлар арматурадан бетонга уринма кучланишлар орқали узатилади. Бу уринма кучланишлар арматуранинг бетонга жойлаштирилган узунлиги бўйича нотекис тарқалиб (1.23 расм), арматуранинг бетонга бирикиш жойидан маълум масофада энг катта қийматга эришади ва арматуранинг бетонга жойлашиш узунлигига боғлиқ бўлмайди. Арматуранинг бетонга боғланиш мустаҳкамлиги уринма кучланишларнинг ўртача қиймати билан ифодаланади:

$$\tau_{gm} = \frac{F}{\pi \cdot d \cdot l_{an}}, \quad (1.35)$$

бу ерда  $F$ - бўйлама суғурувчи куч;  $d$  - арматура стерженининг диаметри;  $l_{an}$  - арматура стерженининг бетонга боғланиш узунлиги.

Оддий бетонлар ва сирти текис бўлган арматуралар учун  $\tau_{gm} = 2, 5 \dots 4$  МПа, сирти қовурғали бўлган арматуралар учун эса  $\tau_{gm} = 7$  МПа га тенг бўлади. Бетон мустаҳкамлигининг ошиши билан боғланиш мустаҳкамлигининг ўртача қиймати ошади.

Арматура билан бетон боғланиш мустаҳкамлигининг ўртача қиймати темирбетон конструкцияларни амалий ҳисоблашда ишлатилади.

Арматураларнинг бетонга нисбатан силжиш қаршилигини оширишнинг энг ишончли йўли, бу сирти текис бўлган арматураларнинг учларида илгаклар ҳосил қилиш, пайвандланган синч ва тўрларни ишлатиш ҳамда махсус анкерлардан фойдаланишдир.

**Арматураларнинг бетонга анкерланиши.** Бетон танасидаги арматура маълум зўриқишларни қабул қила олиши учун у бетон танасида ёки сиртида бетонга маҳкамланиши-анкерланиши шарт. Арматураларнинг бетонга анкерланиши ишқаланиш натижасида ҳосил бўладиган боғланиш кучлари ёки арматураларнинг учларига махсус анкерлар жойлаштириш билан таъминланади. Сиртида ҳар хил шаклдаги қовурғалар ҳосил қилинган арматураларнинг бетонга анкерланиши боғланиш кучлари орқали таъминланади. Жуда кам ҳолларда бундай арматураларнинг учлари махсус анкерлар билан жиҳозланади.

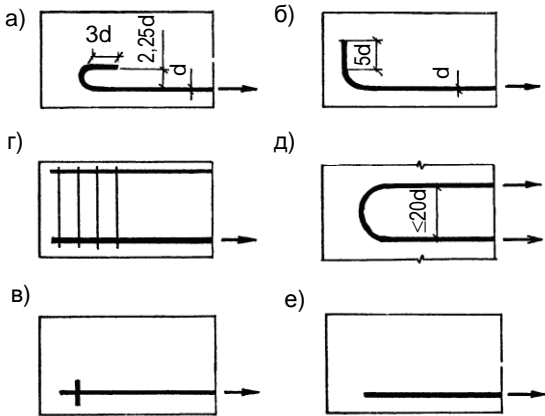
Сирти текис бўлган арматураларнинг бетонга боғланиш мустаҳкамлиги жуда кам бўлганлиги сабабли бунақа арматуралар бетонга 1.24 расмда кўрсатилгандек илгаклар (а), ҳалқалар (б) ҳосил қилиниб ҳамда стерженларнинг учларини 90° бурчак остида қайриб (в) ва кўндаланг стерженлар пайвандланиб (г) анкерланади.

Сирти қовурғали, таранглаштирилмайдиган арматуралар билан жиҳозланган темирбетон элементларда чўзиладиган стерженлар арматуранинг ҳисобий қаршилиги тўлиқ ҳисобга олинмайдиган ва элемент бўйлама ўқига нормал бўлган кесимдан  $l_{an}$  дан кам бўлмаган масофага ўтказилиши шарт. Ан-

керланиш зонасининг узунлиги бу ҳолда қуйидаги формуладан аниқланади

$$l_{an} = \left( \omega_{an} \frac{R_s}{R_b} + \Delta\lambda_{an} \right) d \geq \lambda_{an} \cdot d, \quad (1.36)$$

бу ерда  $\omega_{an}$ ,  $\Delta\lambda_{an}$ ,  $\lambda_{an}$  коэффициентларнинг қий-  
матлари ва масофанинг энг кичик қиймати 1.1  
жадвалдан олинади.



1.24-расм. Таранглаштирилмайдиган арматураларни  
бетонга анкерланиши

1.1-жадвал

Таранглашти- рилмайдиган арматуралар- нинг ишлаш шароити	Арматураларни бетонга анкерланиш масофаларини аниқлаш учун коэффициентлар							
	сирти ковуғали бўлган аматуралар учун				сирти текис бўлган аматуралар учун			
	$\omega_{an}$	$\Delta\lambda_{an}$	$\lambda_{an}$	$l_{an}$ ММ	$\omega_{an}$	$\Delta\lambda_{an}$	$\lambda_{an}$	$l_{an}$ ММ
Чўзиладиган арматура чўзи- ладиган бетонга анкерланганда	0,70	11	$\geq 20$	$\geq 250$	1,2	11	$\geq 20$	$\geq 250$
Сиқиладиган ва чўзиладиган арматура сиқи- ладиган бетонга анкерлаганда	0,50	8	$\geq 12$	$\geq 200$	0,8	8	$\geq 15$	$\geq 200$

Яхлит темирбетон конструкцияларни (плиталар,  
тўсинлар) арматуралар билан жиҳозлашда армату-  
ранинг бетонга анкерланиш зоналари 1.25, а, б, в  
расмларда кўрсатилган.

Олдиндан зўриқтириладиган темирбетон кон-  
струкцияларни арматуралар билан жиҳозлашда  
арматуранинг бетонга анкерланиши 9 бобда келти-  
рилган.

**Мисол 1.** Чўзилган темирбетон конструкция-  
си бўйлама арматурасининг анкерланиш зонаси узун-  
лиги аниқлансин.

Бўйлама арматура сифатида диаметри 18 мм  
бўлган А-III синфли арматура ишлатилган. Бетон  
синфи В20.

**Ечим.** Темирбетон конструкция чўзилишга ишла-  
ганлиги учун унинг бўйлама арматураси чўзилган

бўлади ва у чўзиладиган бетонга анкерланган бўлади.

1.1. жадвалдан қуйидаги коэффициентлар аниқла-  
нади  $\omega_{an}=0,7$ ,  $\lambda_{an}=11$ ,  $\Delta\lambda_{an}=20$  ва  $l_{an}=250$  мм.

Юқорида келтирилган (1.36) формуладан

$$l_{an} = \left( 0,7 \frac{365}{11,5} + 20 \right) 18 = 760 \text{ мм}$$

Анкерланиш зонасининг энг кам миқдорлари

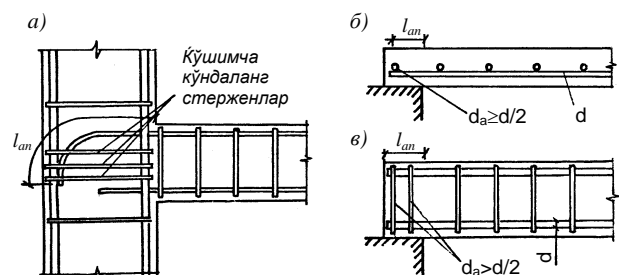
$l_{an}=11 \times 18=198$  мм ва  $l_{an}=250$  мм.

Арматуранинг анкерланиш зонаси узунлиги  
 $l_{an}=760$  мм қабул қилинади.

**Бетон чўкишининг темирбетон конструкция-  
ларга таъсири.** Темирбетон конструкцияларда  
бетоннинг қотиши жараёнида чўкиш деформаци-  
лари ҳосил бўлади (? бетга қаранг), конструкция  
танасида жойлашган пўлат арматура бетон билан  
яхши боғланганлиги сабабли чўкиш деформаци-  
ясининг эркин ривожланишига тўсқинлик қилади.  
Бу ҳолатда бетон чўкишидан темир-бетон элемент-  
да ички дастлабки кучланишлар ҳосил бўлади. Бе-  
тон чўзилиб, арматура эса сиқилади. Бетондаги  
чўзувчи кучланиш миқдори эркин чўкиш деформаци-  
ясининг миқдорига, арматуранинг миқдорига ва  
бетон синфига боғлиқ бўлиб, арматуранинг миқдо-  
ри жуда катта бўлган ҳолларда бетонда чўкиш  
ёриқлари пайдо бўлишига олиб келади.

Статик ноаниқ темирбетон конструкциялардаги  
ортиқча боғланишлар бетоннинг эркин чўкишидан  
деформацияланишига тўсқинлик қилади. Натижада  
конструкцияда қўшимча зўриқишлар ҳосил бўлади.  
Бетон чўкишининг статик ноаниқ конструкциялар-  
га таъсирини камайтириш учун уларда чўкиш  
чоклари ҳосил қилинади.

Бетоннинг чўкиши темирбетон конструкция-  
ларнинг ёриқлар пайдо бўлишига чидамлилигини  
камайтиради ва эгиладиган элементларнинг салқи-  
лигини оширади. Олдиндан зўриқтириладиган  
конструкциялар арматураларини таранглаш учун  
бериладиган дастлабки кучланишларнинг камайи-  
шига олиб келади.



1.25-расм. Оддий темирбетон элементларда ар-  
матураларнинг анкерлаш зоналари

Арматура билан симметрик равишда жиҳозлан-  
ган темирбетон элемент мисолида бетон чўкиши-  
нинг темирбетонга таъсирини кўриб чиқамиз (1.26  
расм). Бетон чўкишидан темирбетон элементнинг  
деформацияси  $\epsilon_s$  эркин чўкиш деформацияси  $\epsilon_{sh}$  ва  
бетон чўзилиш деформацияси  $\epsilon_{bt}$  фаркига тенг  
бўлади, яъни

$$\varepsilon_s = \varepsilon_{hs} - \varepsilon_{bt}. \quad (1.37)$$

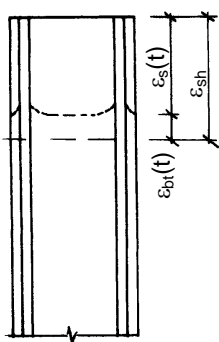
Элементда ҳосил бўладиган ички зўриқишлар мувозанат тенгламаси

$$\sigma_s \cdot A_s = \sigma_{bt} \cdot A_b \quad (1.38)$$

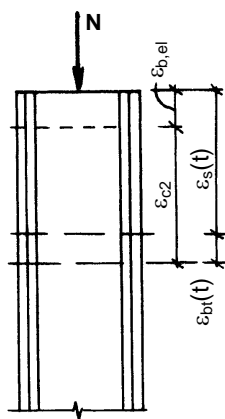
Бетондаги чўзувчи кучланиш (1.38) тенгламадан аниқланади

$$\sigma_{bt} = \sigma_s \frac{A_s}{A_b} = \sigma_s \mu_s, \quad (1.39)$$

бу ерда  $A_b$  ва  $A_s$  - темирбетон элемент кўндаланг кесимидаги бетон ва арматура кўндаланг кесим юзалари;  $\mu_b = A_s / A_b$  - арматура билан жиҳозланиш коэффициентини.



1.26-расм.



1.27-расм.

Гук қонунидан, бетон эластик ҳолатда деформацияланади деб, унинг чўзилишдаги нисбий деформациясини аниқлаймиз

$$\varepsilon_{bt} = \frac{\sigma_{bt}}{\nu_t \cdot E_b}. \quad (1.40)$$

Арматуранинг нисбий деформацияси

$$\varepsilon_s = \frac{\sigma_s}{E_s} = \frac{\sigma_{bt}}{\mu_s E_s}. \quad (1.41)$$

Топилган деформацияларни (1.37) тенгламага қўйиб, арматурада ҳосил буладиган кучланишни аниқлаймиз

$$\sigma_s = \frac{\varepsilon_{sh} \cdot E_s}{\nu_t + \alpha \cdot \mu_s} \nu_t. \quad (1.42)$$

Бетонда ҳосил бўладиган чўзувчи кучланиш

$$\sigma_{bt} = \frac{\varepsilon_{sh} \cdot E_s}{\nu_t + d \cdot \mu_s} \nu_t \cdot \mu_s, \quad (1.43)$$

бу ерда  $\alpha = E_s / E_b$ .

(1.43) формуладан аниқланган чўзувчи кучланиш миқдори бетоннинг чўзилишдаги мустаҳкамлиги  $R_{bt}$  дан катта бўлганда бетон чўкишидан ёриқлар пайдо бўлади. (1.43) формулада  $\sigma_{bt} = R_{bt}$  қабул қилиб бетон чўкишидан ёриқлар пайдо бўлиш ҳолатига мос бўлган арматура билан жиҳозланиш коэффициентининг энг катта қийматини топамиз

$$\mu_{s,lim} = \frac{\nu_t \cdot R_{bt}}{\nu_t \cdot \varepsilon_{sh} \cdot E_s - \alpha \cdot R_{bt}}. \quad (1.44)$$

Темирбетон элемент арматуралар билан носимметрик равишда жиҳозланганда бетоннинг чўкишидан ҳосил бўладиган чўзувчи кучланишларнинг миқдори янада ошади.

**Мисол 2.** Бетоннинг киришишидан (чўкишидан) темир-бетон элементнинг бетонида ҳосил бўладиган кучланиш аниқлансин.

Берилган: элемент кўндаланг кесими ўлчамлари:  $b = 40$  см;  $h = 40$  см. Элемент 4Ø16АIII арматура билан арматураланган. Бетон синфи В20. Бетон киришиш деформацияси миқдори  $\varepsilon_{ts} \approx 1,5 \cdot 10^{-4}$ .

В20 бетон учун (3,1) жадвалдан бетон эластик модули аниқланади  $E_b = 27 \cdot 10^3$  МПа. (бетон табиий шароитда қотади); А III арматура учун (3,2) жадвалдан  $E_s = 20 \cdot 10^4$  МПа. Арматура ва бетон эластиклик модуллари нисбати  $\alpha = E_s / E_b = 20 \cdot 10^4 / 27 \cdot 10^3 = 7,4$ .

Элемент кўндаланг кесимини арматура билан жиҳозланиш коэффициентини

$$\mu = A_s / bh_o = 8,04 / (40 \cdot 30) = 0,00525,$$

бу ерда  $8,04 \text{ см}^2 - 4\text{Ø А III арматура юзаси}$ .  $\nu_t = 0,5$ .

Бетондаги чўзувчи кучланиш (1.43) формуладан

$$\sigma_{bt} = \frac{1,5 \cdot 10^{-4} \cdot 20 \cdot 10^4}{1/0,00525 + 7,4/0,5} = 0,146 \text{ МПа.}$$

В 20 синфли бетон учун  $R_{bt} = 0,9$  МПа.

$\sigma_{bt} = 0,146 < R_{bt} = 0,9$  МПа бўлганлиги учун темирбетон элементда бетон чўкишидан ёриқлар пайдо бўлмайди.

**Мисол 3.** 2 мисолда берилганлардан фойдаланиб арматуранинг қанча миқдориди темир-бетон элементда ёриқлар пайдо бўлиши аниқлансин.

(1.44) формуладан арматураланиш коэффициентини аниқланади

$$\mu_{s,lim} = \frac{0,5 \cdot 0,9}{1,5 \cdot 10^{-4} \cdot 20 \cdot 10^4 \cdot 0,5 - 7,4 \cdot 0,9} = 0,054.$$

Темир-бетоннинг арматураланиш коэффициентини  $\mu > 0,054$  бўлганда темир-бетон элементда ёриқлар пайдо бўлади.

**Бетон сирпанувчанлигининг темирбетон конструкцияларга таъсири.** Темирбетон конструкциялар давомли юклар билан юкланганда бетонда сирпанувчанлик деформацияси ҳосил бўлади (19 бетга қаранг). Сирпанувчанлик деформациясининг эркин ривожланишига элемент танасидаги арматура тўскинлик қилади. Натижада темирбетондаги кучланишлар вақт давомида бетон ва арматура ўртасида қайта тақсимланади. Бунда бетондаги дастлабки кучланиш камайиб, арматурадаги кучланиш эса кўпаяди.

Бетоннинг сирпанувчанлиги темирбетон конструкцияларнинг хили ва кучланиш ҳолатига қараб уларнинг ишлашига ижобий таъсир кўрсатиб,

устун мустаҳкамлигини оширади. Бўйлама сиқилишга ишлайдиган элементларда бетон сирпанувчанлигидан ташқи юк елкаси катталашиб, элементнинг юк кўтариш қобилияти камаяди. Бетон сирпанувчанлигидан эгиладиган элементларнинг салқилиги ошади. Олдиндан зўриктириладиган конструкцияларда бетон сирпанувчанлигидан арматурани таранглаш учун бериладиган дастлабки кучланишлар камаяди. Бу эса ўз навбатида конструкцияларда ёриқлар пайдо бўлишига чидамлигини камайтиради.

Бетон сирпанувчанлиги статик ноаниқ конструкцияларда зўриқишларнинг қайта тақсимланишига олиб келади. Бу ўз навбатида конструкциялар тайёрлаш учун сарф қилинган пўлатни тежашга имконият яратади.

Темир бетон конструкцияларда бетон сирпанувчанлигидан арматура ва бетондаги дастлабки кучланишларнинг қайта тақсимланишини қуйидаги мисолда кўриб чиқамиз.

Қиймати  $N$  бўлган сиқувчи куч устунга таъсир қилганда (1.27 расм) вақтнинг ихтиёрий пайтида қуйидаги мувозанат тенглама ўринлидир:

$$N = \sigma_s(t) \cdot A_s + \sigma_b(t) \cdot A_b \quad (1.45)$$

Бўлама арматура ва уни кўршаган бетон деформацияларининг узлуксизлигидан

$$\varepsilon_s(t) = \varepsilon_b(t) \quad (1.46)$$

Бетон эластик ҳолатда деформацияланади деб, Гук қонунидан арматура ва бетон деформацияларини кучланишлар орқали ифодалаймиз

$$\varepsilon_s(t) = \frac{\sigma_s(t)}{E_s}; \quad \varepsilon_b(t) = \frac{\sigma_b(t)}{E'_b} = \frac{\sigma_b(t)}{\nu_b(t) \cdot E_b} \quad (1.47)$$

Топилган деформацияларни (1.46) тенгламага қўйиб бўйлама арматурадаги кучланишни аниқлаймиз

$$\sigma_s(t) = \frac{E_s}{E_b} \cdot \frac{\sigma_b(t)}{\nu_b(t)} = \frac{\alpha \cdot \sigma_b(t)}{\nu_b(t)} \quad (1.48)$$

(1.48) формуладан аниқланган кучланишни (1.45) мувозанат тенгламага қўйиб, бетондаги сиқувчи кучланишни топамиз

$$\sigma_b(t) = \frac{N}{A_b \left[ 1 + \frac{\alpha \cdot \mu_s}{\nu_b(t)} \right]} = \nu_b(t) \frac{(1 + \alpha \mu_s) \sigma_b}{\nu_b(t) + \alpha \mu_s} \quad (1.49)$$

(1.48) ва (1.49) формулаларда бетон деформацияларининг эластиклик коэффициенти қиймати вақтга ва кучланганлик даражаси ( $\sigma_b / R_b$ ) га боғлиқ бўлиб, қуйидаги формуладан топилади

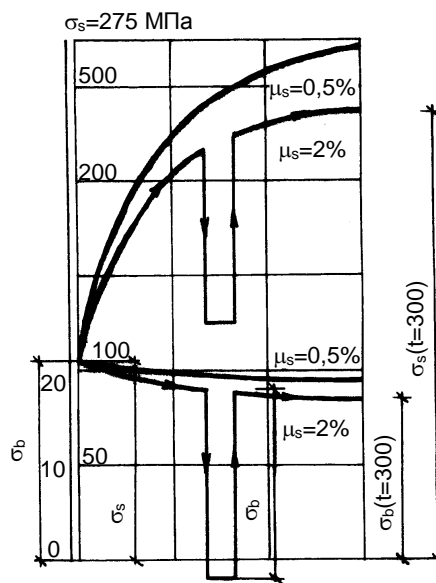
$$\nu_b(t) = \frac{\varepsilon_{be}}{\varepsilon_b(t)} = \frac{\varepsilon_{be}}{\varepsilon_{be} + \varepsilon_{bp}(t, \sigma_b / R_b)} \quad (1.50)$$

Сирпанувчанлик деформациясининг ошиши натижасида эластиклик коэффициентининг вақт

давомида қиймати камайиб боради. Натижада сиқувчи  $N$  кучнинг қиймати ўзгармаган ҳолда бетондаги дастлабки кучланишнинг миқдори камайиб боради, арматурадаги кучланиш эса ошади.

Бўйлама арматура ва бетондаги сиқувчи кучланишларнинг бетон сирпанувчанлигидан вақт давомида ўзгариши 1.28 расмда кўрсатилган. Арматура миқдори  $\mu_s = 0,5\%$  бўлган темирбетон элементда 150 суткадан кейин арматурадаги дастлабки кучланиш 2,5 марта ошади. Арматура миқдорининг ошиши ( $\mu_s = 2\%$  гача) ундаги кучланишлар ривожланишини секинлаштиради.

Темирбетон элемент  $N$  юк таъсиридан кескин равишда бўшатиладиганда арматура ва бетон эластик ҳолатда деформацияланади. Бироқ бетонда ҳосил бўлган қолдиқ пластик деформация арматурадаги эластик деформациянинг орқага қайтишига тўсқинлик қилади. Натижада арматура қисилган қолиб, бетонда чўзувчи кучланишлар ҳосил бўлади. Чўзувчи кучланишнинг қиймати бетон чўзилиш мустаҳкамлигидан катта бўлганда бетонда ёриқлар пайдо бўлади.



1.28-расм. Темир бетон қурилмаларида бетон сирпанувчанлигидан кучланишларнинг ўзгариши

**Мисол 3.** Марказий юкланган темир-бетон устуннинг бетон ва арматурасидаги кучланишлар 180 суткадан кейин аниқлансин.

Берилган: устун кўндаланг кесими ўлчами  $b \times h = 40 \times 40$  см; бетон синфи В25 ( $E_b = 30 \cdot 10^3$  МПа). Арматура 4Ø16А III ( $E_s = 20 \cdot 10^4$  МПа). Бўйлама сиқувчи куч  $N = 4500$  кН.

Қуйидаги формуладан бетондаги бошланғич кучланиш ( $t=0$  бўлганда) аниқланади

$$\sigma_b = \frac{N}{\left( 1 + \mu_1 \frac{\alpha}{\nu} \right) A} = \frac{4500 \cdot 10^3}{\left( 1 + 0,005 \frac{6,67}{1} \right) 1600 \cdot 10^2} = 27,2 \text{ Н/мм}^2 = 27,2 \text{ МПа},$$

$$\text{бу ерда } \mu_1 = \frac{A_s}{A} = \frac{8,04}{1600} = 0,005;$$

$$\alpha = \frac{E_s}{E_b} = \frac{20 \cdot 10^4}{30 \cdot 10^3} = 6,67.$$

Арматурадаги кучланиш

$$\sigma_s = \frac{\alpha}{\nu} \cdot \sigma_b = \frac{6,67}{1} \cdot 27,2 = 181,4 \text{ МПа.}$$

$t = 180$  суткадан кейин  $\nu = 0,6$  бўлганда:  
бетондаги кучланиш

$$\sigma_b = \frac{45000 \times 10^3}{\left(1 + 0,005 \cdot \frac{6,67}{0,6}\right) \cdot 1600 \cdot 10^2} = 26,64 \text{ МПа;}$$

арматурадаги кучланиш

$$\sigma_s = \frac{6,67}{0,6} \cdot 26,64 = 296 \text{ МПа.}$$

Бетондаги кучланиш вақт давомида

$$\frac{27,2 - 26,64}{27,2} \cdot 100 = 2\% \text{ га камайган, арматурадаги}$$

$$\text{кучланиш эса } \frac{181,4 - 296}{181,4} \cdot 100 = 63\% \text{ га кўпайган.}$$

**Темирбетоннинг емирилиши ва ундан сақланиш чоралари.** Агрессив муҳит (суюқ, қоришмалар, газлар ва ҳоказо) таъсиридан темирбетон конструкцияларда коррозия жараёни бошланиб, темирбетонни емирилиш ҳолатига олиб келади. Коррозия асосан бетонни, маълум шарт шароитда эса, арматурани ҳам қамраб олади. Коррозиянинг ривожланиши бетоннинг зичлиги ва ўтказувчанлигига, цементнинг хоссасига, агрессив суюқлик ва газнинг бетон сиртига таъсир қилиш тезлигига ҳамда агрессив муҳит характерида боғлиқ бўлади.

Агрессив муҳит таъсиридан бетоннинг коррозияланиши асосан икки хил кўринишда бўлади:

1- бетоннинг зичлиги етарли бўлмаган ҳолларда бетон танасидан сизиб (фильтрланиб) ўтадиган сув цемент тошини ташкил қиладиган кальций оксид гидратини эритиши ва бетоннинг емирилишига олиб келади. Юмшоқ сув юқори эритиш хоссасига эга бўлиб, жуда хавфлидир. Бундай коррозия натижасида бетоннинг сиртида оқ доғлар пайдо бўлади.

2 - коррозия таркибида агрессив суюқлик ва газ бўлган муҳитнинг бетонга таъсири натижасида рўй беради. Бунда ҳам цемент тошини ташкил этувчи кальций оксидининг гидрати кислота таъсиридан емирилади. Кимёвий таъсир натижасида ҳосил бўлган маҳсулот кристаллга айланиб аста секинлик билан бетоннинг ғовақларини ва бўшлиқларини тўлдириб боради. Кристалларнинг усиши натижасида ғовақлар ва бўшлиқларнинг деворларига босим ҳосил бўлади. Бу босим натижасида ғовақларнинг девори ёрилиб бетон бузилиш ҳолатига келиб қолади. Бетон учун кислоталарнинг, айниқса сульфат кислотасининг тузи жуда хавфли

ҳисобланади. Бу тузлар таъсиридан цемент тошида кальций ва алюминий сульфатлари ҳосил бўлади. Бу моддалар эриб бетон танасидан оқиб чиқади ва бетон сиртида доғлар ҳосил бўлади.

Бетоннинг коррозияланишига чидамлилигини оширишнинг энг мақбул усули, бу бетоннинг зичлигини оширишдир. Бундан ташқари агрессив муҳитда ишлайдиган темирбетон конструкцияларни тайёрлашда бетон-полимерлар ва полимербетонларни ишлатиш мақсадга мувофиқдир.

Арматуранинг коррозияланиши бетонда цемент микдорининг етарли бўлмаганлигидан, бетон таркибида зарарли қўшимчаларнинг мавжудлиги, химоя қобиғининг етарли бўлмаганлиги ва бетон зичлигининг етарли бўлмаганлигидан содир бўлади. Бетонда ёриқларнинг пайдо бўлиши ва жуда катта очилиши ҳам арматуранинг коррозияланиши жараёнини тезлаштиради. Арматуранинг коррозияланиши бетон коррозияланиши билан бирга ва бетон коррозиясига боғлиқ бўлмаган ҳолда содир бўлади.

Бетон ҳамда арматуранинг коррозияланишига чидамлилигини ошириш ва темирбетон конструкцияларнинг хизмат муддатини узайтиришнинг энг самарали йўли, бу бетон химоя қобиғининг рационал қалинлигини таъминлашдан иборатдир.

**Бетоннинг химоя қобиғи** Бетоннинг химоя қобиғи конструкцияларнинг барча ишлаш даврларида ишчи арматураларнинг бетон билан биргаликда ишлашини таъминлаш ҳамда атмосфера, температура ва бошқа таъсирлардан арматурани химоя қилиш учун ҳосил қилинади. Бетоннинг химоя қобиғини тайинлашда конструкциянинг хили ва ўлчамлари, ишлаш шароити, ишчи арматуранинг диаметри ва хили эътиборга олинади. Химоя қобиғининг қалинлиги ишчи арматуранинг диаметридан ҳамда қуйидаги қийматлардан кам бўлмаслиги шарт: плита ва тўсин деворининг қалинлиги  $h \leq 100$  мм бўлганда - 10 мм;  $h > 100$  мм бўлганда эса - 15 мм; тўсинлар ва қовурғаларнинг баландлиги  $h < 250$  мм бўлганда - 15 мм;  $h \geq 250$  мм бўлганда эса - 20 мм; устунлар учун - 20 мм; пойдевор тўсинлари учун - 30 мм; йиғма темирбетондан тайёрланган пойдеворлар учун - 30 мм; пойдеворлар яхлит темирбетондан тайёрланган бўлиб, пойдевор остида бетон асос ҳосил қилинган бўлса - 35 мм, бетон асос ҳосил қилинмаган бўлса - 70 мм.

Кўндаланг, конструтив ва тақсимловчи арматуралар учун бетоннинг химоя қобиғи шу арматураларнинг диаметридан ҳамда қуйидаги қийматлардан кам қабул қилинмайди: элементнинг баландлиги  $h < 250$  мм бўлганда 10 мм,  $h \geq 250$  мм бўлганда эса - 15 мм.

### Такрорлаш учун саволлар:

1. Бетонлар қанақа турларга бўлинади?
2. Бетон қанақа структурага (тузилишга) эга ва у бетон мустаҳкамлигига қандай таъсир кўрсатади?

3. Бетоннинг мустаҳкамлиги нимани ифодалайди ва у қандай топилади, бетоннинг маркаси ва синфи нимани билдиради ва улар орасида қандай боғланиш мавжуд?

4. Бетоннинг сиқилишдаги кубик ва призматик қаршилиги қандай топилади ва улар орасидаги боғланиш қандай ифодаланади?

5. Бетоннинг маҳаллий сиқилиш, чўзилиш, кесилиш ва ёрилишдаги мустаҳкамликлари қандай аниқланади?

6. Бетоннинг мустаҳкамлигига давомли ва кўп марта такрор-такрор таъсир қиладиган юклар қандай таъсир кўрсатади?

7. Бетоннинг мустаҳкамлигига юқори ва паст температуралар қандай таъсир кўрсатади?

8. Намлик ва температура таъсиридан бетон қандай деформацияланади, бетоннинг чўкиши нима?

9. Қисқа вақт таъсир қиладиган юк билан бир марта юкланган бетон қандай деформацияланади? « $\sigma_b - \epsilon_b$ » диаграммасини чизинг.

10. Бетоннинг деформация модули нимани ифодалайди?

11. Давомли юклар таъсиридан бетон қандай деформацияланади? Бетоннинг сирпанувчанлиги нимани ифодалайди?

12. Юк кўп марта такрор-такрор таъсир қилганда

бетон қандай деформацияланади?

13. Арматура нима ва у қанақа вазифани бажаради? Тўсин ва плита мисолида ишчи ва монтаж арматураларни кўрсатинг.

14. Арматура белгиларига қараб қанақа хилларга бўлинади?

15. Ҳар хил пўлат арматуралар учун « $\sigma_s - \epsilon_s$ » чўзилиш диаграммасини чизинг ва характерли нуқталарини кўрсатинг.

16. Арматураларнинг мустаҳкамликлари қандай усуллар билан оширилади?

17. Арматуралардан синч ва тўрлар қандай тайёрланади, арконларчи?

18. Арматуралар бир-бири билан қандай уланади?

19. Арматура билан бетоннинг боғланишини қанақа омиллар таъминлайди? Арматуралар бетонга қандай анкерланади?

20. Бетоннинг чўкиши темирбетонга қандай таъсир кўрсатади?

21. Бетоннинг сирпанувчанлиги темирбетонга қандай таъсир кўрсатади?

22. Темирбетоннинг коррозияланиши ва ундан сақланиш чоралари нимадан иборат?

23. Бетоннинг ҳимоя қобиғи қанақа вазифани бажаради ва унинг калинлиги қандай қабул қилинади.

## 2. ТЕМИРБЕТОН ҚАРШИЛИГИ НАЗАРИЯСИ АСОСЛАРИ

### 2.1. Темирбетон қаршилиги назариясида тажрибанинг аҳамияти

Темирбетон физик ва механик хоссалари ҳар хил бўлган материаллар, пўлат арматура ва бетондан ташкил топган. Пўлат эластик материал бўлиб, ташқи юклар таъсиридан унинг деформацияланиши Гук қонунига бўйсинади. Бетон бўлса эластик-пластик материал бўлиб, ташқи юклар таъсиридан унинг деформацияланиши Гук қонунига бўйсинмайди. Бундай материалларнинг бирлашишидан ҳосил бўлган темирбетоннинг деформацияланиши эса, деформацияланувчи қаттиқ жисмлар назариясининг мавжуд бўлган бирор-бир қонунига бўйсинмайди. Ташқи юклар таъсиридан темирбетоннинг деформацияланиши эластик материаллар қаршилиги қонунлари орқали ифодаландиган бўлса, бетоннинг ҳақиқий деформацияланиши, яъни бетонда ҳосил бўладиган пластик деформациялар эътиборга олинмасдан қолишади. Эластик материаллар қаршилиги назарияси бўйича ҳисобланган темирбетон конструкцияларнинг мустаҳкамлиги тажрибалардан олинган мустаҳкамликдан анча фарқ қилиб, конструкциянинг ҳақиқий мустаҳкамлигини аниқлашга имкон бермайди. Бундан ташқари эксплуатация қилиш ҳолатида темирбетон конструкцияларнинг чўзилдиган зоналарида ёриқларнинг пайдо бўлиши конструкцияларни ҳисоблаш учун эластик материал-

лар қаршилиги назариясини аниқлаш имкониятини янада қийинлаштиради.

Темирбетон қаршилигининг замонавий назарияси тажрибалар асосида олинандиган натижалар ва деформацияланувчи қаттиқ жисмлар механикасининг умумий қонунларига асосланган ҳолда конструкциянинг ташқи юклар таъсиридан ҳақиқий кучланиш ва деформацияланиш ҳолатларининг ҳар бир босқичини эътиборга олган ҳолда яратилади.

Темирбетон конструкцияларни ҳисоблашда дастлаб эластик материаллар қаршилиги назариясига асосланган рухсат этилган кучланишлар услуги қўлланилган.

Темирбетон конструкцияларнинг ташқи юклар таъсирига ишлашини ўрганиш мақсадида кенг ўтказилган илмий тажрибалар ва синовлар натижасида рухсат этилган кучланишлар услугининг камчиликлари яққол намоён бўлди. Бу услуб нафақат олдиндан тайинланадигая эҳтиёт коэффициенти бўйича конструкцияларни лойихлашни, балки арматура ва бетондаги кучланишларнинг ҳақиқий қийматларини аниқлашга ҳам имкон бермайди.

Рухсат этилган кучланишлар услугининг камчиликлари олимлар ва тадқиқотчиларни темирбетоннинг эластик-пластик хоссаларини эътиборга оладиган янги ҳисоблаш услуги яратиш мақсадида махсус тажрибалар ва тадқиқотлар ўтказишга ундади. Натижада 1931 йилнинг охирида А.Ф.Лолейт томонидан янги, бузувчи зўриқишлар бўйича



ҳисоблаш назариясининг асосий ҳолатлари таклиф этилди. Бу назария бўйича эгилган темирбетон конструкциянинг бузилиши арматура ва бетонда пластик деформацияларнинг ҳосил бўлиши натижасида арматурадаги кучланишларнинг оқувчанлик чегарасига, бетонда эса кучланишларнинг сиқилиш бўйича мустаҳкамлигига етишидан содир бўлади деб қабул қилинади.

Бузувчи зўриқишлар услуби темирбетоннинг эластик-пластик хоссасини эътиборга олган ҳолда ташқи юклар таъсиридан конструкция кесимларининг ҳақиқий ишлашини тўғри ифодалайди. Шунинг учун бу услубнинг темирбетон қаршилиги назариясининг ривожланишига аҳамияти жуда катта.

Бузувчи зўриқишлар услуби прогрессив бўлишига қарамасдан камчиликлардан ҳам ҳоли эмас. Бу услуб ташқи юклар ва материаллар қаршиликларининг ўзгарувчанлигини ҳамда конструкциянинг ҳар хил шароитда ишлашини эътиборга олмайди.

Олимлар ва тадқиқотчиларнинг кенг қуламда олиб борган тажриба ва тадқиқотлари натижасида 1955 йилда сифат жиҳатдан янги бўлган чегаравий ҳолатлар услуби яратилди. Бу услуб бузувчи зўриқишлар услубига асосланган бўлиб, унинг камчиликларидан ҳолидир,

Китобда асосан темирбетон конструкцияларни чегаравий ҳолатлар услуби бўйича ҳисоблаш келтирилган. Бундан ташқари темирбетон конструкцияларни ишончликка ҳисоблаш асослари ёритилган.

## 2.2. Эгиладиган элемент нормал кесимининг кучланиш ва деформацияланиш ҳолати босқичлари

Темирбетон тўсин билан ўтказилган тадқиқий тажрибаларда ташқи юк миқдори тўсининг нормал кесими бўйича бузилиш даражасигача ошиб борганда бу кесимнинг кучланиш ва деформацияланиш ҳолати учта характерли босқичга эга бўлади (2.1 расм).

I босқич (2.1, в, г расм). Ташқи юкларнинг кичик миқдорларида бетон ва арматурадаги кучланишларнинг миқдорлари унча катта бўлмаган ҳолда бетон эластик ҳолатда деформацияланади. Бунда, бетондаги сиқувчи ва чўзувчи кучланишлар билан мос бўлган деформациялар орасидаги боғлаш чизикли бўлиб, кесимнинг сиқилган ва чўзилган зоналарида бетондаги нормал кучланишларнинг эпюралари учбурчак шаклида бўлади.

Ташқи юк миқдорининг ошиши билан тўсиннинг сиқилиш ва чўзилиш зоналаридаги нормал кучланишларнинг миқдорлари ҳам ошиб боради. Бетоннинг чўзилишдаги мустаҳкамлиги сиқилишдагига нисбатан бир неча марта кам бўлганлиги сабабли чўзилган бетонда пластик деформациялар ривожлана боради ва бетондаги кучланишлар унинг чўзилишдаги мустаҳкамлигига интилади ( $\sigma_{bt}$

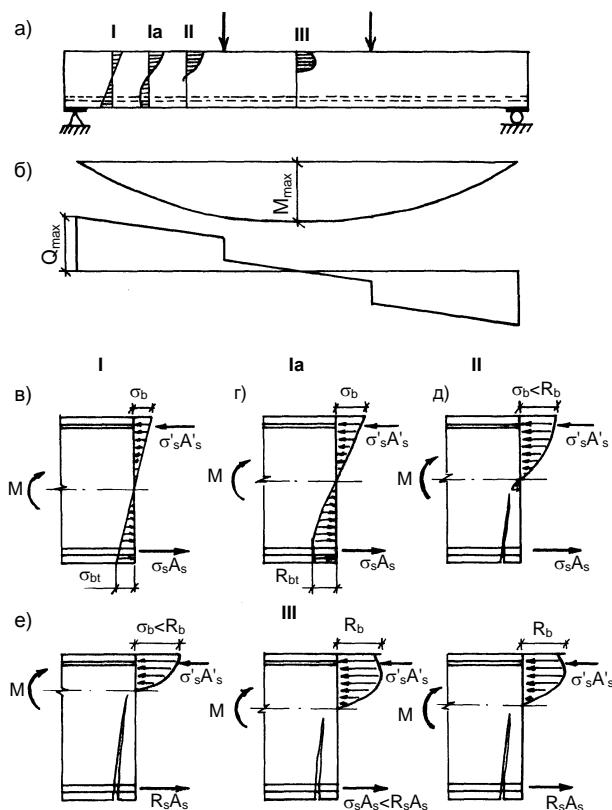
→  $R_{bt}$ ). Тўсин чўзилиш зонасидаги нормал кучланишларнинг эпюраси тўғри чизикдан эгри чизикка айлана боради. Сиқилиш зонасидаги бетон эса эластик ҳолатда деформацияланиб, нормал кучланишларнинг эпюраси учбурчак шаклига яқин бўлади. Тўсин чўзилган зонасидаги бетоннинг деформацияланиш тезлиги сиқилган зонадагига нисбатан катта бўлганлиги сабабли нейтрал ўк сиқилган зонага қараб кўтарилади.

Бетон деформациясининг тўсин кўндаланг кесими баландлиги бўйича тарқалиш характери тўғри чизикка яқин бўлади.

Ташқи юкнинг шундай бир кийматида тўсин чўзилиш зонасидаги кучланиш бетоннинг чўзилишдаги мустаҳкамлигига тенг бўлиб қолади.

Кучланиш ва деформацияланиш ҳолатининг бу сўнгги даври Ia босқич деб айтилади.

Ташқи юк миқдорининг навбатдаги ошишидан тўсин чўзилган кесимида ёриқлар пайдо бўлади ва бу кесим ишдан чиқади. Шундан кейин кесим кучланиш ва деформацияланиш ҳолатининг II босқичи бошланади.



2.1-расм. Эгилишда кучланиш ва деформацияланиш ҳолатининг босқичлари

II босқич (2.1, д расм). Ёриқлар пайдо бўлгандан кейин бу кесимлардаги чўзувчи зўриқишларни арматура ва ёриқлар чўққисидаги чўзилган бетон қабул қилади. Ёриқлар оралигида эса арматура билан бетоннинг боғланиши бузилмайди ва улар биргаликда ишлайди. Бунда, ёриқ пайдо бўлган кесимдан узоқлашган сари арматурадаги зўриқишларнинг миқдори камайиб, бетонда эса зўриқиш-

ларнинг қиймати кўпайиб боради. Тўсин сиқилган зонасидаги бетонда пластик деформацияларнинг ривожланиши натижасида нормал кучланишларнинг эпюраси эгри чизикка айланади.

Ташқи юк миқдорининг янада ошиши натижасида тўсин чўзилган зонасида ҳосил бўлган ёриқлар сиқилиш зонасига қараб ривожланиб, нейтрал ўққача етиб боради ва ёриқларнинг очилиш кенгликлари катталашади. Бу ҳолатда чўзилиш зонасидаги ёриқлар ҳосил бўлган кесимларда чўзувчи зўриқишларнинг ҳаммасини фақат арматура қабул қилади. Сиқилган бетон ва чўзилган арматуралардаги кучланишларнинг миқдорлари ошади.

Ёриқ ҳосил бўлган кесимдаги сиқилган бетон текис деформацияланиш қонуни бўйича деформацияланади. Бу кесимдаги арматуранинг деформацияси эса, текис кесимлар деформацияланиш қонуни бўйича топиладиган қийматидан фарқ қилади. Бироқ ўтказилган кўп тадқиқотлар асосида сиқилган зонадаги бетон ва чўзилган арматуранинг ўртача деформацияларининг ёриқлар ҳосил бўлган кесимлар оралиғида ўзгариш характери тўғри чизикдан унчалик оғмаслиги аниқланган.

Кучланиш ва деформацияланиш ҳолатининг II босқичи арматурадаги кучланишларнинг оқувчанлик чегарасига етиши ёки сиқилган четки толаларда бетондаги кучланишлар миқдорининг камая бошланиши билан тугалланади.

III босқич (2.1, е расм). Бу босқичда бетондаги пластик деформацияларнинг ривожланиши кескинлашиб сиқилиш зонасининг катта қисмига тарқалади. Арматурада ҳам пластик деформациялар ривожланади. Элемент бузилиш ҳолатига келиб қолади.

Тўсиннинг бузилиш характери арматуранинг миқдорига боғлиқ бўлиб, икки ҳол бўйича содир бўлади:

I ҳол - бузилиш чўзилган арматурадаги кучланишларнинг физик ёки шартли оқиш чегарасига етиши натижасида содир бўлади. Бунда, арматурадаги кучланишлар физик ёки шартли оқиш чегарасига етгандан кейин арматурадаги пластик деформацияларнинг ривожланиши кескинлашади. Натижада ёриқларнинг очилиш кенглиги катталашади ва сиқилган бетондаги кучланишлар ошади. Бу тўсиннинг бузилишига олиб келади ва бузилиш пластик характерга эга бўлади;

2 ҳол - бузилиш сиқилган бетондаги кучланишларнинг бетон мустаҳкамлигига етиши натижасида бетоннинг эзилишидан содир бўлади. Бунда арматурадаги чўзувчи кучланишларнинг миқдори оқиш чегарасига етмаслиги ҳам мумкин. Натижада арматуранинг мустаҳкамлигидан тўлиқ фойдаланилмайди. Тўсинларнинг бундай бузилиши арматуранинг миқдорига катта бўлган ҳолларда содир бўлиб, мурт характерга эга бўлади.

Тўсин ровоқи бўйича ташқи юклардан ҳосил бўладиган зўриқишларнинг миқдори ўзгарганлиги сабабли унинг узунлиги бўйича нормал кесимлари

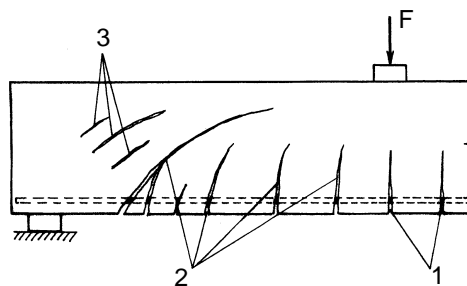
кучланиш ва деформацияланиш ҳолатининг ҳар хил босқичлари таъсири остида бўлади (2.1, а расм).

Юқорида келтирилган кучланиш ва деформациялик ҳолатининг уч босқичи нафақат эгиладиган элементларда, балки марказмас сиқиладиган, марказмас чўзиладиган ва марказий чўзиладиган элементларда ҳам учрайди.

### 2.3. Темирбетон конструкцияларда ёриқларнинг пайдо бўлиши ва очилиши

Темирбетон конструкцияларда ёриқлар бетоннинг қотиши натижасида чўкишидан ёки ташқи юклар ва конструкция таянчларининг чўкиши, температуранинг ўзгариши ва бошқа таъсирлардан пайдо бўлиши мумкин. Ташқи юклар таъсиридан ёриқлар асосан конструкцияларнинг чўзиладиган зоналарида, жуда кам ҳолларда эса сиқиладиган зоналарида пайдо бўлади. Бу ерда фақат ташқи юклар таъсиридан пайдо бўладиган ёриқларнинг очилиши ва ривожланиш жараёни қаралади.

Умуман ташқи юкларнинг таъсир қилиш характерига қараб темирбетон конструкцияларда ёриқлар уларнинг бўйлама ўқларига нормал ва қия бўлган ҳолатларда пайдо бўлади (2.2 расм). Нормал ёриқлар (I) конструкцияларнинг «соф эгилиш» зоналарида пайдо бўлади. Қия ёриқлар (2.3) эса конструкцияларнинг эгувчи момент ва кесувчи кучлар биргаликда таъсир қиладиган зоналарида пайдо бўлади. Қия ёриқлар икки хил бўлади. Қия ёриқларнинг биринчи хили (2) конструкцияларнинг чўзилган зоналарида пайдо бўлиб, дастлаб унинг бўйлама ўқига нормал йўналган бўлади, кейинчалик эса куч қўйилган томонга қараб қайрилади. Конструкциянинг нормал кесими бўйича ёриқлар пайдо бўлишига қаршилиги таъминланган бўлса, қия ёриқларнинг бу хили пайдо бўлмайди. Қия ёриқларнинг иккинчи хили (3) конструкцияларнинг бош чўзувчи кучланишлар таъсир қиладиган зоналарида пайдо бўлади. Ташқи юк миқдорининг ошиши билан бу ёриқлар куч қўйилган томон ва таянчга қараб ривожланади. Қия ёриқларнинг иккинчи хили кўндаланг кесими тавр бўлиб, девори юпка бўлган конструкцияларда пайдо бўлади.



2.2. расм. Эгиладиган элементларда пайдо бўладиган ёриқлар хили: а - нормал ёриқлар; б-қия ёриқларнинг биринчи ва 3 - қия ёриқларнинг иккинчи хили

Темирбетон конструкцияларда пайдо бўладиган

ёриқлар уларнинг бикрликларини камайтиради. Ёриқларнинг очилиш кенглиги жуда катта бўлган ҳолларда эса арматуранинг коррозияланишига олиб келади.

Темирбетон конструкцияларда ёриқларнинг пайдо бўлиши уч босқичдан иборат бўлади. Биринчи босқичда кўзга кўринмайдиган ёриқлар пайдо бўлади. Иккинчи босқичда бу ёриқлар ривожланиб, очилиш кенглиги 0,005 мм бўлган кўз билан кўринадиган ёриқларга айланади. Учинчи босқичда эса очиладиган ёриқларнинг кенглиги чегаравий қийматларига интилади.

Арматуранинг миқдори меъёрий ( $\mu_s = 1,5...2\%$ ) бўлган темирбетон конструкцияларда арматура олдиндан таранглаштирилмаган бўлса, ёриқлар пайдо бўлишининг биринчи ва иккинчи босқичлари мос тушади. Шунинг учун оддий темирбетон конструкцияларда ёриқлар пайдо бўлиш жараёни иккита, ёриқларнинг пайдо бўлиши ва очилиши, босқичларига ажратиш мумкин.

Тўсинлар билан ўтказилган тадқиқий тажрибаларда ташқи юклар таъсиридан ёриқлар пайдо бўлиш жараёнининг қуйидаги асосий ҳолатларини кўрсатиш мумкин (2.3 расм).

1 ҳолат (2.3, а расм). Ёриқлар пайдо бўлиш арафасида тўсиннинг «соф эгилган» участкаларида арматура ва чўзилган бетоннинг деформациялари текис тарқалган бўлиб, улар биргаликда деформацияланади ( $\epsilon_{bt} = \epsilon_s$ ). Бу ҳолатда чўзилган бетоннинг деформацияси  $\epsilon_{bt} = 2R_{bt}/E_s$  миқдорга яқин бўлиб, участканинг бази бир заиф жойларида бу миқдор чегаравий  $\epsilon_{bt,u}$  қийматга эришади. Бу жойларда ёриқларнинг пайдо бўлиш эҳтимоли жуда катта бўлади.

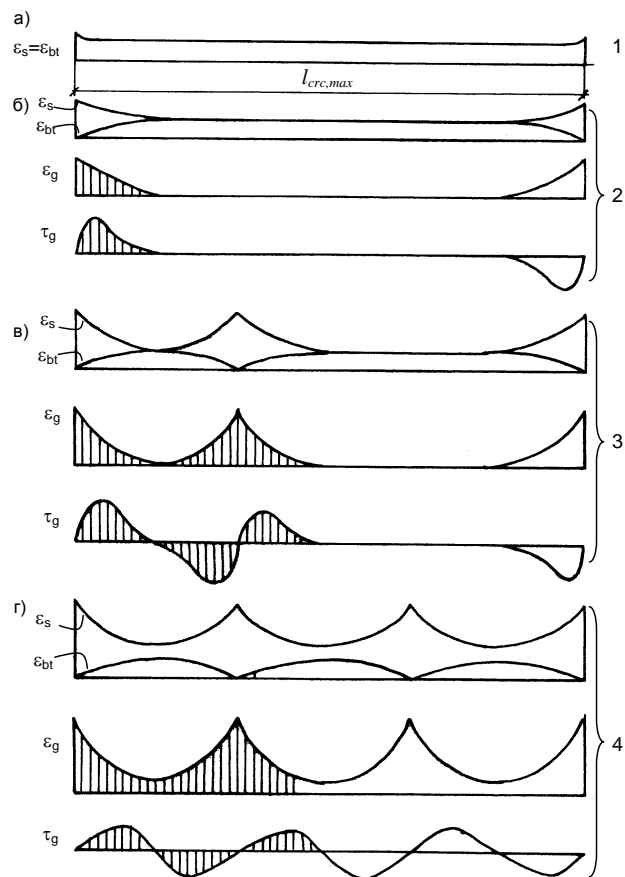
2 ҳолат (2.3, б расм). Тўсиннинг соф эгилиш зонасидаги заиф жойларда биринчи гуруҳ ёриқлар пайдо бўлади. Ёриқлар пайдо бўлган кесимларда арматурдаги кучланиш бирдагина кўпайиб  $\sigma_{s,erc} = (200...250)$  МПа га тенг бўлади. Бетондаги кучланиш эса нолга тенг бўлади. Ёриқлар пайдо бўлган кесимларга яқин бўлган зоналарда арматура билан бетоннинг биргаликда деформацияланиши бузилади. Ёриқлардан узоклашган сари арматуранинг деформацияси камайиб, боғланиш кучлари таъсирдан бетоннинг деформацияси ошиб боради. Ёриқ пайдо бўлган кесим чўзилган зонаси қийшай бошлайди (депланацияланади). Ёриқ пайдо бўлган кесимдан  $l_{an}$  масофага узоклашгандан кейин арматура билан бетон биргаликда деформацияланиб, уринма кучланишнинг қиймати нолга тенг бўлади. Бу масофада силжиш деформацияси ҳосил бўлиб, унинг қиймати арматура ва бетон деформацияларининг айирмасига тенг бўлади,  $\epsilon_g = \epsilon_s - \epsilon_{bt}$  (2.3, б расм), Бу масофада ўринма кучланишларнинг қиймати 2.3, б расмда кўрсатилгандек ўзгаради.

Ташқи юк миқдорининг ошишидан янги ёриқлар фақат арматура билан бетон биргаликда деформацияланадиган зоналарда пайдо бўлади.

3 ҳолат ташқи юк миқдорининг ошишидан янги ёриқларнинг пайдо бўлиши билан характерланади

(2.3, в расм). Бунда ёриқлар орасидаги масофалар дастлаб пайдо бўлган ёриқлар орасидаги масофадан 2...3 марта камайдиган, арматурадаги кучланишлар эса ошади. Тўсин кўндаланг кесими чўзилган зонаси кўпроқ қийшайди. Натижада арматура сатҳида тўсин сиртидаги бетоннинг чўзилишдаги деформацияси камайдиган. Ёриқлар орасидаги масофаларнинг шундай бир қийматида ташқи юк миқдорининг ошиши билан чўзилган кесимнинг қийшайиши натижасида бетоннинг тўсин сиртидаги деформацияси ошмайди. Чўзилган арматуранинг деформацияси ошиб ёриқларнинг очилиш кенглиги катталашади.

4 ҳолат ёриқлар пайдо бўлиш жараёнининг турғунлашишига мос келади. (2.3, г расм). Бунда арматура ва бетоннинг тўсин сиртидаги деформациялари ёриқлар оралиғида нотекис тарқалган бўлиб, бетоннинг чўзилишдаги деформацияси чегаравий қийматидан бир неча марта кам бўлади. Бу ҳолатда ташқи юк миқдорининг ошиши билан янги ёриқларнинг пайдо бўлиши мумкин бўлмай қолади. Шунинг учун бу ҳолат темирбетон конструкцияларнинг чўзилган зоналарида пайдо бўладиган ёриқларнинг очилиш кенглигини ҳисоблаш учун фойдаланилади.



2.3-расм. Ёриқлар пайдо бўлиш жараёнининг асосий ҳолатлари

Тўсиннинг эгувчи момент ва кесувчи кучлар таъсир қиладиган зоналари текис кучланиш ҳолатида ишлаганлиги сабабли бу зоналарда қия

ёриқларнинг пайдо бўлиш жараёни мураккаб бўлади. Шунга қарамадан бу зоналарда қия ёриқнинг пайдо бўлиш жараёнида, шартли равишда, юқорида келтирилган ҳолатларни кузатиш мумкин.

Умумий ҳолда ёриқларнинг очилиш кенглиги ёриқнинг икки томони бўйича  $2l_{an}$  масофада арматура ва чўзилган бетоннинг ўзаро нисбий силжиш деформацияларининг йиғиндисига тенг бўлади

$$a_{crc} = 2 \int_0^{l_{an}} \varepsilon_g(u) du. \quad (2.1)$$

Ёриқлар пайдо бўлиши жараёнининг 4 ҳолатида  $l_{an}$  ёриқлар орасидаги масофанинг ярмидан кичик ёки унга тенг бўлади, яъни  $l_{an} \leq 0,5 \cdot l_{crc}$ .

Ёриқларнинг очилиш кенглигига арматуранинг миқдори  $\mu_s$  ва бетоннинг чўзилишдаги деформацияси, ёриқ пайдо бўлган кесимда арматурадаги кучланишнинг миқдори  $\sigma_{s,crc}$  ва арматура билан бетоннинг боғланиш мустаҳкамлиги катта таъсир кўрсатади.

## 2.4. Темирбетон конструкцияларнинг эгилиш ҳолатида бузилиш характери

Бузувчи ташқи юқор таъсирдан эгиладиган конструкциялар бўйлама ўққа нормал ва қия бўлган кесимлар бўйича бузилиши мумкин. Нормал кесим бўйича бузилиш эгувчи моментлар таъсирдан содир бўладиган бўлса, қия кесимлар бўйича бузилиш эгувчи момент ва кесувчи кучлар таъсирдан содир бўлади.

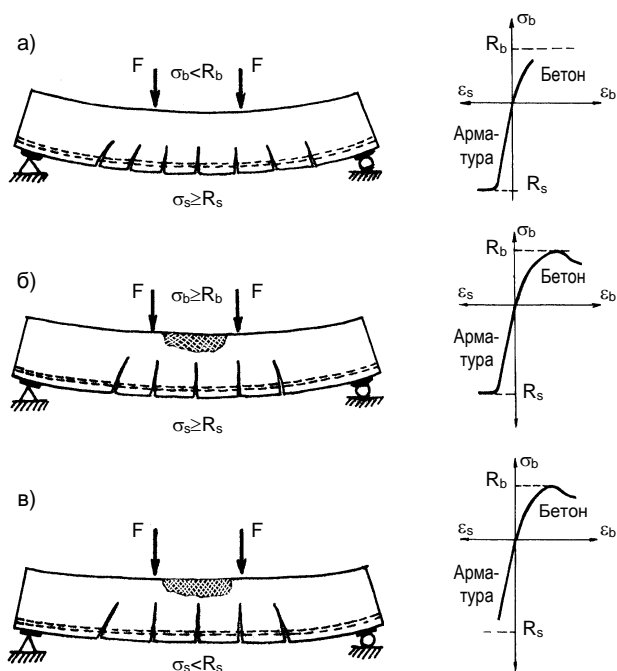
Конструкцияларнинг нормал кесим бўйича бузилиши, умуман олганда, арматуранинг миқдори, унинг механик хоссалари ва таранглаштиришда бериладиган дастлабки кучланишларнинг миқдorigа боғлиқ бўлиб, учта схема бўйича содир бўлади (2.4 расм).

Бузилишнинг I схемаси юмшоқ ва каттиқ пўлатлар билан кам миқдорда жиҳозланган конструкцияларда учрайди. Бузилиш ҳолатида арматурадаги кучланишлар физик ёки шартли оқиш чегарасига етгандан кейин арматурада пластик деформацияларнинг ривожланиши кескинлашади. Ёриқларнинг очилиш кенглиги катталашиб, конструкциянинг салқилиги ошиб боради. Конструкциянинг сиқилиш зонасидаги бетон ҳам пластик ҳолатда деформацияланиб ундаги кучланишларнинг миқдори чегаравий қийматига етмайди ва сиқилиш зонасининг баландлиги маълум бир чегаравий қийматидан катта бўлади ( $x < x_R$ ). Бунда бузилиш конструкциянинг чўзилган томонидан бошланиб, сиқилиш зонасининг мустаҳкамлигидан тўлиқ фойдаланилмайди. Конструкция бузилиш ҳолатида чўзилувчанлиги кам (3...4%) бўлган арматуралар (Вр-II, В-II) билан юқори даражада таранглаштирилиб жиҳозланган бўлса, бузилиш чўзилган арматуранинг узилиши натижасида содир бўлади. Конструкциянинг I схема бўйича бузилиш характери 2.4, а расмда кўрсатилган.

Арматуранинг миқдори маълум бир оптимал

қийматига тенг бўлганда ( $\mu_s \sum \mu_{s,opt}$ ) конструкциянинг бузилиши 2 схема бўйича содир бўлади. Бу схема бўйича бузилиш ҳолатида конструкциянинг чўзилган зонасида жойлашган арматурада кучланишларнинг миқдори физик ёки шартли оқиш чегарасига етиши натижасида пластик деформациялар ривожланиб ёриқларнинг очилиш кенглиги катталашади, конструкциянинг салқилиги эса кескин ошиб боради. Конструкция сиқилиш зонасидаги бетонда пластик деформациялар кескин ҳолатда ривожланиб кучланишларнинг миқдори бетоннинг сиқилишдаги мустаҳкамлигига тенг бўлади. Сиқилиш зонасининг баландлиги эса чегаравий қийматига тенг бўлади ( $x = x_R$ ). Конструкциянинг 2 схема бўйича бузилиш характери 2.4, б расмда кўрсатилган.

Темирбетон конструкцияларнинг 3 схема бўйича бузилиш характери 2.4, в расмда кўрсатилган. Бу схема бўйича бузилиш арматура билан жиҳозланиш миқдорининг катта ( $\mu_s > \mu_{s,opt}$ ) қийматларида содир бўлади. Бунда конструкция чўзилган зонасидаги арматура эластик ҳолатда деформацияланиб, кучланишларнинг миқдори физик ёки шартли оқиш чегарасидан кам бўлади ( $\sigma_s < \sigma_{sy}$ ). Сиқилиш зонасидаги бетон эса пластик ҳолатда деформацияланиб, ундаги кучланишларнинг миқдори бетоннинг сиқилишдаги мустаҳкамлигига тенг бўлади. Конструкция бузилиш ҳолатига келиб қолади. Конструкция чўзилган зонасидаги ёриқларнинг очилиш кенглиги унча катта бўлмаган ҳолда салқилиги ҳам кўп бўлмайди. Сиқилиш зонасининг баландлиги маълум бир чегаравий қийматидан кичик бўлади ( $x < x_R$ ). Бузилиш сиқилган зона томонидан бошланиб мурт характерга эга бўлади.



2.4-расм. Эгиладиган элементларнинг нормал кесим бўйича бузилиш схемалари

Эгиладиган конструкцияларнинг қия кесимлари бўйича бузилиши ҳам нормал кесимлардагидек 3 схемадан иборат бўлади.

Материаллар қаршилиги курсидан маълумки эгиладиган конструкцияларнинг эгувчи момент ва кесувчи кучлар таъсир қиладиган таянч зоналарида бош сиқувчи ва бош чўзувчи кучланишлар ҳосил бўлади

$$\sigma_{mc} = \frac{\sigma_{bc}}{2} \pm \sqrt{\frac{\sigma_{bc}^2}{4} + \tau_{xy}^2} . \quad (2.2)$$

Тадқиқий тажрибалар асосида олинган натижалар шуни кўрсатадики,  $\sigma_{mt} > R_{st}$  бўлганда конструкциянинг таянч зоналарида қия ёриқларнинг 1 ёки 2 хила пайдо бўлади (34 бетга қаранг).

Қия ёриқларнинг I хили элементни икки қисмга ажратади. Бу қисмлар бир-бири билан сиқилган зонада бетон, чўзилган зонада эса арматура билан бириккан бўлади. Ташқи юк миқдорининг ошиши натижасида қия ёриқларнинг очилиш кенглиги катталашади, чўзилган арматурадаги кучланишларнинг миқдори оқиш даражасига етиб сиқилиш зонасининг баландлиги камайиб боради. Натижада икки қисм бир-бирига нисбатан қия ёриқ йўналиши ва сиқувчи зўриқишларнинг тенг таъсир эгувчиси йўналиши бўйича ўтказилган чизиклар кесишган "O" нукта атрофида буралишидан бузилади. Бўйлама арматура бетонга яхши анкерланмаган бўлса қисмларнинг буралиши натижасида арматура бетон танасидан суғирилиб кетади. Қия кесимлар бўйича бузилишнинг бу схемаси нормал кесимлар бўйича бузилиш характериға ўхшайди.

Бўйлама чўзилган арматура бетонга яхши анкерланган бўлса, кесувчи ва сиқувчи зўриқишларнинг биргаликдаги таъсиридан қия кесимнинг бузилиши сиқилиш зонасидаги кучланишларнинг бетон мустаҳкамлигига етиши натижасида содир бўлади. Чўзилган арматурадаги кучланишларнинг миқдори эса оқиш даражасига етмайди.

Қия кесим бўйича бузилишнинг ҳар иккала схемасида ҳам кўндаланг стерженлардаги кучланишларнинг миқдори ҳамма стерженларда ҳам оқиш даражасига етмайди. Фақат қия ёриқнинг энг катта очилиш қийматига мос келган кесимда жойлашган кўндаланг стерженлардагина кучланишларнинг қиймати оқиш даражасига етади.

Юпқа деворли тавр ва қўштавр кесимга эга бўлган конструкциялар арматуралар билан катта миқорда жиҳозланганда сиқилган зонадаги рафининг ишга жалб қилиниши натижасида қия кесимнинг мустаҳкамлиги кескин ошади. Қия ёриқлар орасидаги бетонда зўриқишларнинг қиймати ошиб кетади. Кўндаланг стерженларнинг мустаҳкамлиги эса тўлиқ фойдаланилмайди. Бу ҳолатда сиқувчи кучланишлар таъсиридан конструкция деворидаги бетон чегаравий мустаҳкамлигига эришиши натижасида бузилиш содир бўлади. Бунда конструкция деворида зич жойлашган қия ёриқлар

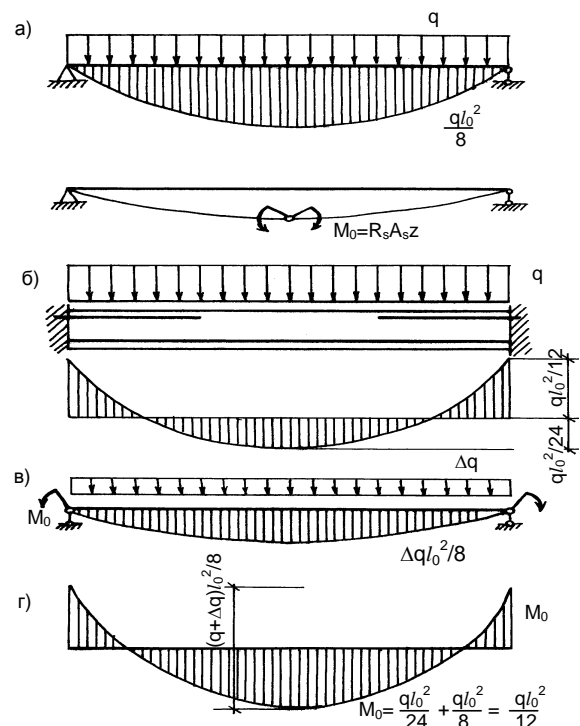
пайдо бўлиб, бетоннинг эзилиши натижасида кўчиши содир бўлади. Элементларнинг бу схема бўйича бузилиши 2.4 расмда кўрсатилган.

## 2.5. Пластик шарнир ҳақида тушунча ва статик ноаниқ конструкцияларнинг бузилиш характери

Статик ноаниқ конструкцияларнинг чўзилган зоналарида жойлашган арматурадаги кучланишларнинг оқиш даражасига етиши натижасида сиқилган зонадаги бетонда жуда катта маҳаллий деформациялар ривожланиб, пластик ҳолатда деформацияланадиган зона ҳосил бўлади. Бу зона пластик шарнир деб аталади. Пластик шарнир оддий шарнирдан фарқ қилади. Оддий шарнирда эгувчи моментнинг қиймати нолга тенг бўладиган бўлса, пластик шарнирда эса эгувчи моментнинг қиймати нолдан фаркли бўлиб ўзгармас бўлади.

Статик аниқ конструкцияда пластик шарнирнинг ҳосил бўлиши уни бузилиш ҳолатига олиб келади. Статик аниқ конструкцияларнинг бузилиш схемалари билан биз юқорида танишдик.

Статик ноаниқ конструкцияларда пластик шарнирнинг ҳосил бўлиши уни бузилиш ҳолатига олиб келмайди. Аксинча, конструкцияда ортиқча боғланишлар мавжуд бўлганлиги сабабли битта пластик шарнирнинг ҳосил бўлиши унинг статик аниқмаслик даражасини биттага камайтиради. Демак, статик ноаниқ конструкцияларнинг бузилиши учун ҳосил бўладиган пластик шарнирларнинг сони ортиқча боғланишлар сонидан биттага кўп булиши шарт. Фақат шу ҳолдагина статик ноаниқ система геометрик ўзгарувчан системага айланиб бузилиш ҳолатига келиб қолади.



2.5-расм. Статик ноаниқ қурилмаларни

ҳисоблашга доир

Мисол учун икки томони билан қистириб бириктирилган темирбетон тўсиннинг ташқи юклар таъсиридан кучланиш ҳолатини қараб чиқамиз (2.5-расм). Тўсин ровок ва таянчларда кўндаланг кесими бир хил бўлган арматуралар билан жиҳозланган бўлсин. Ташқи юклар таъсиридан тўсин кесимларидаги эғувчи момент эпюраси 2.5, б расмда кўрсатилган. Агар тўсин эластик ҳолатда ишласа эғувчи моментнинг энг катта қиймати таянчда ҳосил бўлади. Демак, чўзилган арматурадаги кучланишлар микдорининг оқиш даражасига етиши дастлаб таянчда содир бўлади. Натижада таянч кесими сиқилган зонасидаги бетонда маҳаллий пластик деформациялар ривожланиб, бу кесимда пластик шарнир ҳосил бўлишига олиб келади. Пластик шарнирда эғувчи моментнинг қиймати ўзгармас бўлиб  $M_u = \sigma_{sv} \cdot A_s \cdot Z$  га тенг бўлади. Ташқи юк микдорининг ошишидан арматурадаги пластик деформацияларнинг кескин ривожланиши сабабли кучланишнинг микдори ошмайди.

Тадқиқий тажрибаларнинг кўрсатишича элемент кесимидаги ички жуфт кучлар елкасининг сиқилиш зонаси баландлигининг камайишидан ўзгариши унчалик кўп бўлмайди. У вақтда эғувчи моментнинг ҳам қиймати кўп микдорда ўзгармайди. Ошиб борувчи ташқи юк микдорини пластик шарнир ҳосил бўлган зона қабул қила олмаганлиги сабабли зўриқишларни бошқа кесимлар қабул қилади. Навбатдаги пластик шарнир тўсиннинг ўрта равоғида ҳосил бўлади. Натижада тўсин кесимларида учта пластик шарнир ҳосил бўлгандан кейин (битта ровокда, иккитаси эса таянчларда) статик ноаниқ тўсин бузилиш ҳолатига келиб

қолади.

Пластиклик хоссасига эга бўлган статик ноаниқ темирбетон конструкцияларда пластик шарнирларнинг ҳосил бўлиши ошиб борувчи ташқи юк микдоридан ҳосил бўладиган эғувчи моментларни алоҳида кесимлар ўртасида қайта тақсимланишига олиб келади.

Статик ноаниқ темирбетон конструкцияларда  $M$ ,  $Q$ ,  $N$  зўриқишлар пластик шарнирлар ҳосил бўлишини эътиборга олиб топилгандаги қийматлари эластик схема бўйича топилган қийматларидан фойдали томонга фарқ қилади. Шунинг учун арматура ва бетонни тежамли сарф қилиш мақсадида статик ноаниқ темирбетон конструкцияларни эластик схема бўйича топилган эғувчи моментлар қийматини қайта тақсимлаш йўли билан ҳисоблаш тавсия қилинади.

### Такрорлаш учун саволлар:

1. Темирбетон қаршилиги назариясида тажрибанинг қандай аҳамияти бор?
2. Эгиладиган темирбетон элементларнинг ташқи юк таъсиридан кучланиш ва деформацияланиш ҳолати нечта босқичдан иборат?
3. Темирбетон конструкцияларда қанақа ёриқлар пайдо бўлади?
4. Темирбетон конструкциялар бузувчи ташқи юк таъсиридан эгилиш ҳолатида қандай бузилади?
5. Пластик шарнир нима? Статик ноаниқ конструкцияларнинг бузилиши қандай ҳолатда содир бўлади?

## 3. ТЕМИРБЕТОН КОНСТРУКЦИЯЛАРИНИНГ ЭЛЕМЕНТЛАРИНИ ҲИСОБЛАШ АСОСЛАРИ

### 3.1. Чегаравий ҳолатлар услуби

Темирбетон конструкциялар асосан чегаравий ҳолатлар услуби бўйича ҳисобланади. Шунинг учун бу услуб билан батафсил танишамиз.

Чегаравий ҳолат деб, конструкциянинг шундай бир ҳолатига айтиладики, бу ҳолатда конструкция ташқи юклар таъсирига қаршилик кўрсата олмайди ёки ҳаддан ортиқ деформацияланиши ва маҳаллий бузилиши натижасида уни эксплуатация қилиш мумкин бўлмай қолади. Чегаравий ҳолатлар икки гурпуага бўлинади. Биринчи гурпуа бўйича конструкциянинг юк кўтариш қобилияти (мустаҳкамлиги, устиворлиги ва чидамлилиги) таъминланиши шарт. Иккинчи гурпуа бўйича эса конструкциянинг нормал эксплуатация қилиш учун яроқли бўлиши (салқилиқ, тебраниш, ёриқларнинг пайдо бўлиши ва очилиши бўйича) таъминланиши шарт.

Чегаравий ҳолатнинг биринчи гурпуаси бўйича ҳисоблаш конструкциялар учун асосий бўлиб,

кучланиш ва деформацияланиш ҳолатининг III босқичига асосланади.

Чегаравий ҳолатнинг иккинчи гурпуаси бўйича ҳисоблаш мустаҳкамликлари таъминланган конструкцияларда ёриқларнинг пайдо бўлиши ва очилиш кенглигининг ҳамда салқиликларнинг ҳаддан ошиб кетиши кутилган ҳолларда бажарилади. Бунда кучланиш ва деформацияланиш ҳолатининг Ia ва II босқичлари асос қилиб олинади.

**Асосий ҳисоблаш формулалари.** Конструкцияларни чегаравий ҳолатнинг I гурпуаси бўйича, яъни юк кўтариш қобилияти бўйича ҳисоблашда қуйидаги шарт бажарилиши лозим:

$$Q_{max} \leq R_{min}, \quad (3.1)$$

бу ерда  $Q_{max}$  - ҳисобий юкларнинг биргаликда таъсиридан энг ноқулай ҳолатда элемент кесимида ҳосил бўладиган энг катта зўриқиш;  $R_{min}$  - элемент кесими қабул қила оладиган энг кичик ҳисобий зўриқиш.

$Q_{max}$  зўриқиш бино ва иншоотларнинг қўл-

ланиш соҳасини эътиборга оладиган ишончилилик коэффициентини  $\gamma_n$ , юкларнинг норматив миқдори  $F_n$ , юклар бўйича ишончилилик коэффициентини  $\gamma_f$ , юкларнинг биргаликда таъсир этишини эътиборга оладиган бирикиш коэффициентини  $\psi$  ва ҳисоблаш схемасининг факторларига боғлиқ бўлади.  $R_{min}$  зўриқиш эса материалларнинг норматив қаршилигига  $R_n$ , материаллар бўйича ишончилилик коэффициентларига  $\gamma_i$ , материалларнинг ишлаш шароитини эътиборга оладиган коэффициентларга  $\gamma_s$ , материаллар қаршиликларининг биргаликда чегаравий қийматларига етишини эътиборга оладиган  $\psi_R$  коэффициентга, элемент кўндаланг кесимининг шакли ва ўлчамларига  $C_r$  ҳамда арматура билан жиҳозланиш коэффициентига  $\mu_s$  боғлиқ бўлади. У вақтда (3.1) шарт куйидагича ёзилади

$$Q_{max}(\gamma_n, F_n, \gamma_f, \psi, C_r) \leq R_{min}(R_n, \gamma_i, \gamma_s, \psi, C_r, \mu_s) \quad (3.2.)$$

Бино ва иншоотларнинг қўлланиш соҳасини эътиборга оладиган  $\gamma_n$  коэффициентнинг қиймати бино ва иншоотларнинг масъулияти бўйича синфларига боғлиқ бўлади. Бино ва иншоотларнинг масъулияти бўйича синфларга бўлиниши конструкциянинг чегаравий ҳолатга келиб қолиши натижасида жамиятга келтириладиган моддий ва ижтимоий зиён миқдорига боғлиқ бўлади. Масалан, атом электр станциялари конструкцияларининг чегаравий ҳолатга келиб қолиши натижасида бузилишидан вужудга келадиган моддий ва ижтимоий зиён кўмир сақланадиган омборнинг бузилишидан ҳосил бўладиган моддий ва ижтимоий зиёндан бир неча минг марта кўп бўлади. Шунинг учун ҳам иккала бинога бир хил масъулият қўйиш нотўғри бўлади.

Бино ва иншоотлар масъулиятига қараб учта синфга бўлинади. I синфга мансуб бўлган бино ва иншоотларга иссиқлик ва атом электр станцияларининг бош бинолари, телевизион миноралар ва бошқа бинолар [15] киритилган бўлиб, ишончилилик коэффициентини  $\gamma_n = 1,0$ ; II синфга мансуб бўлган бино ва иншоотларга I ва III синфларга киритилмаган бино ва иншоотлар киритилган бўлиб  $\gamma_n = 0,95$  қабул қилинади; III синфга мансуб бўлган бино ва иншоотларга саралаш ва жойлаш жараёнлари бажарилмасдан сақланадиган қишлоқ хўжалиги маҳсулотлари, ўғит, кўмир омборлари ва бошқа бино ва иншоотлар киритилган. III синфга мансуб бўлган бино ва иншоотлар учун  $\gamma_n = 0,9$  қабул қилинади. Хизмат муддати 5 йилгача бўлган муваққат бино ва иншоотлар учун эса  $\gamma_n = 0,8$ . Ҳисобларда элемент юк кўтариш қобилиятининг чегаравий қиймати, қаршиликларнинг ҳисобий қийматлари, деформациялар ва ёриқларнинг очилиш кенглигининг чегаравий қийматлари  $\gamma_n$  коэффициенти бўлиниши ёки ҳисобий юклар ва бошқа таъсирларнинг қийматлари  $\gamma_n$  га кўпайтирилиши шарт.

Ташқи юкларнинг норматив қийматлари уларнинг таъсир қилиш характериға қараб аниқланади. Юклар таъсир қилиш характериға қараб доимий,

узоқ ва қисқа вақт давомида таъсир қиладиган, муҳим ва монтаж юкларга бўлинади.

Доимий юкларга бино ва иншоот қисмларининг оғирликлари, тупрокнинг оғирлиги ва босими ҳамда олдиндан зўриқтирувчи кучлар қиради.

Узоқ вақт давомида таъсир қиладиган (давомли) юкларга вақтинча ўрнатилган тўсинлар ва пойдеворларнинг оғирликлари, кўзғалмас жиҳозларнинг оғирликлари, суюқлик ва газларнинг босими, омборхоналарга таъсир қиладиган юклар, температурнинг таъсири, пойдеворларнинг нотекис чўкиши натижасида ҳосил бўладиган юклар, бетоннинг чўкиши ва сирпанувчанлиги, турар-жой ва жамоат биноларига таъсир қиладиган фойдали юкларнинг бир қисми, қор қоплами оғирлигининг 30% дан 60% гача бўлган қисми (қор қопламининг оғирлиги бўйича III...VI районлари учун), кранлардан ҳосил бўладиган юкларнинг 50% дан 70 % гача бўлган қийматлари ва бошқа юклар олинади [15].

Қисқа вақт давомида таъсир қиладиган (муваққат) юкларга жиҳозларни бошқариш зоналарида уларни тузатиш учун қўлланиладиган материаллар ва хизмат қиладиган одамларнинг оғирликлари, турар-жой, жамоат ва қишлоқ хўжалиги биноларининг шиптомларига одамлар, жиҳозлар ва хайвонлар оғирлигидан таъсир қиладиган юклар, кранлардан ҳосил бўладиган юкларнинг 30% дан 50% гача бўлган қиймати, шамолнинг босимидан ҳосил бўладиган юк, қор қоплами оғирлигининг 40% дан 70% гача бўлган қиймати (III...VI районлар учун) ва бошқа юклар қабул қилинади.

Муҳим юкларга ернинг тебраниши натижасида содир бўладиган сейсмик ва портлаш натижасида ҳосил бўладиган юклар қиради.

Монтаж юклар конструкцияларни тайёрлаш, сақлаш, бир жойдан иккинчи жойга транспорт воситалари ёрдамида тошиш ҳамда бино ва иншоотларни тиклаш жараёнларида конструкцияларнинг хусусий оғирликларидан ҳосил бўлади.

Муваққат юклар квазистатик, яъни вақт давомида миқдори секин ўзгарадиган ва инерцион кучлар ҳосил бўлмайдиган юкларга ҳамда динамик юкларга бўлинади. Динамик юкларнинг таъсири, одатда, динамик коэффициентлар ёрдамида статик юкларга муқобил бўлган қийматлари билан олмоштирилади.

Ташқи юкларнинг миқдори бир нечта омилларга боғлиқ бўлган ҳолда ўзгариб туради. Шунинг учун ташқи юкнинг норматив қиймати сифатида унинг ўртача ёки ўртача қийматидан юқори бўлган миқдор қабул қилинади. Доимий юкларнинг норматив қиймати бетоннинг ўртача зичлигини эътиборга олиб топилади. Муваққат юкларнинг норматив қийматлари сифатида бино ва иншоотни нормал эксплуатация қилиш жараёнидаги энг катта қиймати олинади. Шамол ва қор қоплами оғирлигидан ҳосил бўладиган юкларнинг норматив қийматлари ҳар йилги катта қийматларининг ўртачасига ёки уларнинг такрорланишидаги ўртача даврига мос бўлган катта қийматига тенг қилиб

олинади. Кранлардан ҳосил бўладиган юкларнинг норматив қийматлари кранлар учун чиқарилган стандартларда берилган бўлади.

Темирбетон конструкцияларни ҳисоблашда ташқи юкларнинг ҳисобий (лойихавий) қийматлари қўлланилади. Юкнинг ҳисобий қиймати унинг норматив қийматини ҳар хил факторлар таъсиридан ўзгарувчанлигини эътиборга оладиган юк бўйича ишончлилик коэффициентига кўпайтириш йўли билан топилади, яъни  $F = F_n \cdot \gamma_f$ . Юк бўйича ишончлилик коэффициентининг қиймати қуйидагича қабул қилинади: конструкцияларнинг хусусий оғирлиги ва табиий ҳолатдаги тупроқлар учун  $\gamma_f = 1,1$ ; енгил ва ғовакли материаллардан тайёрланган буюмлар ҳамда завод шароитида тайёрланадиган иссиқлик ва товушни изоляцияловчи материаллар учун  $\gamma_f = 1,2$ ; конструкциялар қурилиш майдонида тайёрланадиган бўлса  $\gamma_f = 1,3$ ; қўйилган ҳолатдаги тупроқлар учун  $\gamma_f = 1,15$ . Конструкция массасининг камайиши натижасида унинг ишлаш шароити ёмонлашса ишончлилик коэффициентининг қиймати  $\gamma_f = 0,9$  қабул қилинади (конструкцияларни устиворликка ҳисоблашда) меъёрий.

Муваққат юкларнинг меъёрий қийматлари бино ва иншоотларнинг қўлланиш соҳаларига қараб қурилиш меъёри ва қоидаларида (СНиП) [15] берилган. Юк бўйича ишончлилик коэффициентларининг қийматлари эса қуйидагича қабул қилинади: юкнинг тўлиқ меъёрий қиймати 2 кПа дан кам бўлганда  $\gamma_f = 1,3$ ; 2 кПа дан катта бўлганда эса  $\gamma_f = 1,2$  қабул қилинади. Шамол босимидан ҳосил бўладиган юклар учун юк бўйича ишончлилик коэффициенти  $\gamma_f = 1,4$ , қор қоплами оғирлигидан ҳосил бўладиган юклар учун ҳам  $\gamma_f = 1,4$  қабул қилинади.

Темирбетон конструкцияларнинг элементлари чегаравий ҳолатларнинг иккинчи группаси бўйича ҳисобланганда юк бўйича ишончлилик коэффициенти  $\gamma_f = 1$  қабул қилинади.

Табиатда ташқи юклар бино ва иншоотларга алоҳида-алоҳида эмас балким биргаликда таъсир қилади. Шунинг учун ҳам бино ва иншоотлар ташқи юкларнинг биргаликда таъсир қилишининг энг ноқулай ҳолатига ҳисобланади. Юкларнинг биргаликда таъсир қилишининг иккита энг ноқулай бирикмаси қабул қилинган: а) доимий, давомли ва муваққат юкларни ўз ичига оладиган а с о с и й б и р и к м а ; б) доимий, давомли, муваққат ва муҳим юклардан бирини ўз ичига оладиган м у ҳ и м б и р и к м а .

Доимий ва иккитадан кам бўлмаган муваққат юкларни ўз ичига оладиган юкларнинг бирикмасида муваққат юкларнинг қиймати ёки шу юкларга мос бўлган зўриқишлар бирикиш коэффициенти  $\psi$  га кўпайтирилади. Бирикиш коэффициентининг қиймати қуйидагича қабул қилинади: асосий бирикмаларда давомли юклар учун  $\psi_1 = 0,95$ ; муваққат юклар учун эса  $\psi_2 = 0,9$ ; муҳим бирикмаларда давомли юклар учун  $\psi_1 = 0,95$ ; муваққат

юклар учун эса  $\psi_2 = 0,8$ .

Доимий ва битта муваққат юкни ўз ичига олган асосий бирикма учун бирикиш коэффициентининг қиймати бирга тенг қабул қилинади.

Асосий бирикмаларда учта ва ундан кўп бўлган муваққат юклар олинган бўлса уларнинг ҳисобий қийматларини  $\psi_2$  бирикиш коэффициентига кўпайтириш рухсат этилади. Бунда  $\psi_2$  коэффициентининг қиймати қуйидагича қабул қилинади: биринчи муваққат юк учун таъсир даражасига қараб  $\psi_2 = 1,0$ ; иккинчи юк учун  $\psi_2 = 0,8$ , қолган юклар учун эса  $\psi_2 = 0,6$ .

**Мисол 4.** Қалинлиги  $h_s = 100$  мм бўлган темир-бетон плита хусусий оғирлигидан ҳосил бўладиган юза бўйича тенг тақсимланган доимий юкнинг ҳисобий миқдори аниқлансин.

**Ечим.** Плита хусусий оғирлигидан ҳосил бўладиган юза бўйича тенг тақсимланган доимий юкнинг меъёрий миқдори қуйидагича аниқланади

$$g_n = h_s \cdot \gamma_{m0} = 0,1 \cdot 25 = 2,5 \text{ кН/м}^2;$$

ҳисобий миқдори

$$g = g_n \cdot \gamma_f \cdot \gamma_n = 2,5 \cdot 1,1 \cdot 0,95 \approx 2,61 \text{ кН/м}^2,$$

бу ерда,  $\gamma_{m0} = 25 \text{ кН/м}^3$  - темир-бетон ҳажмий оғирлиги;

$\gamma_f = 1,1$  – юк бўйича ишончлилик коэффициенти;

$\gamma_n = 0,94$ , бино тайинланиши бўйича ишончлилик коэффициенти.

**Мисол 5.** Кўндаланг кесим ўлчами  $b \times h = 40 \times 60$  см бўлган темир-бетон тўсин хусусий оғирлигидан ҳосил бўладиган доимий юкнинг ҳисобий миқдори аниқлансин.

**Ечим.** Тўсин хусусий оғирлигидан ҳосил бўладиган доимий юкнинг меъёрий миқдори

$$g_n = b \cdot h \cdot \gamma_{mb} = 0,4 \cdot 0,6 \cdot 25 = 1,2 \text{ кН/м};$$

ҳисобий миқдор

$$g = g_n \cdot \gamma_f \cdot \gamma_n = 1,2 \cdot 1,1 \cdot 0,95 = 1,254 \text{ кН/м}.$$

**Мисол 6.** Кўндаланг кесими  $40 \times 40$  см, баландлиги  $H = 10,8$  м бўлган устун хусусий оғирлигидан ҳосил бўладиган тўпланган юк миқдори аниқлансин.

Юкнинг меъёрий миқдори

$$G_n = b h H \cdot \gamma_{mb} = 0,4 \cdot 0,4 \cdot 10,8 \cdot 25 = 43,2 \text{ кН}.$$

ҳисобий миқдори

$$G = G_n \cdot \gamma_f \cdot \gamma_n = 43,2 \cdot 1,1 \cdot 0,95 = 45,144 \text{ кН}.$$

**Мисол 7.** Мактаб биноси синфхоналари ораёппасига таъсир қиладиган муваққат юкнинг ҳисобий миқдори аниқлансин.

**Ечим.** ҚМҚ [1] – 3 жадвалнинг 2 бандидан мактаб биноси синфи хоналари учун меъёрий юкнинг иккита миқдори аниқланади: тўлиқ миқдори  $v_n = 2$  кПа, ка-



майтирилгани –  $v_{pl} = 0,7$  КПа.

Муваққат юкнинг ҳисобий миқдори:

тўлиқ миқдори –

$$V = v_n \gamma_f \gamma_n = 2 \cdot 1,2 \cdot 0,25 = 2,28 \text{ КПа} = 2,28 \text{ кН/м}^2;$$

камайтирилган миқдори –

$$v_e = v_{pe} \cdot \gamma_f \cdot \gamma_n = 0,7 \cdot 1,2 \cdot 0,95 = 0,978 \text{ КПа} = 0,978 \text{ кН/м}^2.$$

**Мисол 8.** Самарқанд шаҳрида қуриладиган бинога таъсир қиладиган қор қоплами оғирлигидан ҳосил бўладиган ҳисобий юк миқдори аниқлансин. Том бир нишабли бўлиб,  $\alpha = 25^\circ$ .

**Ечим.** ҚМҚ [1] 5 мажбурий иловасида келтирилган 1 харитасидан Самарқанд қор қатлами вази бўйича I районга таълуқли. ҚМҚ [1] 4 жадвалида I район учун қор қатлами оғирлигидан ҳосил бўладиган меъёри юк миқдори  $S_o = 0,50 \text{ кН/м}^2 = 0,5 \text{ кПа}$ .

Қор қоплами оғирлигидан ҳосил бўладиган меъёрий юк миқдори 5 формуладан [1]

$$S_n = S_o \mu = 0,5 \cdot 1 = 0,5 \text{ кН/м}^2,$$

бу ерда,  $\mu$  – ердаги қор қатлами оғирлигидан томга таъсир қиладиган юкка ўтиш коэффициентини, ҚМҚ 3 мажбурий иловасининг 1 схемаси бўйича  $\alpha = 25^\circ$  бўлганлиги учун  $\mu = 1$ .

Қор қоплами оғирлигидан ҳисобий юк

$$S = S_n \gamma_f \gamma_n = 0,5 \cdot 1,4 \cdot 0,95 = 0,665 \text{ кН/м}^2.$$

**Мисол 9.** Зарафшон шаҳрида қуриладиган бинога таъсир қиладиган шамол босимидан ҳосил бўладиган юк аниқлансин.

ҚМҚ [1] нинг мажбурий 5 иловасида келтирилган 3 харитадан Зарафшон шаҳри шамол босими бўйича I районда жойлашган. ҚМҚ [1] 5 жадвалидан I район учун шамол босимидан ҳосил бўладиган меъёрий юк  $\omega_o = 0,38 \text{ кПа} = 0,38 \text{ кН/м}^2$ .

Ер сиртидан Z баландликдаги шамол босимидан ҳосил бўладиган ўртача меъёрий юкнинг актив миқдори

$$\omega = \omega_o K \cdot C = 0,38 \cdot 0,65 \cdot 0,8 = 0,1976 \text{ кН/м}^2;$$

пассив миқдори

$$\omega_{nacc} = 0,38 \cdot 0,65 \cdot 0,6 = 0,1482 \text{ кН/м}^2.$$

Бу ерда, ҚМҚ [1] 6.5 жадвалига биноан Зарафшон шаҳри «В» манзил турига мос келади. ҚМҚ [1] 6 жадвалидан 10 м баландлик бўйича К коэффициент миқдори  $K=0,65$ . С – аэродинамик коэффициент, ҚМҚ [1] мажбурий 4 иловаси 1 схемаси бўйича аниқланади: шамол йўналишидаги сирт учун  $C = 0,8$  шамол йўналишига тескари бўлган сирт учун.  $C_e = -0,6$ .

**Бетоннинг норматив ва ҳисобий қаршиликлари.** Бетон структураси бир жинсли бўлмаганлиги сабабли унинг мустаҳкамлиги ўзгарувчан бўлади. Бир хил бетон қоришмасидан тайёрланган намуналар синов машинасида синалганда ҳар хил қаршиликлар олинади. Бунда бетон структурасининг бир жинсли бўлмаслигидан ташқари бетон намуналарнинг тайёрланиш сифати, синов машиналари ва синаш услубининг аниқлиги сабаб бўла-

ди.

Бир хил бетон қоришмасидан тайёрланган  $N$  та намуна синалганда  $R_1, R_2, R_3 \dots R_N$  қаршиликларга тенг бўлган бетон мустаҳкамлиги олинади. Бу қаршиликлар ўртасидаги муносабат  $R_1 < R_2 < R_3 < \dots < R_N$  бўладиган бўлса, қайси бир қаршилик конструкцияларни ҳисоблаш учун қўлланиши мумкин деган савол туғилади. ҳисоблашларда  $R_1$  қаршилик қўлланиладиган бўлса конструкциянинг ишончлилик даражаси жуда ҳам юқори бўлиб, унинг таннархи ҳам кўп бўлади. Ҳисоблашларда  $R_N$  қаршилик қўлланилганда эса конструкциянинг ишончлилик даражаси даст бўлиб, таннархи ҳам кам бўлади. Биринчи ҳолат ҳам, иккинчи ҳолат ҳам лойиҳачиларни қаноатлантирмайди. У вақтда қаршиликларнинг қайси бири конструкцияларни ҳисоблашда қўлланиши керак? Бу саволга эҳтимоллар назарияси услубларидан жавоб топиш мумкин.

Бетоннинг қаршилиги ўзгарувчан экан, демак уни ўзгарувчан миқдор сифатида қабул қилиш мумкин. Бу ҳолатда бетон қаршилигининг ўзгарувчанлигини баҳолаш учун ўзгарувчан миқдорларнинг статистик тақсимот қонунларидан фойдаланиш мумкин.

Бир хил бетон қоришмасидан тайёрланган намуналарнинг конструкцияларини  $R_1, R_2, R_3 \dots R_N$  декарт системасининг абсисса ўқи бўйлаб, бу қаршиликларнинг пайдо бўлишига мос бўлган  $p_1, p_2, p_3 \dots p_N$  эҳтимолликларини ордината ўқ бўйлаб жойлаштирилганда бетон қаршиликларининг эмпирик тақсимот қовунини ифодаловчи графикни оламиз (3.1, а расм). Бунда бетон қаршиликларининг ўртача қиймати

$$R_m = p_1 R_1 + p_2 R_2 + p_3 R_3 + \dots + p_N R_N. \quad (3.3)$$

$R_1, R_2, R_3 \dots R_N$  қаршиликларнинг ўртасида жойлашган бўлади. Бу формулада  $p_1 = N_1/N, p_2 = N_2/N, p_3 = N_3/N \dots p_N = N_N/N$  бўлиб,  $N_1, N_2, N_3 \dots N_N$  бетоннинг мос бўлган  $R_1, R_2, R_3 \dots R_N$  қаршиликлари сони (синовлар сони);  $N$  - умумий қаршиликлар (синовлар) сони.

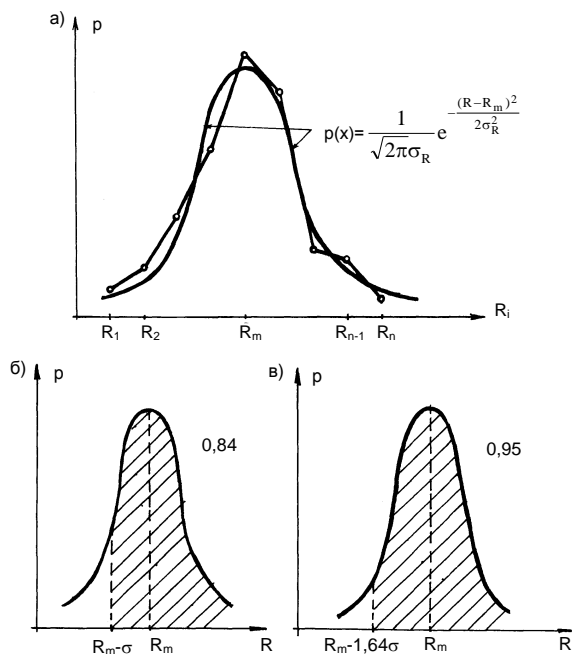
Ҳисоблашларда асосий мустаҳкамлик сифатида бетоннинг ўртача қаршилиги  $R_m$  қўлланиладиган бўлса, бетоннинг ҳақиқий қаршилиги  $R > R_m$  бўлган ҳолларда конструкциянинг мустаҳкамлиги таъминланган,  $R < R_m$  бўлганда эса таъминланмаган бўлади ёки ҳар икки конструкциядан бирининг мустаҳкамлиги таъминланган ҳолда, иккинчисининг мустаҳкамлиги таъминланмасдан қолиш эҳтимоли мавжуд бўлади.

Бу масалани ечишда ўзгарувчан миқдор учун яна бир характеристикани аниқлаймиз. Ҳар бир қаршиликдан унинг ўртача қийматини айириб фарқини топамиз

$$\Delta_1 = R_1 - R_m, \Delta_2 = R_2 - R_m, \dots \Delta_N = R_N - R_m \quad (3.4)$$

Бу фарқларнинг квадратларини шу фарқларнинг пайдо бўлиш эҳтимолларига кўпайтириб қўшиб чиқамиз ва йиғиндидан квадрат илдиз чиқарамиз

$$\sigma_R = \sqrt{p_1 \cdot \Delta_1^2 + p_2 \cdot \Delta_2^2 + \dots + p_N \cdot \Delta_N^2} \quad (3.5)$$



3.1-расм. Бетон мустаҳкамлигининг тақсимот қонуни

Олинган натижа  $\sigma_R$  бетон қаршиликларининг ўртача квадратик чекланиши деб айтилади.

Бетон қаршиликларининг ўртача қиймати  $R_m$  ва ўрта квадратик чекланиши  $\sigma_R$  маълум бўлганда ўзгарувчан миқдор учун назарий тақсимот қонуни аниқланиши мумкин. Кўп тадқиқий тажрибалар шуни кўрсатадики бетон мустаҳкамлигининг тақсимот қонуни нормал – Гаусс қонунига бўйсинади (3.1, а расм). 3.1, а расмдаги эгри чизик ва абсисса ўқи билан чегараланган сатҳнинг юзаси бирга тенг

$$A = \int_{-\infty}^{+\infty} p(x) dx = 1. \quad (3.5)$$

Бетоннинг меъёрий қаршилиги сифатида шундай бир кичик  $R_{bn}$  миқдор қабул қилиниши керакки,  $p(x)$  эгри чизик, абсисса ва  $R_{bn}$  қийматга мос бўлган ордината ўқлари билан чегараланган сатҳнинг юзаси мумкин даражада бирга яқинлашсин. Минимал қаршилик сифатида ( $R_m - \sigma_R$ ) қабул қилинадиган бўлса, эгри чизик остидаги юза  $A = 0,84$  га (3.1,6 расм) тенг бўлади; ( $R_m - 1,64 \cdot \sigma_R$ ) қаршилик қабул қилинадиган бўлса  $A = 0,95$  (3.1, в расм) ва  $R_m - 3\sigma_R$  қаршилик қабул қилинадиган бўлса,  $A = 0,999$  га тенг бўлади.

Умумий ҳолда бетоннинг норматив қаршилигини аниқлаш учун қуйидаги ифодани ёзиш мумкин

$$R_{bn} = R_m - \chi \sigma_R \quad (3.6)$$

Бетон қаршилигининг ўрта квадратик чекланишининг қаршилик ўртача миқдорига нисбати бетон қаршилиги ўзгарувчанлигини ифодалайди, яъни  $v = \sigma_R / R_m$ . У вақтда

$$R_{bn} = R_m (1 - \chi \cdot v), \quad (3.7)$$

бу ерда  $\chi$  - ишонччилик даражаси.

Бетон қаршилигининг ўзгарувчанлигини ифодаловчи  $v$  коэффициентнинг миқдори бетоннинг сифатига ва бошқа омилларга боғлиқ бўлиб, темирбетон конструкциялари тайёрлайдиган ҳамма заводларда бир хил қийматга эга бўлмайди. Шунинг учун ҳамма заводларда бетоннинг норматив қаршилигини таъминлаш шарт бўлиб, ўртача қаршилик  $R_m$  эса бетон қаршилигининг ўзгарувчанлигини эътиборга олган ҳолда ишлаб чиқаришнинг ҳар бир конкрет шароити учун алоҳида аниқланади. Бетоннинг сифати яхши бўлса  $v$  коэффициентнинг миқдори кам бўлиб бетоннинг ўртача қаршилиги учун кичик бўлган миқдор қабул қилиниши мумкин. Акс ҳолда бетоннинг ўртача қаршилиги учун катта бўлган миқдор қабул қилинади. Бу ўз навбатида цемент сарфини оширишга олиб келади.

Темирбетон конструкциялари заводларида бетоннинг сифатини назорат қилиш учун бетоннинг сиқилишдаги мустаҳкамлиги бўйича синфи қўлланилади.

Бетоннинг мустаҳкамлиги 95% таъминланиши билан аниқланади. Бунинг учун ишонччилик даражаси  $\chi = 1,64$  га тенг бўлиши керак. У вақтда

$$R_{bn} = R_m (1 - 1,64v) \quad (3.8)$$

Қурилиш меъёри ва қоидаларига [15] биноан бетон қаршилиги ўзгарувчанлигини ифодаловчи коэффициентнинг қиймати  $v = 0,135$  га тенг.

Бетон призмаларнинг марказий сиқилишдаги норматив қаршилиги (призматик мустаҳкамлик) кубик мустаҳкамликнинг норматив қийматларига боғлиқ бўлган ҳолда (3.7) формуладан аниқланади. Бетоннинг призматик мустаҳкамлиги унинг синфига мос равишда 3.1 жадвалда келтирилган.

Бетоннинг марказий чўзилишдаги норматив қаршилиги, бетоннинг чўзилишдаги мустаҳкамлиги назорат қилинмаганда, кубик мустаҳкамликнинг норматив қийматларига боғлиқ бўлган ҳолда (1.6)... (1.9) формулалардан аниқланади. Бетоннинг чўзилишдаги мустаҳкамлиги унинг синфига мос равишда 3.1 жадвалда келтирилган.

Бетоннинг марказий чўзилишдаги мустаҳкамлиги ишлаб чиқаришда бевосита намуналарни сиқаш йўли билан назорат қилинадиган бўлса, бетоннинг марказий чўзилишдаги норматив қаршилиги қуйидаги формуладан аниқланади ва бетоннинг чўзилишдаги мустаҳкамлиги бўйича синфини "B<sub>t</sub>" ифодалайди

$$R_{bt} = R_{bn} (1 - 1,64 \cdot v) \quad (3.9)$$

Чегаравий ҳолатнинг биринчи группаси учун бетоннинг ҳисобий  $R_b$  ва  $R_{bt}$  қаршиликлари норматив қаршиликларни сиқилиш ва чўзилиш ҳолатларига мос бўлган  $\gamma_{bc}$  ва  $\gamma_{bt}$  ишонччилик коэффициентларига бўлиш йўли билан аниқланади:

$$R_b = R_{bn} / \gamma_{bc}; R_{bt} = R_{bn} / \gamma_{bt}. \quad (3.10)$$

Оғир, майдадонали, енгил ва ғовакли бетонлар

учун  $\gamma_{bc} = 1,3$ ;  $\gamma_{bt} = 1,5$ .

Чегаравий ҳолатнинг иккинчи группаси учун бетоннинг ҳисобий қаршиликлари  $R_{b,ser}$  ва  $R_{bt,ser}$  ишончлилик коэффициентининг қиймати  $\gamma_{bc} = \gamma_{bt} = 1,0$  бўлганда аниқланади, яъни миқдор жихатдан норматив қийматларига тенг қилиб олинади. Чунки конструкцияни биринчи группа бўйича чегаравий ҳолатга келиб қолиши (салкилик ва ёриқлар очилиш кенглигининг норматив қийматларидан ошиб кетиши) биринчи группа бўйича чегаравий ҳолатга (бузилиш ҳолатига) келиб қолишига нисбатан хавфли бўлмайди ва конструкцияни бузилиш ҳолатига олиб келмайди.

Темирбетон конструкциялар чегаравий ҳолатнинг биринчи группаси бўйича ҳисобланганда бетоннинг ҳисобий қаршиликлари  $R_b$  ва  $R_{bt}$  зарурат туғилганда, бетоннинг ишлаш шароитини эътиборга оладиган  $\gamma_{bi}$  коэффициентларга кўпайтирилиб қиймати камайтирилади ёки оширилади. Масалан, конструкция давомли юклар таъсирида бўлса, бетон мустаҳкамлигининг камайиши  $\gamma_{b2} = 0,9$  коэффициенти орқали, давомли бўлмаган муваққат юклар таъсирида бўлса, бетон мустаҳкамлигининг ошиши  $\gamma_{b2} = 1,1$  коэффициенти орқали эътиборга олинади [15].

**3.1-жадвал.** Оғир бетоннинг мустаҳкамлик ва деформацияланувчанлик характеристикалари

Сиқилишдаги мустаҳкамлик бўйича бетоннинг синфи	Бетоннинг норматив қаршилиги ва чегаравий ҳолатларнинг иккинчи туркуми бўйича ҳисоблашда ҳисобий қаршилик, МПа		Чегаравий ҳолатларнинг биринчи туркуми бўйича ҳисоблашда бетоннинг ҳисобий қаршилиги, МПа		Бетоннинг сиқилишдаги дастлабки эластиклик модули $E_b \cdot 10^{-3}$ , МПа	
	сиқилиш $R_{bn}$ $R_{b,ser}$	чўзилиш $R_{bt,n}$ $R_{bt,ser}$	сиқилиш $R_b$	чўзилиш $R_{bt}$	табиий шароитда котганда	котиш жараёнида атмосфера босими остида иссиқлик таъсирида ишлов берилганда
V3,5	2,1	0,39	2,1	0,26	9,5	8,5
V5	3,5	0,55	2,8	0,37	13,0	11,5
V7,5	5,5	0,70	4,5	0,48	16,0	14,5
V10	7,5	0,85	6,0	0,57	18,0	16,0
V12,5	9,5	1,00	7,5	0,66	21,0	19,0
V15	11,0	1,15	8,5	0,75	23,0	20,5
V20	15,0	1,40	11,5	0,90	27,0	24,5
V25	18,5	1,60	14,5	1,05	30,0	27,0
V30	22,0	1,80	17,0	1,20	32,5	29,0
V35	25,5	1,95	19,5	1,30	34,5	31,0
V40	29,0	2,10	22,0	1,40	36,0	32,5
V45	32,0	2,20	25,0	1,45	37,5	34,0
V50	36,0	2,30	27,5	1,55	39,0	35,0
V55	39,5	2,40	30,0	1,50	39,5	35,5
V60	43,0	2,50	33,0	1,65	40,0	36,0

**Арматуранинг норматив ва ҳисобий қаршиликлари.** Арматуранинг норматив қаршилиги сифатида назорат қилинадиган қуйидаги қийматларнинг энг кичиги қабул қилинади:

- физик оқиш чегарасига эга бўлган стерженли арматуралар учун - физик оқиш чегараси;

- шартли оқиш чегарасига эга бўлган стерженли арматуралар, юқори мустаҳкамликқа эга бўлган симлар ва арматури ариқонлар учун - 2% қолдиқ деформация ҳосил қиладиган кучланиш қийматига мос бўлган шартли оқиш чегараси;

- оддий симли арматуралар учун - узилишдаги вақтинча қаршилигининг 75%, яъни  $R_{ns} = 0,75 \cdot R_{su}$ ,  $R_{su} = N_u / A_s$  симли арматуранинг узилишдаги вақтинчалик қаршилиги.

Арматуранинг назорат қилинадиган бу характеристикалари арматура тайёрланадиган пўлат учун давлат стандартлари ва техник шартларга мувофиқ қабул қилинади ва 0,95 дан кам бўлмаган эҳтимоллик билан тайинланади.

Чегаравий ҳолатларнинг биринчи ва иккинчи

группалари учун арматураларнинг чўзилишдаги ҳисобий қаршиликлари қуйидаги формуладан аниқланади

$$R_s = \frac{R_{sn}}{\gamma_s}, \quad (3.11)$$

бу ерда  $\gamma_s$  - арматура бўйича ишончлилик коэффициенти. Бу коэффициентнинг қиймати қуйидагича қабул қилинади: синфи А-I, А-II бўлган арматуралар учун  $\gamma_s = 1,05$ ; А-III арматура учун - 1,07...1,1; А-IV ва А-V арматура учун - 1,15; А-VI арматура учун - 1,2; Вр-I арматура учун - 1,1; В-II, Вр-III, К-7 ва К-19 синфли арматуралар учун - 1,2. Чегаравий ҳолатларнинг иккинчи группаси учун арматураларнинг синфларидан қатъий назар  $\gamma_s = 1,0$  қабул қилинади

Конструкцияларни чегаравий ҳолатларнинг биринчи группаси бўйича ҳисоблашда арматуранинг бетонга боғланиши таъминланган бўлса унинг сиқилишдаги ҳисобий қаршилиги қуйидагича қабул қилинади: арматуранинг чўзилишдаги ҳисо-

бий қаршилиги  $R_s < 400$  МПа бўлса,  $R_{sc} = R_s \leq 400$  МПа;  $R_s > 400$  МПа бўлса,  $R_{sc} = 400$  МПа қабул қилинади.

Арматураларнинг норматив қаршиликлари  $R_{sn}$ , ҳисобий қаршиликлари  $R_{s,ser}$  ва  $R_s$ , сиқилишдаги ҳисобий қаршиликлари  $R_{sc}$  ва эластик модуллари-нинг қийматлари 3.2 жадвалда келтирилган.

Чегаравий ҳолатларнинг биринчи группаси учун арматуранинг ҳисобий қаршиликлари арматуранинг ишлаш шароитини эътиборга оладиган  $\gamma_{si}$  коэффициентларга кўпайтирилиб оширилади ёки камайтиради. Масалан, юқори мустаҳкамликка эга бўлган арматура шартли оқиш чегарасидан

юқори бўлган кучланишлар таъсирида ишлаганда арматура мустаҳкамлигининг ошиши  $\gamma_{s6} = 1,1 \dots 1,2$  коэффициенти орқали эътиборга олинади.

Конструкцияларни чегаравий ҳолатларнинг иккинчи группаси бўйича ҳисоблашда қуйидаги шартлар бажарилиши лозим:

а) ёриқларнинг пайдо бўлиши бўйича - ҳисобий ёки норматив юклар таъсиридан ҳосил бўладиган зўриқишлар элемент кесимининг ёриқлар пайдо бўлишига кўрсатадиган қаршилигига тенг ёки ундан кичик бўлиши шарт;

$$Q \leq R_{crc}; \quad (3.12)$$

### 3.2. жадвал. Арматураларнинг норматив ва ҳисобий қаршиликлари, эластик модули, МПа

Арматуранинг синфи	Диаметри, мм	Чегаравий ҳолатнинг иккинчи группаси бўйича ҳисоблашда арматуранинг норматив $R_{sn}$ ва ҳисобий $R_{s,ser}$ қаршиликлари	Чегаравий ҳолатнинг биринчи группаси бўйи ҳисоблашда арматуранинг ҳисобий қаршилиги			Эластиклик модули, $E_s \cdot 10^5$
			чўзилишда		сиқилишда $R_{sc}$	
			бўйлама ва қия эгувчи момент таъсирига ҳисобланганда кўндаланг арматура учун, $R_s$	қия кесим кесувчи куч таъсирига ҳисобланганда кўндаланг арматура учун, $R_{sw}$		
<b>СТЕРЖЕНЛИ</b>						
А-I	6...22	235	225	175	225	2,1
А-II	10...32	295	280	225	280	2,1
А-III	6...8	390	355	285	355	2,0
А-III	10...40	390	365	290	365	2,0
А-IIIв чўзилиш назорат қилинганда	20...40	540	490	390	200	1,8
кучланиш ва чўзилиш назорат қилинганда	20...40	540	450	360	200	1,8
А-IV	10...32	590	510	405	400	1,9
А-V	10...32	785	680	545	400	1,9
А-VI	10...32	980	815	650	400	1,9
<b>СИМЛИ</b>						
Вр-I	3	410	375	270 (300)	375	1,7
	4	405	365	265 (296)	365	1,7
	5	395	360	260 (290)	360	1,7
Вр-II	3	1460	1215	970	400	2,0
	4	1370	1145	915	400	2,0
	5	1250	1045	835	400	2,0
	6	1175	980	785	400	2,0
	7	1100	915	730	400	2,0
В-II	3	1490	1240	990	400	2,0
	4	1410	1180	940	400	2,0
	5	1335	1110	890	400	2,0
	6	1255	1050	835	400	2,0
	7	1175	980	785	400	2,0
В-II	8	1100	915	730	400	2,0
	8	1100	915	730	400	2,0
<b>АРҚОНЛИ</b>						
К-7	6	1450	1210	965	400	1,8
	9	1370	1145	915	400	1,5
	12	1335	1110	890	400	1,5
	15	1295	1080	865	400	1,5

б) нормал ва қия ёриқларнинг очилиши бўйича - ёриқларнинг арматура сатҳидаги очилиш кенглиги нормада [15] кўрсатилган қийматларга тенг ёки ундан кичик бўлиши шарт

$$a_{crc} \leq a_{crc,u}; \quad (3.13)$$

в) нормал ва қия ёриқларнинг ёпилиши бўйича - муваққат юклар таъсиридан очиладиган ёриқларнинг кенглиги, талаб қилинган ҳолларда, юкнинг таъсири йўқолганда маҳкам ёпилиши шарт;

г) салкиликлар бўйича - ҳисобий юклар ( $\gamma_f = 1,0$  бўлганда) таъсиридан элементларнинг салкилик-

лари  $f$  нормада [15] келтирилган қийматлардан катта бўлмаслиги шарт

$$f \leq f_{\text{н.}} \quad (3.14)$$

Баъзи бир камчиликларига қарамасдан чегаравий ҳолатлар услуби материаллар қаршиликларини ва юклар миқдорининг ўзгарувчанлигини алоҳида-алоҳида коэффициентлар орқали эътиборга олганлиги сабабли прогрессив услуб саналади. Ҳозирги вақтда чегаравий ҳолатлар услуби ҳамма бинокорлик конструкцияларини, шу жумладан темирбетон конструкцияларини ҳам ҳисоблаш учун қўлланилмоқда ва шунга ўхшаган услуб хорижий давлатларда ҳам тўлиқсиз эҳтимоллик услуби номи билан қўлланилмоқда.

Чегаравий ҳолатлар услубининг камчиликларига ҳар бир ҳисоблаш омили учун материаллар ва юклар бўйича ишончлилик юэффициентларини бошқа омиллар ўзгарувчанлигини эътиборга олмасдан топилиши мисол бўлади. Бунда, тасоддий омилларнинг сони кўп бўлган конструкциянинг ишончлилик даражаси талаб қилинадиган миқдордан катта бўлади ва етарли даражада тежамли ҳисобларга олиб келмайди. Агар тасоддий омил битта бўлса, конструкциянинг ишончлилик даражаси талаб қилинадиганидан паст бўлади. Бундан ташқари чегаравий ҳолатлар услуби конструкцияларнинг вақт давомида мустаҳкамлигини ҳамда хизмат муддатини аниқлашга имкон бермайди.

### 3.2. Ишончлиликка ҳисоблаш асослари

Ишончлиликка ҳисоблаш асослари билан танишишдан олдин ишончлилик назариясининг асосий тушинчалари билан танишиб чиқайлик.

**И ш о н ч л и л и к** - берилган тартиб ва қўлланиш шароитига, техник хизмат ва ремонт қилиш, сақланиш ва тошишга мос бўлган конструкция учун тайинланган эксплуатацион кўрсаткичларининг қийматларини вақт давомида белгиланган чегарада сақлаган ҳолда берилган функцияни бажариш хоссасидир.

**Р а д э т м а с л и к** - маълум вақт давомида конструкциянинг ишга яроқлилигини узлуксиз равишда сақлаш хоссаси. Рад этмаслик кўрсаткичларига рад этмаслик эҳтимоллиги, биринчи марта рад этиш содир бўлгунча конструкциянинг ўртача давомли ишлаши, рад этиш жадаллиги ва бошқалар киради.

**К ў п г а ч и д а м л и л и к** деб, узоқ вақт давомида лойиҳавий ремонт қилиш, қайта тиклаш ва кучайтиришни эътиборга олган ҳолда конструкциянинг ишлаш қобилиятини сақлаш хоссасига айтилади.

**С а қ л а н и ш л и к** конструкцияни сақлаш ва ташиш жараёнида ва ундан кейин ишга яроқлилик ҳолатини узлуксиз сақлаш хоссасидир.

**Р е м о н т г а я р о қ л и л и к** деб, рад этиш ва бузилишларни вужудга келишини оғоҳлантириш ва сабабларини аниқлаш ҳамда уларни ремонт

қилиш ёки бошқа йўл билан бартараф этишнинг тадбирларини амалга ошириш учун конструкцияга эркин ёндошиш ва қўлайлик хоссаси тушинилади.

**Қаршилиқ ва зўриқишларнинг ўзгарувчанлиги ва статистик тақсимот қонунлари.** Темирбетон конструкцияларини тайёрлаш учун ишлатиладиган бетон ва арматуранинг мустаҳкамликлари ўзгарувчанлик хоссасига эга. Шунинг учун бу материаллардан тайёрланган конструкциянинг мустаҳкамлиги ҳам ўзгарувчан бўлади. Ўзгарувчанлик конструкцияда ҳосил бўладиган зўриқишларга ҳам хосдир. Чунки конструкцияга таъсир қиладигая юклар ўз навбатида табиатан ўзгарувчан бўлади.

Бетон қаршилигининг (мустаҳкамлигининг) ўзгарувчанлигига асосий сабаб, бу бетон қоришмасининг бир жинсли бўлмаганлигидадир. Конструкцияларнинг кўндаланг кесимлари ва узунликлари бўйича бетоннинг зичлиги, мустаҳкамлиги ва деформацияланишининг бир хил бўлмаслиги конструкцияларни тайёрлаш жараёнида бетон қоришмасининг таркибидаги катта тўлдирувчиларнинг пастга чўкиши билан характерланади. Бундан ташқари бетоннинг қотиши жараёнида цемент билан боғланмаган ортиқча сувнинг буғланиши натижасида ҳар хил ўлчамдаги бўшлиқларнинг пайдо бўлиши бетон мустаҳкамлигининг ўзгарувчанлигини оширади.

Арматура сифатида ишлатиладиган пўлат мустаҳкамлигининг ўзгарувчанлиги кам бўлиб, бу унинг бетонга нисбатан бир жинсли эканлигидан далолат беради.

Бетон ва арматура мустаҳкамликларининг ўзгарувчанлиги тасоддий миқдорларнинг нормал тақсимот қонунига бўйсинади деб қабул қилинади. Нормал тақимот қонуни қуйидаги функция орқали ифодаланади

$$F(x) = \frac{1}{\sigma(x)\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x \exp\left[-\frac{(x-x_m)^2}{2\sigma^2(x)}\right] dx; \quad (3.15)$$

тақсимот зичлиги эса

$$p(x) = \frac{1}{\sigma(x)\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x-x_m)^2}{2\sigma(x)^2}\right], \quad (3.16)$$

бу ерда  $x_m$ ,  $\sigma(x)$  - тасоддий миқдорларнинг математик кутилиши ва ўрта квадратик чекланиши (стандарт).

Конструкцияларга таъсир қиладиган юкларнинг миқдори ҳам ўзгарувчан бўлади. Миқдори энг кам ўзгарадиган юкларга доимий ва давомли юклар мисол бўлади. Бу юкларнинг ўзгарувчанлиги статистик нормал тақсимот қонунига яқин бўлади ва ўзгарувчалик коэффициентининг қиймати 5... 10% оралиғида ўзгаради.

Қисқа вақт таъсир қиладиган муваққат юкларнинг ўзгарувчанлиги статистик жиҳатдан кам ўрганилган. Ҳозирги вақтда фақат климатик юклар, технологик юклардан эса, кранлардан ҳосил бўладиган юклар чуқур ўрганилган. Ускуналардан, ма-

териаллар, одамлар ва ҳайвонларнинг оғирликларидан ҳосил бўладиган юкларнинг ўзгарувчанлиги шу вақтгача статистик моделлар ёрдамида тўлиқ ўрганилмаган. Шунинг учун конструкцияларни лойиҳалашда кўпчилик ҳолларда инженерлик тажрибасига таянилади.

Қор қоплами оғирлигидан ҳосил бўладиган юкларнинг ўзгарувчанлиги Гумбел тақсимот қонунига яқин бўлади. Бу қонуннинг тақсимот функцияси қуйидаги кўринишда бўлади

$$F(x) = \exp\left[-\exp\left(\frac{a-x}{\beta}\right)\right]. \quad (3.17)$$

Эҳтимоллик зичлиги эса қуйидаги формула орқали ифодаланади

$$p(x) = \frac{1}{\beta} \exp\left[-\frac{a-x}{\beta} \exp\left(\frac{a-x}{\beta}\right)\right]. \quad (3.18)$$

бу ерда  $-\infty < x < \infty$ ,  $-\infty < a < \infty$ ,  $\beta > 0$ .

Шамол босимидан ҳосил бўладиган юкнинг ўзгарувчанлиги Вейбулл тақсимот қонунига яқин бўлиб, тақсимот функцияси қуйидаги формула орқали ифодаланади

$$F(x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x}{\Theta}\right)^{-\beta}\right]. \quad (3.19)$$

Тақсимот зичлиги

$$p(x) = \frac{\beta}{\Theta} \left(\frac{x}{\Theta}\right)^{-\beta+1} \exp\left[-\left(\frac{x}{\Theta}\right)^{-\beta}\right]. \quad (3.20)$$

Конструкцияда ҳосил бўладиган  $Q$  зўриқиш ҳар хил тақсимот қонунига бўйсинадиган бир нечта юкларнинг биргаликдаги таъсирдан содир бўлади. Зўриқишнинг асосий қисми доимий ва давомли юклардан содир бўладиган бўлса, у вақтда  $Q$  зўриқиш функциясининг тақсимот қонуни бир модалли бўлиб нормал тақсимот қонунидан кам фарк қилади. Агар конструкциядаги ортиқча зўриқиш шамол босими ёки қор қоплами оғирлигидан ҳосил бўладиган ҳамда муҳим юкларнинг ўзгарувчанлигидан содир бўладиган бўлса,  $Q$  зўриқиш тақсимот қонуни зичлигининг функцияси шу юкларнинг тақсимот қонуни билан характерланади.

**Ишончлиликка ҳисоблаш принципи.** Эҳтимоллар назарияси услубларини темирбетон конструкцияларни лойиҳалаштиришга қўллашнинг асослари қуйидагилардан иборат. Дастлабки ҳисобий маълумотлар (бетон ва арматуранинг мустаҳкамликлари, ташқи юкларнинг миқдорлари ва ҳоказо) нинг асосий қисми қабул қилинган тақсимот қонуни бўйича ўзгарадиган тасоддий миқдор сифатида тасаввур қилинади. Мустаҳкамлик факторлари ва юк параметрлари ўртасида қабул қилинган боғланишлардан келтирилган мустаҳкамлик  $R(x)$  ва келтирилган зўриқиш  $Q(x)$  ўртасидаги  $S(x)$  фарқ аниқланади, яъни

$$S(x) = R(x) - Q(x) \quad (3.21)$$

ва бу айирма учун тақсимот қонуни қурилади. Ўзгарувчан  $S(x)$  миқдорнинг мусбат бўлиши эҳтимоллиги конструкциянинг ишончлигидан дарак беради

$$P_{suc} = 1 - P_{fail} = P_{rob} [S(x) > 0]. \quad (3.22)$$

Агар конструкциянинг мустаҳкамлиги ва унда ҳосил бўладиган зўриқишнинг ўзгарувчанлиги нормал тақсимот қонунига бўйсинадиган бўлса,  $S(x)$  тасоддий миқдор ҳам нормал тақсимот қонунига бўйсунди. У вақтда конструкциянинг ишлаш жараёнида рад этмаслик эҳтимоли қуйидагича аниқланади

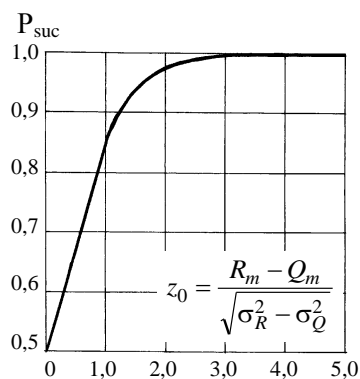
$$P_{suc} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-Z_0}^{\infty} e^{-\frac{z^2}{2}} dz, \quad (3.23)$$

бу ерда

$$Z_0 = \frac{R_m - Q_m}{\sqrt{\sigma_R^2 - \sigma_Q^2}}; \quad (3.24)$$

$Z$  - нормал қонун бўйича тақсимланган нормаллаштирилган тасоддий миқдор;  $R_m$  - мустаҳкамликнинг ўртача қиймати;  $Q_m$  - зўриқишнинг ўртача қиймати;  $\sigma_R$ ,  $\sigma_Q$  мустаҳкамлик ва зўриқишларнинг ўртача квадратик чекланиши.

(3.23) формуладан аниқланадиган конструкциянинг рад этмасдан ишлаш эҳтимоллиги интегралнинг қуйи чегараси  $Z_0$  га боғлиқ.  $Z_0$  миқдор билан рад этмаслик эҳтимоли  $P_{suc}$  ўртасидаги боғланиш 3.2 расмда кўрсатилган.



3.2-расм. Рад этмаслик эҳтимоли билан  $Z_0$  ўртасидаги боғланиш

Конструкцияларнинг рад этиши икки хил бўлади. Рад этишнинг биринчи хили иқтисодий зиённи келтирадиган бўлса, иккинчи хили эса иқтисодий зиён билан боғлиқ бўлмасдан маънавий зиённи вужудга келтиради.

Соф иқтисодий масъулиятга эга бўлган темирбетон конструкцияларда оптимал ишончлилик қуйидаги шартдан аниқланади

$$\bar{C} = C_0 + \sum_{i=1}^n P_{fail,i} \cdot Y_i = \min, \quad (3.25)$$

бу ерда  $C_0$  - конструкцияни тайёрлашдаги дастлабки харажат;  $P_{fail,i}$  - алоҳида вужудга келадиган зиённинг эҳтимоли;  $Y_i$  - ҳар бир бузилишдан вужудга

келадиган зиён;  $C$  - конструкцияни тайёрлаш ва мумкин бўладиган бузилишни тиклаш учун сарф қилинадиган харажатларнинг йиғиндиси.

Иқтисодий масъулиятга эга бўлмаган темирбетон конструкцияларни лойиҳалашда конструкциянинг рад этиши (бузилиши) натижасида одамларнинг ўлими ёки жароҳатланиши, бебаҳо бўлган тарихий ва бадиий бойликларнинг нобуд бўлиши кузатилади. Бу йўқотишларнинг ҳаммасини ҳам иқтисодий ҳисоблар ва пул билан ўлчаб бўлмайди. Шунинг учун бу зарарни иқтисодий ҳисоб йўли билан амалга ошириш услублари яратилгунча амалий ҳисобларда маълум бир миқдорлар эркин ҳолатда қабул қилиниши мумкин. Бу миқдор сифатида конструкциянинг бузилмаслик эҳтимоли қабул қилиниши мумкин.

**Мисол 10.** Бетоннинг сиқилишдаги мустаҳкамлиги бўйича синфи аниқлансин.

Бетон қоришмасидан ўлчами  $150 \times 150 \times 150$  мм бўлган 10 дона куб тайёрланган. Бетон кублар нормал шароитда 28 сутка сақлангандан кейин пресс остида сиқилишга синалган. Синов натижалари 1 жадвалда келтирилган.

1 жадвал.

Намуна номери	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Бетон мустаҳкамлиги $R_i$ , МПа	18,2	19,1	21,4	18,3	19,1	21,4	20,0	20,1	22,0	21,6

**Ечим.**

1. Бетон кубларнинг сиқилишдаги ўртача мустаҳкамлиги куйидаги формуладан аниқланади

$$R_m = \sum \frac{R_i}{n} = \frac{18,2 + 19,1 + 21,4 + 18,3 + 19,1 + 21,4 + 20,0 + 20,1 + 22,0 + 21,6}{10} + \frac{20,1 + 22,0 + 21,6}{10} = 20,12 \text{ МПа.}$$

2. Бетон кубларнинг сиқилишдаги мустаҳкамлигининг ўрта квадрат чекланиши,  $\sigma = 1,345$  (ҳисоблаш натижалари 2 жадвалда келтирилган).

2 жадвал

Бетон кубнинг ўртача мустаҳкамлиги, $R_m$ , МПа	$R_m - R_i$	$(R_m - R_i)^2$	$\sigma = \sqrt{\frac{(R_m - R_i)^2}{n-1}}$	$C_v = \frac{\sigma}{R_m}$	Бетон синфи $B = R_m(1 - 164C_v)$
20,12	1,92	3,6864	1,345	0,067	17,91
	1,02	1,0404			
	-1,28	1,6384			
	1,82	3,3124			
	1,02	1,0404			
	-1,28	1,6384			
	0,12	0,0144			
	0,02	0,0004			
	-1,88	3,5344			
	-1,48	2,1904			
		18,096			

3. Бетон мустаҳкамлигининг ўзгарувчанлиги коэффициенти

$$C_v = \frac{\sigma}{R_m} = 1,345/20,12 = 0,067.$$

Бетон мустаҳкамлиги ўзгарувчанлигининг меъерий қиймати ҚМҚ [1] да  $C_v = 0,135$  қабул қилинган. Демак бетон қоришмасидан тайёрланган бетон кублар мустаҳкамлигининг ўзгарувчанлиги коэффициенти меъерий қийматига нисбатан кам.

4. Бетоннинг сиқилишдаги мустаҳкамлиги бўйича синфи

$$B = R_m(1 - 1,64C_v) = 20,12(1 - 1,64 \times 0,064) = 17,91 \text{ МПа.}$$

Бетон синфи В15 ва В20 ўртасида жойлашганлиги учун бетон синфини кам томонга, яъни В15 қабул қилинади.

Ҳисобларда бетоннинг призматик қаршилиги ишлатилади. Бетоннинг призматик қаршилиги призма шаклидаги бетон намунани сиқилишга синашдан аниқланади.

Бетоннинг призматик мустаҳкамлигини аниқлаш 11 мисолда келтирилган.

**Мисол 11.** Бетоннинг меъерий ва ҳисобий мустаҳкамликлари аниқлансин.

Бетон қоришмасидан ўлчами  $150 \times 150 \times 600$  бўлган 9 дона стандарт призма тайёрланган. Бетон призма 28 сутка нормал шароитда сақлангандан кейин пресс остида сиқилишга синалган. Синов натижасида олинган бетоннинг призматик мустаҳкамликлари 3-жадвалда келтирилган.

3-жадвал

Намуналар номери	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Призматик мустаҳкамлик $R_{bi}$ , МПа	34,1	32,1	29,4	28,6	29,7	28,0	34,4	32,0	26,8

**Ечим.**

1. Бетон призматик мустаҳкамлигининг ўртача миқдори

$$R_{bm} = \frac{\sum R_{bi}}{n} = \frac{34,1 + 32,1 + 29,4 + 28,6 + 29,7 + 28,0 + 34,4 + 32,0 + 26,8}{9} + \frac{34,4 + 32,0 + 26,8}{9} = 30,51 \text{ МПа.}$$

2. Бетон призматик мустаҳкамлигининг ўрта квадратик чекланиш

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (R_{bm} - R_{bi})^2}{n-1}} = 2,54 \text{ МПа.}$$

3. Бетонни сиқилишдаги мустаҳкамлиги ўзгарувчанлиги коэффициенти

$$C_v = \sigma/R_{bm} = 2,54/30,5 = 0,083.$$

4. 95% ишончлилик билан таъминлаган бетоннинг сиқилишдаги меъерий қаршилиги

$$R_{bm} = R_{bm}(1 - 1,64C_v) = 30,5(1 - 1,64 \times 0,083) = 26,35 \text{ МПа}$$

Бетоннинг сиқилишдаги ҳисобий қаршилиги

$$R_b = R_{bt,n} / \gamma_{bc} = 26,35 / 1,3 = 20 \text{ МПа.}$$

Бетоннинг чўзилишдаги мустаҳкамлиги темирбетон конструкцияларни дарз кетишга ҳисоблашда ишлатилади. Бетоннинг чўзилишдаги қаршилиги ҳам бетон намуна синаш йўли билан аниқланади. Бетон намуна сифатида «8» рақамига ўхшаган шаклдаги бетон намуна (марказий чўзишга синалади), цилиндр шаклидаги намуна (ёрилишга синалади) ва бетон тўсинча шаклидаги (эгилишга синалади) намуналар ишлатилади.

Бетон тўсинча шаклидаги намуна эгилишга синаш йўли билан бетоннинг чўзилишдаги мустаҳкамлигини аниқлаш 12 мисолда келтирилган.

**Мисол 12.** Бетон қоришмасидан ўлчами 150×150×600 бўлган 9 дона стандарт призма тайёрланган. Бетон призма 28 сутка нормал шароитда сақлангандан кейин пресс остида эгилишга синалган. Синов натижасида олинган бетоннинг чўзилишдаги мустаҳкамликлари 4 жадвалда келтирилган.

4 жадвал

Намуна номери	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Бетоннинг чўзилишдаги қаршилиги $R_{bt,i}$ МПа	1,4	1,15	1,17	1,44	1,13	1,42	1,18	1,0	1,4	1,45

Бетоннинг чўзилишдаги меъёрий ва ҳисобий мустаҳкамликлари аниқлансин.

**Ечим.**

1. Қуйидаги формуладан бетоннинг чўзилишдаги мустаҳкамлигининг ўртача миқдори аниқланади

$$R_{bt,m} = \frac{\sum R_{b,ii}}{n} = \frac{1,4 + 1,15 + 1,17 + 1,44 + 1,13 + 1,42 + 1,18 + 1,0 + 1,4 + 1,45}{10} = 1,274 \text{ МПа.}$$

2. Бетоннинг чўзилишдаги мустаҳкамлигининг ўрта квадратик чекланиши

$$\delta = \sqrt{\frac{(R_{bt,m} - R_{bt,i})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,24244}{9}} = 0,164.$$

3. Бетоннинг чўзилишдаги мустаҳкамлиги ўзгарувчанлиги коэффициенти

$$C_v = \sigma / R_{bt,m} = 0,164 / 1,274 = 0,1287.$$

Бетон мустаҳкамлиги ўзгарувчанлиги коэффициенти ҚМҚ [1] бўйича  $C_v = 0,165$  қабул қилинган. Демак бетон қоришмасидан тайёрланган намуналар мустаҳкамлигининг ўзгарувчанлиги коэффициенти меъёрий қийматига нисбатан кам.

4. 95% ишончлилик билан таъминлаган бетоннинг меъёрий ва ҳисобий қаршиликлари:

$$R_{bt,n} = R_{bt,m} (1 - 1,64 \cdot C_v) = 1,274 (1 - 1,64 \cdot 0,1287) = 1,0 \text{ МПа.}$$

$$R_{bt} = R_{bt,n} / \gamma_{bt} = 1,0 / 1,5 = 0,67 \text{ МПа.}$$

Бетонларнинг синфларига боғлиқ бўлган сиқилиш ва чўзилишдаги меъёрий ва ҳисобий қаршиликлари 3.1-жадвалда келтирилган.

**Мисол 13.** Арматуранинг меъёрий ва ҳисобий мустаҳкамликлари аниқлансин.

Арматура стерженларидан олинган 5 намуна чўзилишга синалган. Синов натижасида олинган арматуранинг мустаҳкамликлари 6 жадвалда келтирилган.

6 жадвал

Намуналар номери	1	2	3	4	5
Оқиш чегарасидаги мустаҳкамлик $R_{st}$ , МПа	403	407	394	386	397

**Ечим.**

1. Арматура мустаҳкамлигининг ўртача миқдори

$$R_{sm} = \frac{\sum R_{st}}{n} = \frac{403 + 407 + 394 + 386 + 397}{5} = 397,4 \text{ МПа}$$

2. Арматура мустаҳкамлигининг ўрта квадратик чекланиши

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (R_{sm} - R_{st})^2}{n-1}} = 8,14 \text{ МПа.}$$

3. Арматуранинг чўзилишдаги мустаҳкамлиги ўзгарувчанлиги коэффициенти

$$C_v = \sigma / R_{sm} = 8,14 / 397,4 = 0,02.$$

4. 95% ишончлилик билан таъминлаган арматуранинг чўзилишдаги меъёрий қаршилиги

$$R_{sn} = R_{sm} (1 - 1,64 C_v) = 397,4 (1 - 1,64 \cdot 0,02) = 384,4 \text{ МПа}$$

Арматуранинг сиқилишдаги ҳисобий қаршилиги

$$R_s = R_{sn} / \gamma_s = 384,4 / 1,1 = 349 \text{ МПа.}$$

Чўзилишдаги мустаҳкамликларига биноан синалган арматура А-III синфли арматурага мос келади.

Арматураларнинг синфларига мос келадиган меъёрий ва ҳисобий қаршиликлари ҳамда эластик модулларининг миқдорлари 3.2-жадвалда келтирилган.

### Такрорлаш учун саволлар

1. Конструкцияларни чегаравий ҳолатлар услуби бўйича ҳисоблаш асослари. Чегаравий ҳолатларнинг икки группаси.

2. Конструкцияларни чегаравий ҳолатларнинг I ва II группалари бўйича ҳисоблашдан мақсад нима?

3. Чегаравий ҳолатларнинг I группаси рўй бермаслиги шартини ёзинг ва изоҳланг.

4. Ташқи юкларнинг хили ва бирикмалари,

5. Юкларнинг норматив ва ҳисобий қийматлари. Юклар бўйича ишончлилик коэффициенти ва унинг ўзгариш чегаралари.



6. Бино ва иншоотнинг тайинланиши ва масъулияти бўйича ишончлилик коэффициентлари қандай тайинланади?

7. Бетоннинг ўртача ва норматив қаршиликлари. Бу қаршилиқлар ўртасида қандай боғланиш мавжуд ва норматив қаршилиқ қандай таъминланиш билан тайинланади?

8. Чегаравий ҳолатларнинг I ва II группалари учун бетоннинг ҳисобий қаршилиги қандай аниқланади? Ишончлилик ва ишлаш шароитини эътиборга оладиган коэффициентлар қайси мақсадда қабул қилинади?

9. Ҳар хил ҳолатлар учун арматуранинг норматив

қаршилиги қандай тайинланади?

10. Арматуранинг ҳисобий қаршилиги қандай аниқланади? Ишончлилик ва ишлаш шароитини эътиборга оладиган коэффициентлар қайси мақсадда қабул қилинади?

11. Чегаравий ҳолатларнинг II группаси рўй бермаслик шартларини ёзинг ва изоҳланг?

12. Чегаравий ҳолатлар услубининг камчиликлари нимадан иборат?

13. Ишончлиликка ҳисоблаш асослари нимадан иборат?

## 4. ЭГИЛАДИГАН ЭЛЕМЕНТЛАРНИ МУСТАҲКАМЛИК БЎЙИЧА ҲИСОБЛАШ

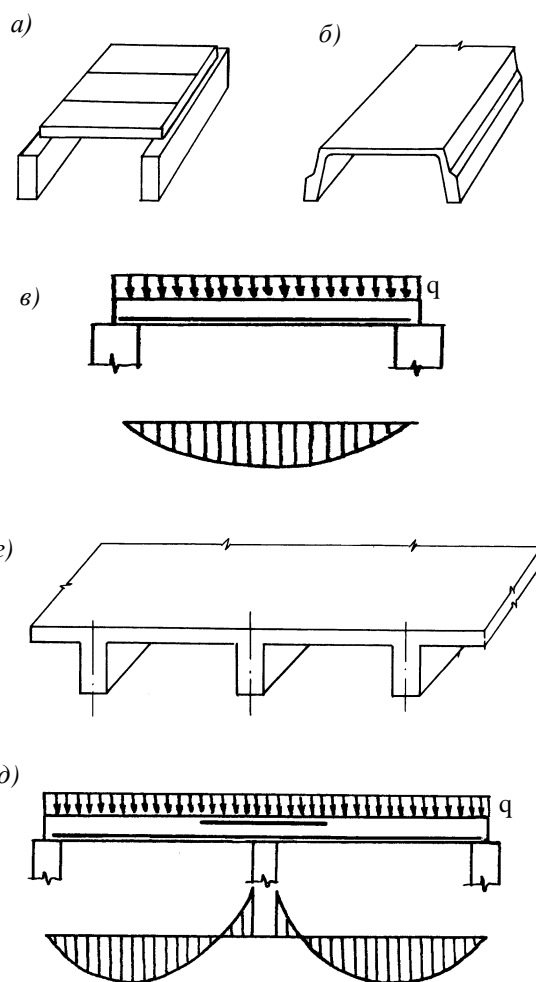
### 4.1. Амалий хусусиятлар

Эгиладиган элементларга плиталар ва тўсинларни мисол тариқасида келтириш мумкин. Плита деб, қалинлиги қолган икки ўлчамига (узунлиги ва эни) нисбатан жуда кичик ясси узлуксиз конструкцияга айтилади. Тўсин деб эса, бир ўлчами (узунлиги) қолган икки ўлчамига (баландлиги ва эни) нисбатан жуда катта бўлган конструкцияга айтилади.

Плита ва тўсинлар алоҳида ишлайдиган конструкциялар сифатида ёки мураккаб конструкцияларнинг таркибида қўлланилиши мумкин (4.1 расм).

**Плиталар.** Плиталарнинг қалинликлари мумкин даражада юпқа қабул қилиниши тавсия қилинади, чунки плита бино ва иншоот шиптомининг асосий массасини ташкил қилиб, кўп миқдорда бетон сарф қилинади. Натижада плитани кўтариб турувчи конструкцияга доимий юк миқдорини оширади. Плиталарнинг қалинликлари уларнинг мустаҳкамликларини ва бикрликларини таъминлаши шарт. Яхлит плиталарнинг қалинликлари том учун 40 мм дан, граждан ва саноат биноларининг каватлар оралиғидаги шиптом учун эса 50...60 мм дан кам қабул қилинмайди. Йиғма плиталарнинг қалинликлари 25...35 мм қабул қилинади.

Плиталар арматурали тўрлар билан жиҳозланади. Арматурали тўрлар эгувчи моментлар эпюраларига мос равишда плитанинг чўзилган толаларига яқин жойлаштирилади (4.1 расм). Бир ровокли плиталарда тўр плитанинг пастки қисмига жойлаштирилса (4.1, г расм), кўп ровокли плиталарда эса, ровокларда паст томонга, таянчларда эса юқори томонга жойлаштирилади (4.1, д расм). Арматурали тўрларда ишчи стерженларнинг диаметри 3...12 мм қабул қилиниб, моментларнинг энг катта қиймати ҳосил бўладиган жойларда ҳар 100...200 мм дан, қолган жойларда эса 400 мм дан катта бўлмаган масофада қўйилади.



4.1-расм. Эгиладиган элементлар (плиталар) ва уларни арматура билан жиҳозлаш

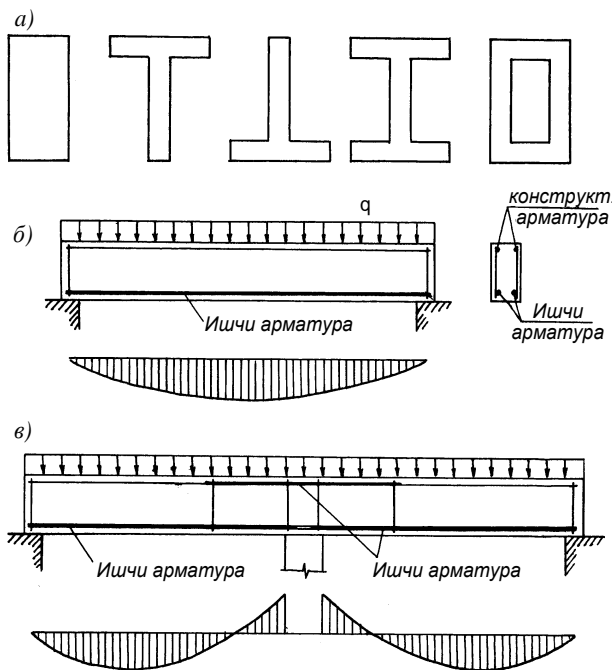
Таксимловчи стерженлар ишчи стерженларга перпендикуляр равишда жойлашган бўлиб, бетонлаш жараёнида ишчи стерженларнинг ўз лойиҳавий ўрнидан силжимаслигини таъминлайди. Ундан ташқари бу стерженлар бетоннинг чўкиши ва температура таъсиридан ҳосил бўладиган зўриқишларни қабул қилади ҳамда маҳаллий юкларни катта юзага таксимлаб беради. Таксимловчи стер-

женларнинг диаметри (3...8) мм қабул қилиниб, ҳар (250...350) мм масофада қуйилади. Таксимловчи стерженларнинг кўндаланг кесим юзаси ишчи стерженлар кўндаланг кесими юзасининг 10% дан кам қабул қилинмайди. Одатда плиталар пайвандланган стандарт тўрлар билан жиҳозланади. Баъзи ҳолларда, планда мураккаб шаклга эга бўлган плиталарда тешикларнинг сони кўп бўлган тақдирда, плиталар тўқилган тўрлар билан ҳам жиҳозланиши мумкин.

**Тўсинлар.** Тўсинлар энг кўп қўлланиладиган темирбетон конструкциялари бўлиб, уларнинг кўндаланг кесими тўғри тўртбурчак, тавр, қўштавр, трапеция ва қути шаклида бўлиши мумкин (4.2 расм).

Тўсинлар баландлиги  $h$  ташқи юк миқдори ва қўлланиш соҳасига қараб кенг қўламда ўзгаради ва тўсин ровоғнинг  $1/8...1/12$  қисмига тенг қилиб олинади. Тўсинларни бир хил турга келтириш мақсадида уларнинг баландликлари 600 мм гача ҳар 50 мм дан, 600 мм дан катта бўлганда эса, ҳар 100 мм дан ошиб боради. Тўсинлар эни баландлигининг  $1/2...1/3$  қисмини ташкил қилиб, 100, 120, 150, 180, 200 ва 250 мм қабул қилинади. Тўсиннинг эни 250 мм дан катта бўлганда ҳар 50 мм дан ортиб боради. Масалан, 300, 350, 400 ...

Тўсинларни арматуралар билан жиҳозлашда пайвандланган ёки тўқилган синчлар қўлланилади. Синчнинг бўйлама арматураси тўсиннинг чўзиладиган томонларига эгувчи моментлар эпюраларига мос равишда жойлаштирилади. Синчнинг кўндаланг стерженлари кесувчи зўриқишларни қабул қилиш учун хизмат қилади.

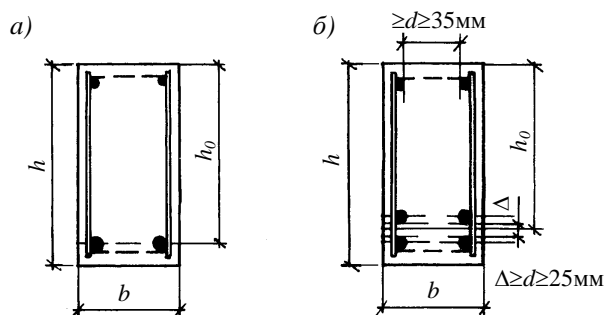


**4.2-расм.** Тўсинларни арматуралар билан жиҳозлаш. а) тўсин кўндаланг кесимлари; б) статик аниқ тўсин; в) статик ноаниқ тўсин.

Бўйлама арматуралар сифатида диаметрлари 12...32 мм бўлган пўлат стерженлар қўлланилади. Диаметри 32 мм дан катта бўлган стерженларни қўллаш иш жараёнида қийинчиликларни вужудга келтириши сабабли кам қўлланилади.

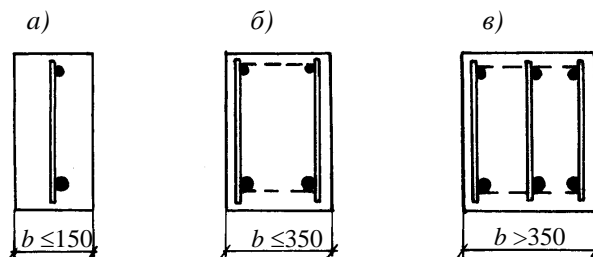
Талаб қилинадиган бўйлама арматуранинг кўндаланг кесим юзаси ҳисоб орқали аниқланади. Аниқланган кўндаланг кесим юзасига қараб стерженларнинг сони ва диаметри аниқланади. Бўйлама стерженлар тўсин кўндаланг кесимида бир ёки икки қатор қилиб жойлаштирилиши мумкин (4.3 расм).

Стерженларнинг атрофи бетон қоришмаси билан тўлиши ва арматурали стерженнинг бетон билан боғланиши мустаҳкамлигини таъминлаш шартидан стерженлар бир-бирдан маълум масофада химоя қобиғи қолдирилиб жойлаштирилиши шарт (4.3 расм).



**4.3-расм.** Тўсин кўндаланг кесимида бўйлама арматураларни жойлаштириш

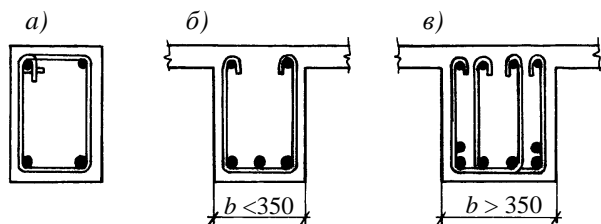
Тўсинлар энининг ўлчамига қараб уларда битта, иккита ёки учта ясси синчлар жойлаштирилиши мумкин. Тўсиннинг эни 150 мм гача бўлганда битта, 150...350 мм гача бўлганда иккита ва 350 мм дан катта бўлганда эса учта ясси синч қуйилади (4.4 расм). Бу ясси синчлар ҳар 1...1,5 метр масофада диаметри 5-6 мм бўлган кўндаланг стерженлар билан бир-бирига пайвандланиб ҳажмий синчларга айлантирилади. Синчларнинг қолиплардаги лойиҳавий ҳолатлари ҳолат сақлагичлар (фиксаторлар) ёрдамида таъминланади (4.4 расм).



**4.4-расм.** Тўсин кўндаланг кесимини пайвандланган синчлар билан жиҳозлаш

Тўсинлар алоҳида стерженлардан тўқилган синчлар билан ҳам жиҳозланиши мумкин. Бунда, тўсин кўндаланг кесими тўғри тўртбурчак шаклида

бўлса, бўйлама стерженларни бирлаштирувчи кўндаланг арматура (кучан) ёпиқ шаклда (4.5, а расм), тавр шаклида бўлганда эса, очиқ шаклда тайёрланади (4.5, б расм). Тўсинлар энининг ўлчами 350 мм дан катта бўлганда, кўндаланг стерженлар (кўчанлар) 4.5, в расмда кўрсатилгандек қўйилади. Тўкилган синчларда кўндаланг стерженларнинг диаметри 6-8 мм қабул қилинади.



4.5-расм. Тўсин кўндаланг кесимини тўкилган синчлар билан жиҳозлаш

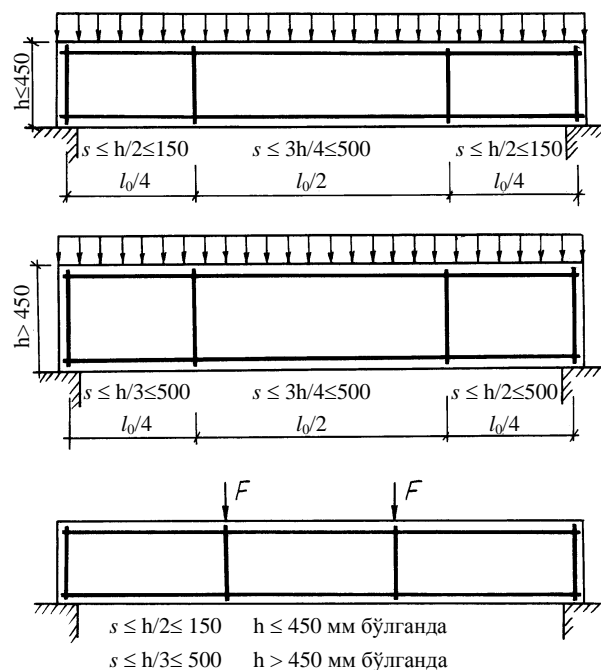
Тўсинларни арматуралар билан жиҳозлаганда кўндаланг стерженлар ҳисоб бўйича талаб қилинмаган ҳолларда ҳам албатта қўйлиши шарт. Тўсинларнинг баландликлари  $h > 300$  мм бўлганда кўндаланг стерженлар тўсиннинг узунлиги бўйича,  $h = 150 \dots 300$  мм бўлганда фақат таянч зоналарида  $l/4$  масофада қўйилади. Тўсиннинг баландлиги  $h < 150$  мм бўлганда эса кўндаланг стерженлар қўйилмаслиги мумкин.

Одатда кўндаланг стерженлар ҳисоб орқали қўйилади ва қуйидаги амалий талабларга жавоб бериши шарт. Тўсинга таъсир қиладиган юк унинг узунлиги бўйича тенг тарқалган бўлса, кўндаланг стерженлар таянчлардан  $l/4$  масофагача, юк тўпланган бўлганда эса, таянчдан тўпланган юккача бўлган масофада қўйилади. Бунда, тўсиннинг баландлиги  $h \leq 450$  мм бўлганда кўндаланг стерженлар орасидаги масофа  $S = h/2$  ва 150 мм дан катта қабул қилинмайди;  $h > 450$  мм бўлганда эса  $S = h/3$  ва 300 мм дан катта қабул қилинмайди. Тўсинларнинг ўрта қисмида кўндаланг стерженлар ва кўчанлар орасидаги масофа  $S = 3h/4$  ва 500 мм дан катта қабул қилинмайди (4.6 расм).

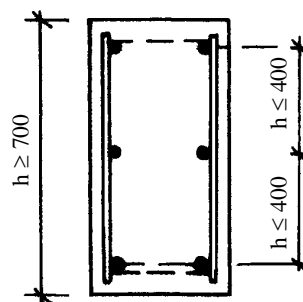
Тўсинлар баландликлари  $h > 700$  мм бўлганда баландлиги бўйича унинг ён томонларига ҳар 400 мм дан катта бўлмаган масофада амалий стерженлар қўйилади (4.7 расм). Бу стерженларнинг умумий юзаси тўсин қирраси юзасининг 0,1% дан кам қабул қилинмайди. Бу амалий бўйлама стерженлар кўндаланг стерженлар билан биргаликда бетоннинг чўкиши ва температура таъсиридан ҳосил бўладиган зўриқишларни қабул қилади ва қия ёриқларнинг ён томонлари бўйича ривожланишини чеклайди.

Бўйлама монтаж арматуралар кўндаланг стерженларни бириктириб, конструкцияларни тайёрлаш жараёнида устивор синчларни ҳосил қилиш учун қўйилади. Йиғма темирбетон конструкцияларда эса бўйлама монтаж арматуралар уларни тайёрлаш, кўчириш ва монтаж қилиш жараёнлари-

да ҳосил бўладиган зўриқишлар ҳамда бетоннинг чўкиши ва температура таъсиридан ҳосил бўладиган зўриқишларни қабул қилиш учун хизмат қилади.



4.6-расм. Эгиладиган элементларни кўндаланг стерженлар билан жиҳозлашга доир

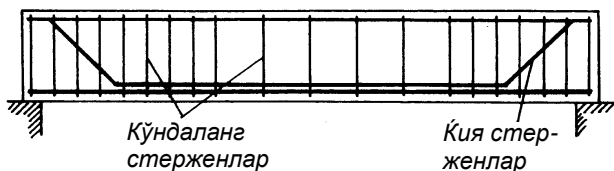


4.7-расм.

Баъзи ҳолларда, тўсинларнинг баландлиги чегараланган бўлганда уларнинг сиқиладиган зоналарига ҳам бўйлама ишчи арматуралар жойлаштирилади. Тажрибалар асосида олинган натижалар шунини кўрсатадики конструкцияларнинг сиқиладиган зоналарига ишчи арматураларни жойлаштириш иқтисодий жиҳатдан самарадорлик бермайди. Шунинг учун конструкцияларнинг сиқиладиган зоналарига ишчи арматураларни жойлаштириш фақат конструкциянинг баландлиги чегараланган ҳоллардагина унинг сиқилиш зонасининг мустаҳкамлигини ошириш мақсадида тавсия қилинади.

Тўсинларда кўндаланг стерженлардан ташқари қия стерженлар ҳам қўйилади (4.8 расм). Бу стерженлар бош чўзувчи кучланишлар йўналиши бўйича қўйилган бўлиб, кўндаланг стерженларга нисбатан анча самаралидир. Бироқ кўндаланг стерженларни тайёрлаш қия стерженларни тайёрлашга нисбатан осонроқ бўлганлиги сабабли амал-

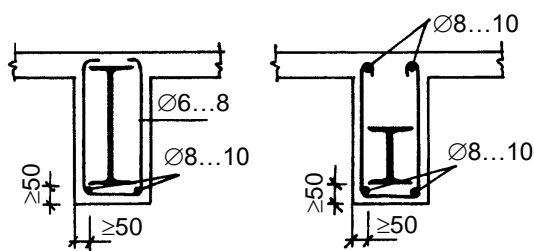
да асосан кўндаланг стерженлар кўп қўлланилади. Қия стерженлар элементнинг бўйлама ўқи билан  $\alpha = 45^\circ$  бурчак ташкил қилади. Агар тўсин жуда баланд бўлса  $\alpha = 60^\circ$  қабул қилинади. Қия стерженлар одатда алоҳида стерженлар билан жиҳозланадиган тўсинларда чўзилган зонасида жойлашган бўйлама арматуранинг бир қисмини (50 гача бўлган қисмини) сиқилиш зонасига қайириб ўтказиш йўли билан ҳосил қилинади.



4.8-расм. Тўсинларни қия арматуралар билан жиҳозлаш

Катта миқдордаги юклар таъсирига ишлайдиган эгиладиган конструкциялар бикр арматуралар (чиғирлаш йўли билан олинган тавр, қўштавр ва бошқа шаклдаги металл элементлар) билан жиҳозланиши мумкин. Тўсинлар бикр арматуралар билан икки хил жиҳозланади: бикр арматура тўсиннинг бутун баландлиги бўйича (4.9, а расм) ёки фақат чўзиладиган зонасига (4.9, б расм) жойлаштирилади. Ҳар иккала ҳолда ҳам тўсинлар кўшимча бўйлама ва кўндаланг арматурали стерженлар билан жиҳозланади. Бунда бўйлама арматураларнинг диаметрлари 8-10 мм қабул қилинади. Стерженли арматуралар бетон билан бикр арматуранинг боғланишини маҳкам таъминланган ҳолда, ёриқларнинг очилиш кенлигини камайтиради. Биринчи хил тўсинларда кўндаланг стерженлар ҳисобсиз қўйилиб, диаметри 6-8 мм қабул қилинади. Иккинчи хил тўсинларда кўндаланг стерженлар ҳисоб орқали қўйилади. Бикр арматуралар билан жиҳозланган тўсинларнинг иккинчи хилида кўндаланг стерженлардан ташқари бикр арматуранинг юқори рафига пайвандлаш йўли билан қия стерженлар ҳам қўйилиши мумкин.

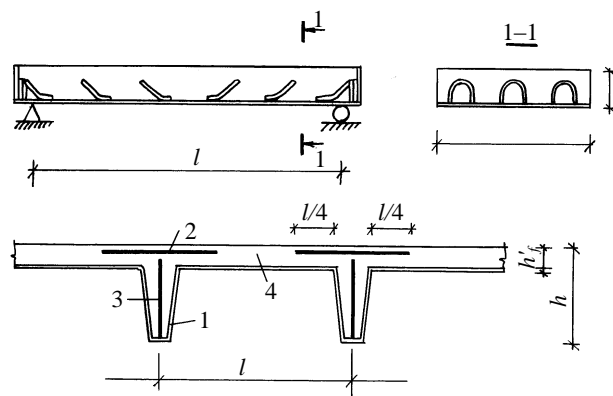
Тўсинларни жиҳозлаш учун қўлланиладиган арматурали синчларнинг бўйлама ишчи стерженлари сифатида синфи А-II, А-III, А-IV ва А-IIIв бўлган арматуралар, кўндаланг стерженлар ва кучанлар сифатида эса синфи А-I ва Вр-I бўлган арматуралар ишлатилади.



4.9-расм. Эгиладиган қурилма кўндаланг кесимини бикр арматуралар билан жиҳозлаш.

Кейинги вақтда плита ва тўсинларни арматуралар билан жиҳозлашда пўлат бурма қатлар ва тахталар қўлланилмоқда (4.10 расм). Темирбетон конструкцияларнинг бу хили пўлат-бетон конструкциялар деб аталади. Плиталарни пўлат тахталар билан жиҳозланиши 4.10, а расмда, узлуксиз яхлит плиталарни бурма қатлар билан жиҳозлаш эса 4.10 б расмда кўрсатилган.

Плиталарда бетон билан пўлат тахта ва бурма қатларнинг боғланишини ишончли таъминлаш мақсадида узунлиги бўйича ва таянч зоналарда анкерлар ҳосил қилинади. Анкерлар синфи А-I, А-II ва А-III бўлган стерженли арматуралардан тайёрланиб пўлат тахта ва бурма қатга пайвандлаб бириктирилади.



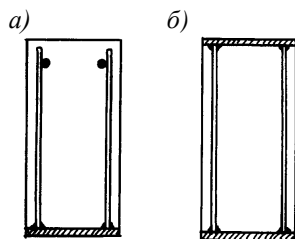
4.10-расм. Эгиладиган элементларни а) пўлат тахталар ва б) бурма қатлар билан жиҳозлаш.

Кўп ровокли плиталарда плиталарни арматуралар билан жиҳозлашда ташқи арматура сифатида олинладиган бурма қатлар плитанинг ровоғида қўйилади, плитанинг таянчи эса стерженли ёки симли арматуралар билан жиҳозланади. Кўп ровокли узлуксиз плиталарда плитанинг қалинлиги  $h < 150$  мм бўлганда таянчлар симдан тайёрланадиган тўрлар билан,  $h > 150$  мм бўлганда эса стерженли синчлар билан жиҳозланади. Таянчлардаги арматуралар таянч қирраларидан плита ровоғининг  $1/4$  қисмидан кам бўлмаган узунликка ўтказилади. Плитанинг қалинлиги  $h = 30$  мм қабул қилинади.

Плиталарни жиҳозлаш учун маркалари 09Г2, 09Г2С, 14Г2, 10Г2С1, 15ХСНД, 10ХСНД бўлган пўлат конструкциялар тайёрлаш учун ишлатиладиган пўлатлар қўлланиши мумкин. Темирбетон конструкцияларни жиҳозлаш учун маркаси НВО-674-1,0 (биринчи рақам бурманинг баландлиги, иккинчиси - бурма ўқлари орасидаги масофа, учинчиси - бурманинг қалинлиги), НВО-845-1,0 бўлган бурма қатлар қўлланилади.

Тўсинларни жиҳозлашда ташқи арматура сифатида қалинлиги 4, 6, 8, 10 мм ва ундан қалин бўлган пўлат тасмалар қўлланилади. Пўлат тасмалар тўсиннинг чўзилган ёки чўзилган ҳамда сиқилган зоналарида жойлаштирилиши мумкин. Бундан ташқари тўсиннинг чўзилган зонасига пўлат тасмалар билан бирга стерженли арматура-

лар биргаликда жойлаштирилиши мумкин. Бунда стерженли арматуралар пўлат тасмага ҳар 500 мм дан узунлиги 80 мм бўлган пайванд чоклари билан маҳкамланади.



**4.11-расм.** Тўсинларнинг кўндаланг кесимини пўлат тасмалар билан жиҳозлаш.

Пўлат таиланинг бетонга маҳкам бирикишини унинг узунлиги бўйича қўйиладиган анкерлар таъминлайди. Тўсиннинг қия кесимлари бўйича мустаҳкамлигини таъминлаш бўйича аниқланган кўндаланг стерженлар анкерлар вазифасини ўташи мумкин. Тўсинларни пўлат тасмалар билан жиҳозлаш 4.11-расмда кўрсатилган.

Эгиладиган элементларни тасма шаклидаги арматуралар билан жиҳозлаш унинг массасини камайтиради, кўндаланг кесим ўлчамларини кичиклаштиради ёки бир хил ўлчамдаги элементларда темирбетонга нисбатан арматура сарфини камайтиради.

## 4.2. Мустаҳкамликни нормал кесимлар бўйича ҳисоблаш

### I. Арматура билан бир томонлама жиҳозланган кўндаланг кесими тўғри тўртбурчак шаклида бўлган элементлар

Эгиладиган элементларнинг мустаҳкамликлари нормал кесим бўйича ҳисобланганда кучланиш ва деформацияланиш ҳолатининг III босқичи асос қилиб олинади.

Мустаҳкамлик бўйича ҳисоблаш формулаларини олиш учун элементнинг ўрта кесимидан бирига параллел бўлган иккита текислик билан кесиб текисликлар ўртасидаги қисм мувозанатини қараймиз. Бунда элемент чап ҳамда ўнг қисмлари таъсирини ички зўриқишлар билан алмаштириб, унинг мувозанат ҳолатини текширамиз (4.12 расм). Ажратиб олинган қисм мувозанат ҳолатида бўлиши учун статиканинг қуйидаги мувозанат тенгламалари  $\sum X_i = 0$  ва  $\sum M_i = 0$  бажарилиши шарт, яъни ички ва ташқи зўриқишларнинг элемент бўйлама ўқига проекцияларининг йиғиндиси ҳамда ички ва ташқи зўриқишларнинг бирор-бир нуктага нисбатан олинган моментлар йиғиндиси нолга тенг бўлиши шарт.

4.12, а расмда кўрсатилган зўриқишлар схемасидан қуйидаги мувозанат тенгламаларини оламиз

$$N_s - N_b = 0; \quad (4.1)$$

$$M - N_b \cdot Z = 0 \quad (4.2)$$

ёки

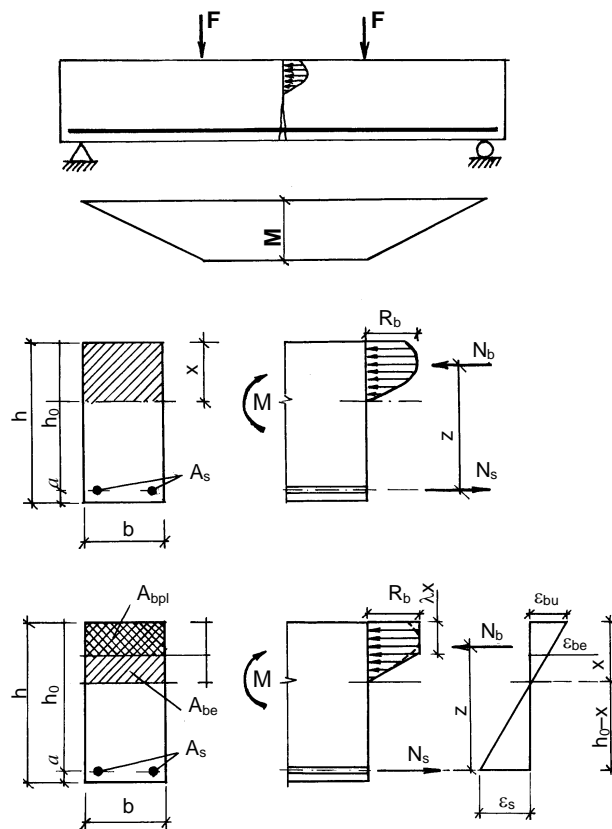
$$M - N_s \cdot Z = 0. \quad (4.3)$$

$N_s$  ва  $N_b$  зўриқишларни кучланишлар орқали ифодалаймиз: арматурадаги зўриқиш

$$N_s = \sigma_{sy} \cdot A_s = R_s \cdot A_s; \quad (4.4)$$

элемент сиқилиш зонасидаги нормал кучланишларнинг эпюраси эгри чизик билан чегаралангани учун бетондаги зўриқиш

$$N_b = \int_0^x \sigma_b(x) b dx \quad (4.5)$$



**4.12-расм.** Эгиладиган элементларнинг мустаҳкамлигини нормал кесимлар бўйича ҳисоблашга доир: а) эгиладиган элемент; б) сиқилиш зонасидаги ҳақиқий кучланишлар эпюраси; в) сиқилиш зонасидаги кучланишларнинг эластик сохта эпюраси

Ҳисоблашларда нормал кучланишларнинг эгри чизик билан чегараланган эпюраси қўлланиладиган бўлса, ҳисоб жуда мураккаблашиб кетади. Шунинг учун амалий ҳисобларда элементнинг сиқилиш зонасидаги нормал кучланишларнинг эгри чизик билан чегараланган эпюраси соддалаштирилади. Соддалаштиришнинг бир йўли бу элемент сиқилган зонасидаги бетоннинг ҳақиқий деформацияланиш ҳолатини эластик-пластик материаллар учун қўлланиладиган Гук-Прандтл қонуни билан алмаштиришдан иборат. Бунда ҳисоблашларда қуйидаги шартлар асос қилиб олинади:

- бетоннинг чўзилишдаги қаршилиги нолга тенг деб қабул қилинади;

- бетоннинг сиқилишдаги қаршилиги  $R_b$  га тенг қилиб олинади;

- чўзилган арматурадаги кучланишлар миқдори чўзилишдаги ҳисобий қаршилиги  $R_s$  дан катта қабул қилинмайди;

- сиқилган арматурадаги кучланишлар миқдори сиқилишдаги ҳисобий қаршилиги  $R_{sc}$  дан катта қабул қилинмайди;

- сиқилган бетон ва чўзилган арматуранинг ўртача деформациялари учун текис кесимлар фаризи ўринли деб ҳисобланади;

- ҳисоб учун баландлиги ўртача деформацияларга мос бўлиб, сиқилиш зонасининг ўртача баландлиги  $X_m$  га тенг бўлган кесим қабул қилинади.

Юқорида келтирилган шартлар бўйича элементнинг кучланиш ва деформацияланиш ҳолати 4.12, в расмда кўрсатилган. 4.12, в расмдан кўринадик, элемент сиқилиш зонаси икки қисмга, бетоннинг эластик деформацияланишига мос бўлган  $A_{be}$  ва пластик деформацияланишига мос бўлган  $A_{bpl}$  юзаларга ажратилган.  $A_{bpl}$  юза пластиклик коэффициентни орқали ифодаланади. Бу коэффициентнинг қиймати 4.12, в расмда келтирилган деформациялар эпюрасидан аниқланади, яъни

$$\frac{\varepsilon_{bc,u}}{x_m} = \frac{\varepsilon_{be}}{x_m(1-\lambda)} \quad (4.6)$$

(4.6) тенгламадан

$$\lambda = 1 - \frac{\varepsilon_{be}}{\varepsilon_{bc,u}}, \quad (4.7)$$

бу ерда  $\varepsilon_{bcu}$  - эгилиш ҳолатида бетоннинг сиқилишдаги чегаравий деформацияси;

$\varepsilon_{be} = R_b/E_b$  бетоннинг эластик деформацияси.

Элемент сиқилиш зонасида бетондаги зўриқиш ҳам икки қисмдан иборат бўлади, яъни

$$N_b = N_{be} + N_{bpl} = 0,5 \cdot R_b \cdot A_{be} + R_b \cdot A_{bpl}, \quad (4.8)$$

$A_{bpl} = \lambda bx$  ва  $A_{be} = (1 - \lambda)bx$  эканлиги эътиборга олинганда

$$N_b = 0,5(1 + \lambda)R_b bx. \quad (4.9)$$

Топилган  $N_s$  ва  $N_b$  зўриқишларни (4.1), (4.2) ва (4.3) мувозанат тенгламаларга қўйиб қуйидагини оламиз

$$R_s \cdot A_s - 0,5(1 - \lambda)R_b bx; \quad (4.10)$$

$$M - R_b bx \lambda (h_0 - 0,5\lambda x) - 0,5R_b bx (1 - \lambda) \left( h_0 - \frac{1 + 2\lambda}{3} x \right); \quad (4.11)$$

$$M = \frac{R_s A_s \left[ \lambda (h_0 - 0,5\lambda x) + 0,5(1 - \lambda) \left( h_0 - \frac{1 + 2\lambda}{3} x \right) \right]}{0,5(1 + \lambda)} \quad (4.12)$$

(4.10) тенгламадан элемент сиқилиш зонаси-

нинг баландлиги топилади

$$x = \frac{2R_s A_s}{(1 + \lambda)R_b b}. \quad (4.13)$$

(4.11) ва (4.12) тенгламалардан элементнинг муштаҳкамлиги текширилади:

$$M \leq M_u = R_b bx \left[ \lambda (h_0 - 0,5\lambda x) + 0,5(1 - \lambda) \left( h_0 - \frac{1 + 2\lambda}{3} x \right) \right] \quad (4.14)$$

$$M \leq M = \frac{R_s A_s \left[ \lambda (h_0 - 0,5\lambda x) + 0,5(1 - \lambda) \left( h_0 - \frac{1 + 2\lambda}{3} x \right) \right]}{0,5(1 + \lambda)} \quad (4.15)$$

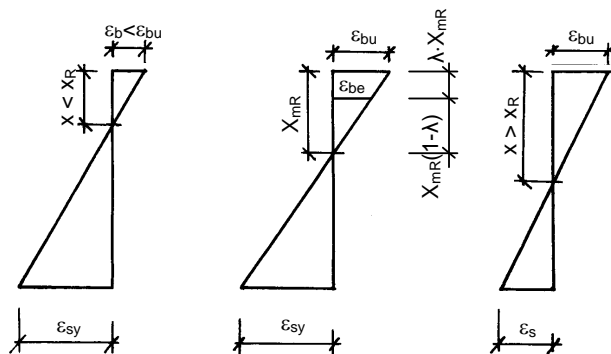
(4.14) ва (4.15) шартлар бажарилганда элемент мувозанат ҳолатида бўлиб унинг муштаҳкамлиги таъминланган бўлади. Акс ҳолда элемент бузилиш ҳолатига келиб қолади.

Элементларнинг нормал кесимлар бўйича бузилиши хақида §2.4 параграфда сўз юритилган эди. Унда нормал кесим бўйича бузилишнинг учта схемаси келтирилган бўлиб, иккинчи схема бўйича бузилиш биринчи ва учинчи схемалар ўртасидаги чегаравий ҳолатни ифодалаш эътироф этилган эди. 4.13 расмда бузилишнинг учта схемасига мос бўлган арматура ва бетон деформацияларининг эпюралари кўрсатилган. Сиқилиш зонасининг чегаравий ҳолатини ифодаловчи баландлиги  $X_m$  ни аниқлашда бузилишнинг 2 схемасига мос бўлган деформациялар эпюрасидан (4.13, б расм) фойдаланамиз. Нормал кесимлар фаразига биноан

$$\frac{\varepsilon_{sy}}{h_0 - x_{mR}} \neq \frac{\varepsilon_{be}}{x_{mR}(1 - \lambda)}. \quad (4.16)$$

Бу тенгламадан

$$x_{mR} = \frac{h_0 \varepsilon_{be}}{\varepsilon_{be} + (1 - \lambda) \varepsilon_{sy}}. \quad (4.17)$$



4.13-расм. Эгиладиган элементларда сиқилиш зонасининг чегаравий баландлигини аниқлашга доир

Арматура ва бетондаги деформацияларни мос бўлган кучланишлар билан ифодалаб ( $\epsilon_s = R_s / E_s$  ва  $\epsilon_{be} = R_b / E_b$ ) куйидагини оламиз

$$x_{mR} = h_0 \frac{\alpha R_b}{\alpha R_b + (1-\lambda)R_s} \quad (4.18)$$

Амалий ҳисобларда чегаравий ҳолни ифодалаш учун сиқилиш зонасининг нисбий баландлигидан фойдаланиш қулайдир. (4.18) ифоданинг ўнг ва чап қисмларини  $h_0$  га тақсимлаб куйидаги ифодани оламиз

$$\xi_{mR} = h_0 \frac{\alpha R_b}{\alpha R_b + (1-\lambda)R_s} \quad (4.19)$$

Темирбетон элементларда  $\xi_m \leq \xi_{mR}$  бўлганда бузилиш I ёки 2 схема бўйича,  $\xi_m > \xi_{mR}$  бўлганда эса 3 схема бўйича содир бўлади. Элементларни ҳисоблашда  $\xi_m \leq \xi_{mR}$  шарт бажарилиши тавсия қилинади.

**Кесимларни  $\xi_m \leq \xi_{mR}$  бўлган ҳол бўйича ҳисоблаш.** Бу ҳол бўйича элементнинг мустаҳкамлиги (4.14) ва (4.15) тенгсизликлар орқали текширилади. Сиқилиш зонасининг баландлиги эса (4.13) формуладан аниқланади.

Ҳисоблаш формулаларини сиқилиш зонасининг нисбий баландлиги орқали ифодалаб куйидаги ҳисоблаш формулаларини оламиз:

элемент мустаҳкамлигини ҳисоблаш учун

$$M \leq M_u = \alpha_m R_b b h_0^2, \quad (4.20)$$

$$M \leq M_u = R_s A_b \zeta h_0, \quad (4.21)$$

бу ерда

$$\alpha_m = \xi_m \left[ \lambda(1-0,5\lambda\xi_m) + 0,5(1-\lambda) \left( 1 - \frac{1+2\lambda}{3} \xi_m \right) \right], \quad (4.22)$$

$$\zeta = \frac{2}{1+\lambda} \left[ \lambda(1-0,5\lambda\xi_m) + 0,5(1-\lambda) \left( 1 - \frac{1+2\lambda}{3} \xi_m \right) \right]. \quad (4.23)$$

Сиқилиш зонасининг нисбий баландлиги куйидаги формуладан аниқланади

$$\xi_m = \frac{2\mu_s \cdot R_s}{1+\lambda \cdot R_b}, \quad (4.24)$$

бу ерда  $\mu_s = A_s / bh_0$  арматура билан жиҳозланиш коэффициенти. Амалда арматура билан жиҳозланиш проценти  $\mu\% = \mu_s \cdot 100\%$  деган кўрсаткич ҳам ишлатилади.

$\alpha_m$ ,  $\zeta$  ва  $\xi_m$  коэффициентлар ўртасида куйидаги боғланиш мавжуд

$$\alpha_m = 0,5 (1 + \lambda) \xi_m \cdot \zeta. \quad (4.25)$$

**Кесимларни  $\xi_m > \xi_{mR}$  бўлган ҳол бўйича ҳисоблаш.** Бу ҳолда элементнинг мустаҳкамлиги (4.14) шартдан текширилади. Сиқилиш зонасининг баландлиги эса куйидаги формуладан аниқланади:

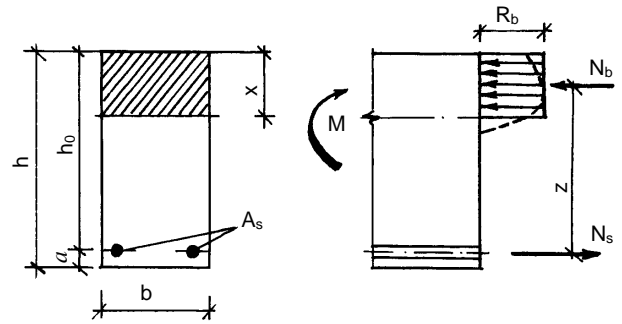
$$\sigma_s \cdot A_s - 0,5(1 + \lambda)R_b \cdot bx, \quad (4.26)$$

бу ерда

$$\sigma_s = \frac{\alpha R_b}{1-\lambda} \left( \frac{1}{\xi_m} - 1 \right). \quad (4.27)$$

$\xi_m > \xi_{mR}$  бўлган ҳол бўйича ишлайдиган элементлар иктисодий жиҳатдан самарасиз бўлиб, чўзилган арматуранинг мустаҳкамлигидан тўлиқ фойдаланилмай қолинади ва арматура сарфини оширади. Шунинг учун элементларни лойиҳалашда  $\xi_m \leq \xi_{mR}$  шарт бажарилиши тавсия қилинади.

**Мустаҳкамликни бикр-пластик жисмлар назарияси бўйича ҳисоблаш.** Мустаҳкамликни бикр-пластик жисмлар назарияси бўйича ҳисоблашда элемент сиқилган зонасидаги бетоннинг деформацияланиши бикр жисмларнинг сиқилишдаги деформацияланиши билан олмоштирилади. Бунда нормал кучланишларнинг эгри чизикли ҳақиқий эпюраси ординатаси  $R_b$  га тенг бўлган тўғри тўртбурчак билан олмоштирилади (4.14 расм). Бундай олмоштириш ҳисоблаш формулаларини жуда ҳам соддалаштиради. Мустаҳкамликни бу услуб бўйича ҳисоблаш курилиш меъёри ва қоидалари (ҚМК 2.03.01-96) учун асос қилиб олинган.



**4.14-расм.** Нормал кесим мустаҳкамлигини бикр-пластик жисмлар назарияси асосида ҳисоблашга доир (ҚМК 2.03.01-96 услуби)

Бу услуб бўйича элемент сиқилиш зонасининг чегаравий ҳолатини ифодаловчи нисбий баландлиги  $\xi_R$  тажриба асосида олинган куйидаги эмпирик формуладан аниқланади

$$\xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{sR}}{\sigma_{sc,u}} \left( 1 - \frac{\omega}{1,1} \right)}, \quad (4.28)$$

бу ерда  $\omega$  - сиқилган зонадаги бетоннинг характеристикаси

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot R_b; \quad (4.29)$$

$\alpha$  - бетоннинг хилига боғлиқ бўлган коэффициент; оғир бетонлар учун  $\alpha = 0,85$ ; майдадонали бетонлар учун  $\alpha = 0,75-0,8$ ; енгил, ғовакли ва ковакли бетонлар учун эса  $\alpha = 0,8$ ;

$\sigma_{sR}$  - арматурадаги кучланиш МПа ҳисобида, куйидагича қабул қилинади: синфи А-I, А-II, А-III, А-

Шв, Вр-I бўлган арматуралар учун  $\sigma_{sR} = R_s$ ; А-IV, А-V, А-VI арматуралар учун эса  $\sigma_{sR} = R_s + 400$ ; сиқилиш зонасидаги арматурада чегаравий кучланишнинг миқдори,  $\gamma_{b2} \geq 1,0$  қабул қилинганда  $\sigma_{sc,u} = 400$  МПа,  $\gamma_{b2} < 1,0$  қабул қилинганда эса  $\sigma_{sc,u} = 500$  МПа. Элементлар олдиндан зўриктириш ҳолатида ҳисобланганда  $\sigma_{sc,u} = 330$  МПа қабул қилинади.

**Кесимларни  $\xi \leq \xi_R$  бўлган ҳол бўйича ҳисоблаш.** Бу ҳол бўйича ҳисоблашда мустаҳкамлик шартларини олиш учун (4.14) - (4.15) тенгламаларда  $\lambda = 1$  деб қабул қилиш кифоя. У вақтда кесимнинг мустаҳкамлиги қуйидаги шартлардан текширилади:

$$M \leq M_u = R_b b x (h_0 - 0,5x); \quad (4.30)$$

$$M \leq M_u = R_s A_s (h_0 - 0,5x); \quad (4.31)$$

Сиқилиш зонасининг баландлиги қуйидаги формуладан аниқланади

$$R_s A_s - R_b b x = 0; \quad (4.32)$$

Сиқилиш зонасининг баландлигини нисбий баландлик билан ифодалаб қуйидаги ҳисоблаш формуларини оламиз:

$$M \leq M_u = \alpha_m R_b b h_0^2; \quad (4.33)$$

$$M \leq M_u = R_s A_s \zeta h_0; \quad (4.34)$$

$$\xi = \mu_s R_s / R_b, \quad (4.35)$$

бу ерда  $\alpha_m = \xi(1 - 0,5\xi)$ ;  $\zeta = 1 - 0,5\xi$ .

(4.33) ва (4.34) ҳисоблаш формулалари

$\alpha_m = \xi(1 - 0,5\xi) \leq \alpha_R = \xi_R(1 - 0,5\xi_R)$  бўлганда ўринлидир.

$\alpha_m$ ,  $\zeta$  ва  $\xi$  коэффициентлар бир-бири билан боғланган бўлиб, бирининг қиймати маълум бўлганда, қолган иккитасининг қиймати 4.1 жадвалдан аниқланиши мумкин.

Бир хил мустаҳкамликка эга бўлган элементларни хар хил йўл билан лойиҳалаш мумкин. Бунга элемент кесим юзаси ўлчамлари, арматура миқдорини ва бошқа характеристикаларни ўзгартириш йўли билан эришилади. Тажрибалар шуни кўрсатадики, тўсин сиқилиш зонасининг нисбий баландлиги  $\xi = 0, 25 \dots 0, 4$ , плиталарда эса  $\xi = 0, 1 \dots 0, 2$  бўлганда лойиҳалаштирилган тўсин ва плиталар иқтисодий жиҳатдан энг самарали ҳисобланади.

Элементлар  $\xi \leq \xi_R$  ҳол бўйича ҳисобланганда арматуранинг оптимал миқдори  $\xi = \xi_R$  қабул қилиниб (4.35) формуладан топилади

$$\mu_{s,opt} = \xi_R R_b / R_s. \quad (4.36)$$

Эгиладиган элементлар учун арматура билан жиҳозланиш коэффициентининг энг кичик ва энг катта миқдорлари кам чегараланган бўлиб, қуришиш меъёри ва қоидалари бўйича қуйидагиларни ташкил қилади:  $\mu_{s,min} = 0,05\%$ ,  $\mu_{s,max} = 3\%$ .

#### 4.1 жадвал.

Кесими тўғри тўртбурчак бўлиб, чўзиладиган зонаси арматура билан жиҳозланган эгиладиган элементларни ҳисоблаш учун жадвал

$\xi$	$\zeta$	$\alpha_m$	$\xi$	$\zeta$	$\alpha_m$
0,01	0,995	0,01	0,36	0,82	0,295
0,02	0,99	0,02	0,37	0,815	0,301
0,03	0,985	0,03	0,38	0,81	0,309
0,04	0,98	0,039	0,39	0,805	0,314
0,05	0,975	0,048	0,40	0,8	0,32
0,06	0,97	0,058	0,41	0,795	0,326
0,07	0,965	0,067	0,42	0,79	0,332
0,08	0,96	0,077	0,43	0,785	0,337
0,09	0,966	0,085	0,44	0,78	0,343
0,10	0,95	0,095	0,45	0,775	0,349
0,11	0,945	0,104	0,46	0,77	0,354
0,12	0,94	0,113	0,47	0,765	0,359
0,13	0,935	0,121	0,48	0,76	0,365
0,14	0,93	0,13	0,49	0,755	0,37
0,15	0,925	0,139	0,50	0,75	0,375
0,15	0,92	0,147	0,51	0,745	0,38
0,17	0,915	0,155	0,52	0,74	0,385
0,18	0,91	0,164	0,53	0,735	0,39
0,19	0,905	0,172	0,54	0,73	0,394
0,20	0,9	0,18	0,55	0,725	0,399
0,21	0,895	0,188	0,56	0,72	0,403
0,22	0,89	0,196	0,57	0,715	0,408
0,23	0,885	0,203	0,58	0,71	0,412
0,24	0,88	0,211	0,59	0,705	0,416
0,25	0,875	0,219	0,6	0,7	0,42
0,26	0,87	0,226	0,61	0,695	0,424
0,27	0,865	0,236	0,62	0,69	0,428
0,28	0,86	0,241	0,63	0,685	0,432
0,29	0,855	0,248	0,64	0,68	0,435
0,30	0,85	0,255	0,65	0,675	0,439
0,31	0,845	0,262	0,66	0,67	0,442
0,32	0,84	0,269	0,67	0,665	0,446
0,33	0,835	0,275	0,68	0,66	0,449
0,34	0,83	0,282	0,69	0,655	0,452
0,35	0,825	0,289	0,70	0,65	0,455

**Кесимларни  $\xi > \xi_R$  бўлган ҳол бўйича ҳисоблаш.** Бу ҳол бўйича ҳисоблашда мустаҳкамлик (4.33) ва (4.34) шартлардан текширилади. Сиқилиш зонасининг баландлиги эса, синфи В30 ва ундан паст бўлган бетон ва синфлари А-I, А-II, А-III бўлган арматуралардан тайёрланган элементлар учун қуйидаги тенгламадан аниқланади

$$\sigma_s A_s - R_b b x = 0, \quad (4.37)$$

$$\sigma_s = \left( 2 \frac{1-x/h_0}{1-\xi_R} - 1 \right) R_s. \quad (4.38)$$

Темирбетон элементларни ҳисоблашда қуйидаги учта асосий масалани учратиш мумкин: 1) ҳамма шартлар берилган бўлиб, элементни жиҳозлаш учун талаб қилинадиган  $A_s$  арматуранинг қўндаланг кесим юзасини топиш талаб қилинади; 2) ҳамма шартлар берилган бўлиб, элемент



кўндаланг кесимининг ўлчамлари  $b$  ва  $h$  ҳамда элементни жиҳозлаш учун талаб қилинадиган  $A_s$  арматуранинг кўндаланг кесим юзасини топиш талаб қилинади; 3) ҳамма шартлар берилган бўлиб, элемент кесимининг мустаҳкамлигини текшириб куриш талаб қилинади.

**1 масала.** Талаб қилинадиган арматуранинг кўндаланг кесим юзасини топиш. Дастлаб  $M = M_u$  қабул қилиниб (4.33) формуладан  $\alpha_m$  коэффициентининг қиймати аниқланади ва 1 жадвалдан бу коэффициентнинг қийматига мос бўлган  $\xi$  ва  $\zeta$ , коэффициентларнинг қийматлари аниқланади. (4.28) формуладан  $\zeta_R$  коэффициентининг қиймати ҳисобланади ва қуйидаги  $\xi \leq \zeta_R$  шарт текширилади. Агар шарт бажарилса, арматуранинг кўндаланг кесим юзаси (4.34) формуладан аниқланади:  $A_s = M / (R_s \zeta h_0)$

**2 масала.** Элемент кесимининг ўлчамлари  $b$  ва  $h$  ҳамда талаб қилинадиган арматура кўндаланг кесим юзасини аниқлаш. Дастлаб, плита учун  $\xi = 0,1 \dots 0,2$  ва тўсин учун  $\xi = 0,25 \dots 0,4$  қийматлардан бири қабул қилиниб 4.1 жадвалдан шу қийматга мос бўлган  $\alpha_m$  коэффициентининг қиймати аниқланади. Ундан кейин (4.33) формуладан элемент кесимишнг ишчи баландлиги аниқланади  $h_0 = \sqrt{M / (R_b b \alpha_m)}$  ва элемент кесимининг тўлик баландлиги ҳисобланади  $h = h_0 + a$ . Бунда тўсин кесимининг ўлчамлари орасидаги муносабат  $b = (0,3 \dots 0,5) / h$  бўлиши мақсадга мувофиқдир. Топилган ўлчамлар 4.1 параграфда келтирилган талаблар, бўйича мувофиқлаштирилади. Арматуранинг кўндаланг кесим юзасини аниқлаш 1 масалада келтирилган тартибда бажарилади.

**3 масала.** Элемент кесимининг мустаҳкамлигини текшириб куриш. Кесим мустаҳкамлиги (4.33) ёки (4.34) формулалардан текширилади.  $\alpha_m$  ва  $\zeta$  коэффициентларнинг қийматлари  $\xi = R_s A_s / (R_b b h_0)$  коэффициентнинг миқдорига биноан 4.1 жадвалдан топилади.

Юқорида келтирилган ҳисоблаш тартиби  $\xi \leq \zeta_R$  бўлган ҳол учун ўринлидир.  $\xi > \zeta_R$  бўлган ҳол учун эса, синфи В30 бўлган бетон ва синфлари А-I, А-II, А-III, Вр-I бўлган арматуралардан тайёрланган элементларни ҳисоблашда  $\xi = \zeta_R$  қабул қилиш руҳсат этилади.

## 2. Арматура билан кўндаланг кесими икки томонлама жиҳозланган тўғри тўртбурчак кесимли элементлар

Бир томонлама арматура билан жиҳозланган элементлар сиқилиш зонасининг мустаҳкамлиги етарли бўлмаган ҳолларда сиқиладиган зонага ҳам арматура жойлаштирилади. Икки томонлама арматура билан жиҳозланган элементлар пўлат сарфи жиҳатидан самарасиз бўлиб, бўйлама ва кўндаланг арматуралар сарфини оширади. Сиқилган зонага қуйиладиган бўйлама арматура сиқувчи зўриқишлар таъсиридан қобариб кетмаслиги учун

кўшимча кўндаланг стерженлар қўйилиши шарт. Арматурали синчлар пайвандлиниб тайёрланганда кўндаланг стерженлар ҳар  $20d$  масофада, тўқилган синчларда эса ҳар  $15d$  масофада қўйилади. Шунинг учун элемент кесимининг сиқиладиган зонасига арматура фақат муҳим ҳолларда, элемент кўндаланг кесимининг баландлиги чегараланган, бетон синфини ошириш имконияти бўлмаган ҳамда ташқи юкнинг йўналиши ўзгариб турадиган ҳолларда қўйилади.

**Кесим мустаҳкамлигини эластик-пластик жисмлар назария бўйича ҳисоблаш.** Элемент кесимининг кучланиш ва деформацияланиш ҳолатлари 4.15 расмда кўрсатилган. Кесимнинг мустаҳкамлиги қуйидаги формула орқали текширилади

$$M \leq M_u = R_b b x \left[ \lambda (h_0 - 0,5 \lambda x) + 0,5 (1 - \lambda) \left( h_0 - \frac{1 + 2\lambda}{3} x \right) \right] + R_{sc} A'_s (h_0 - d) \quad (4.39)$$

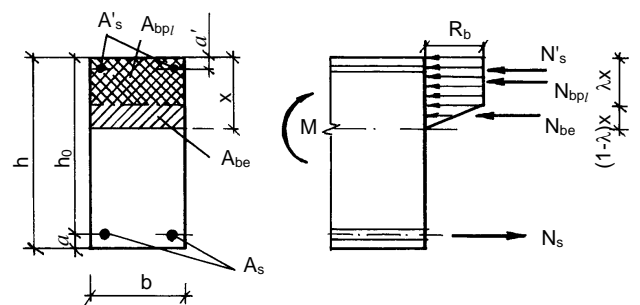
Сиқилиш зонасининг баландлиги қуйидаги тенгламадан аниқланади

$$0,5(1 + \lambda) R_b b x + R_{sc} A'_s = R_s A_s \quad (4.40)$$

(4.39) формула ва (4.40) тенгламада кесим сиқилиш зонасининг баландлигини нисбий баландлик  $\xi$  билан ифодалаб қуйидаги ифодаларни оламиз

$$M \leq M_u = \alpha_m R_b b h_0^2 + R_{sc} A'_s (h_0 - a'); \quad (4.41)$$

$$0,5(1 + \lambda) \xi R_b b h_0 + R_{sc} A'_s = R_s A_s \quad (4.42)$$



**4.15-расм.** Икки томонлама арматура билан жиҳозланган элементларни эластик-пластик жисмлар назарияси бўйича ҳисоблашга доир.

(4.41) формуладаги  $\alpha_m$  коэффициентнинг қиймати (4.22) формуладан аниқланади.

Икки томонлама арматура билан жиҳозланган элементларни лойиҳалашда сиқиладиган  $A'_s$  арматура қуйидаги ҳолларда қўйилади: 1) сиқилиш зонасининг мустаҳкамлигини ошириш учун ҳисоб орқали ва 2) амалий талаблар бўйича. Биринчи ҳол бўйича масалани ечишда номаълумларнинг ( $x$ ,  $A'_s$  ва  $A_s$ ) сони тенгламалар сонидан биттага кўп

бўлиб, кўшимча учинчи шарт талаб қилинади. Бу кўшимча шарт тажриба асосида олинади. Тажрибалар асосида олинган натижалар бўйича элемент кесимининг сиқилган зонасидаги бетон қанча катта миқдордаги зўриқишларни қабул қилса, кесим иктисодий жиҳатдан шунча самарали бўлади. Бу  $\xi = \xi_R$  бўлган ҳолдагина бажарилади. Бунда, сиқиладиган ва чўзиладиган арматураларнинг кўндаланг кесим юзалари (4.41) ва (4.42) формулалардан қабул қилиб топилади:

(4.41) формуладан -

$$A'_s = \frac{M - \alpha_R R_b b h_0^2}{R_{sc} (h_0 - a')}, \quad (4.43)$$

бу ерда  $\alpha_R$  коэффициент (4.22) формуладан аниқланади.

(4.42) формуладан -

$$A_s = \frac{0,5(1 + \lambda) \xi_R R_b b h_0}{R_s} + A'_s \frac{R_{sc}}{R_s}, \quad (4.44)$$

бу ерда  $\xi_R$  коэффициент қиймати (4.19) формуладан аниқланади.

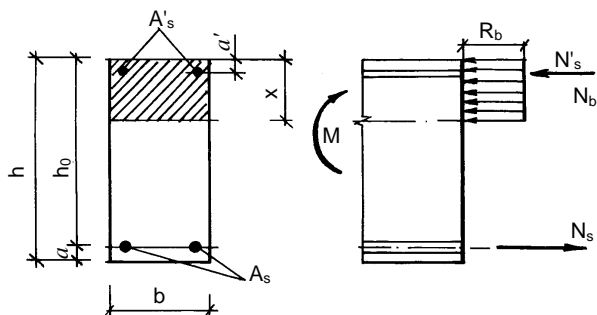
Иккинчи ҳол бўйича масалани ечишда сиқиладиган арматуранинг кесим юзаси  $A_s$  амалий талаблар бўйича қабул қилиниб (4.41) формуладан  $\alpha_m$  коэффициентининг қиймати аниқланади

$$\alpha_m = \frac{M - R_{sc} A'_s (h_0 - a')}{R_b b h_0^2}. \quad (4.45)$$

Топилган  $\alpha_m$  коэффициент қийматига биноан (4.22) формуладан сиқилиш зонасининг нисбий баландлиги  $\xi$  аниқланади ва чўзиладиган арматуранинг кесим юзаси  $A_s$  (4.22) тенгламадан топилади

$$A_s = \frac{0,5(1 + \lambda) \xi_R R_b b h_0}{R_s} + A'_s \frac{R_{sc}}{R_s}. \quad (4.46)$$

**Кесим мустаҳкамлигини бикр-пластик жисмлар назарияси бўйича ҳисоблаш.** Қурилиш меъёри ва қоидалари (ҚМҚ 2.03.01-96) га асос қилиб олинган услуб. Элемент кесимининг кучланиш ҳолати 4.16 расмда кўрсатилган.



**4.16-расм.** Икки томонлама арматура билан жиҳозланган элементларни бикр-пластик жисмлар назарияси бўйича ҳисоблашга доир.

Кесим мустаҳкамлигини бикр-пластик жисмлар назарияси бўйича ҳисоблаш формулаларини олиш учун (4.39) ва (4.40) мувозанат тенгламаларида  $\lambda = 1$  қабул қилиш кифоя. У вақтда мувозанат тенгламалари куйидаги кўринишни олади:

$$M \leq M_u = R_b b x (h_0 - 0,5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a'); \quad (4.47)$$

$$R_b b x + R_{sc} A'_s = R_s A_s. \quad (4.48)$$

Сиқилиш зонасининг баландлиги  $X$  нисбий баландлик билан ифодаланганда:

$$M \leq M_u = \alpha_m R_b b h_0^2 + R_{sc} A'_s (h_0 - a'); \quad (4.49)$$

$$\xi R_b b h_0 + R_{sc} A'_s = R_s A_s. \quad (4.50)$$

Сиқиладиган арматуранинг кесим юзаси  $A'_s$  ҳисоб орқали аниқланганда (4.49) тенгламада  $\alpha_m = \alpha_R$  қабул қилиб куйидаги формулани оламиз

$$A'_s = \frac{M - \alpha_R R_b b h_0^2}{R_{sc} (h_0 - a')}. \quad (4.51)$$

Чўзиладиган арматуранинг кесим юзаси  $A_s$  (4.50) формуладан топилади

$$A_s = \frac{\xi_R R_b b h_0}{R_s} + A'_s \frac{R_{sc}}{R_s}. \quad (4.52)$$

Бу ерда  $\xi_R$  коэффициентнинг қиймати (4.28) формуладан,  $\alpha_R$  нинг қиймати эса куйидаги ифодадан аниқланади

$$\alpha_R = \xi_R (1 - 0,5 \xi_R).$$

Сиқиладиган арматуранинг кесим юзаси  $A_s$  амалий талаблар бўйича танланган бўлса, (4.49) тенгламадан  $\alpha_m$  коэффициентининг қиймати

$$\alpha_b = \frac{M - R_{sc} A'_s (h_0 - a')}{R_b b h_0^2}, \quad (4.53)$$

(4.50) тенгламадан эса чўзиладиган арматуранинг  $A_s$  кесим юзаси топилади

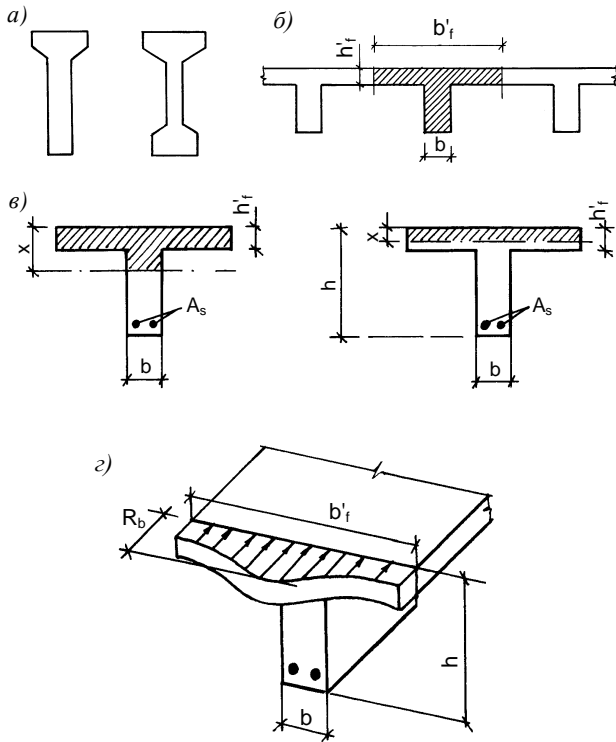
$$A_s = \frac{\xi R_b b h_0}{R_s} + A'_s \frac{R_{sc}}{R_s}. \quad (4.54)$$

### 3. Кўндаланг кесими тавр ва қўштавр шаклида бўлган элементлар

Кўндаланг кесими тавр ва қўштавр шаклида бўлган элементлар яқка ҳолда краности ва том тўсинлари (4.17, а расм) сифатида ёки яхлит шиптом конструкцияларининг таркибида қўлланиши (4.17, б расм) мумкин.

Тавр ва қўштавр шаклидаги кесимлар коворға ва рафлардан ташкил топган бўлади. Тавр кесимларнинг рафи одатда сиқиладиган зонасида жойлашган бўлади. Чўзилиш зонасида жойлашган раф тавр ва қўштавр кесимларнинг мустаҳкамлигини

оширмайди ва ҳисобларда эътиборга олинмайди. Шунинг учун ҳам қўштавр шаклидаги кесимлар тавр кесимлардек ҳисобланади.



4.17-расм. Кўндаланг кесими тавр шаклида бўлган элементларни мустаҳкамлиги бўйича ҳисоблашга доир.

Тавр ва қўштавр кесимлар тўғри тўртбурчак шаклидаги кесимларга нисбатан иқтисодий жиҳатдан анча самарали ҳисобланади. Ҳар хил мустаҳкамликка эга бўлган элементлар учун кўндаланг кесим тавр шаклида қабул қилинганда, тўғри тўртбурчак кесимга нисбатан бетон сарфи анча камаяди.

Тавр шаклидаги кесимлар фақат чўзиладиган арматуралар билан бир томонлама жиҳозланади.

Тавр кесим рафида қовурға билан туташган кесимдан узоклашган сари кучланишларнинг миқдори камайиб боради (4.17, г расм). Шунинг учун ҳисобларда рафининг эни чегараланади  $b'_f \leq b_2 + l_0$ . Бундан ташқари қуйидаги шартлар ҳам бажарилиши лозим:

а) агар кўндаланг қовурғалар мавжуд бўлса ёки  $h'_f \geq 0,1h$  бўлганда  $b'_f = b + l_f$  қабул қилинади;  $l_f$  - бўйлама қовурғаларнинг қирралари орасидаги масофа;

б) кўндаланг қовурғалар бўлмаган ҳолда ёки мавжуд бўлиб, улар орасидаги масофа бўйлама қовурғалар орасидаги масофадан катта бўлганда ва  $h'_f < 0,1h$  бўлган ҳолда  $b'_f = b + 12h'_f$ ;

в) раф конзол шаклида бўлиб  $h'_f > 0,1h$  бўлса  $b'_f = b + 12h'_f$ ;  $0,05h \leq h'_f \leq 0,1h$  бўлганда  $b'_f = b + 6h'_f$ ;  $h'_f < 0,05h$  бўлганда эса раф узунлиги эътиборга олинмайди, яъни  $b'_f = b$  қабул қилинади.

Тавр шаклидаги кесимга эга бўлган эле-

ментларни ҳисоблашда икки ҳол учрайди:

- 1) тавр кесимни чўзиладиган ҳамда сиқиладиган зоналарга ажратувчи ўқ рафда жойлашган ( $x \leq h'_f$ );
- 2) нейтрал ўқ қовурғани кесиб ўтади.

1 ҳол тавр кесими рафининг эни катта бўлганда учрайди. Бу ҳолда тавр шаклидаги кесимга эга бўлган элементлар мустаҳкамликлари кесими тўғри тўртбурчак шаклида бўлган элементлар ҳисоблангандек ҳисобланади ва ҳисоблаш формулаларида  $b = b'_f$  қабул қилинади.

**Кесим мустаҳкамлигини эластик-пластик жисмлар назария бўйича ҳисоблаш.** Бу назария бўйича кесим мустаҳкамлиги 1 ҳол ( $x < h_j$ ) бўйича қуйидаги шартдан текширилади

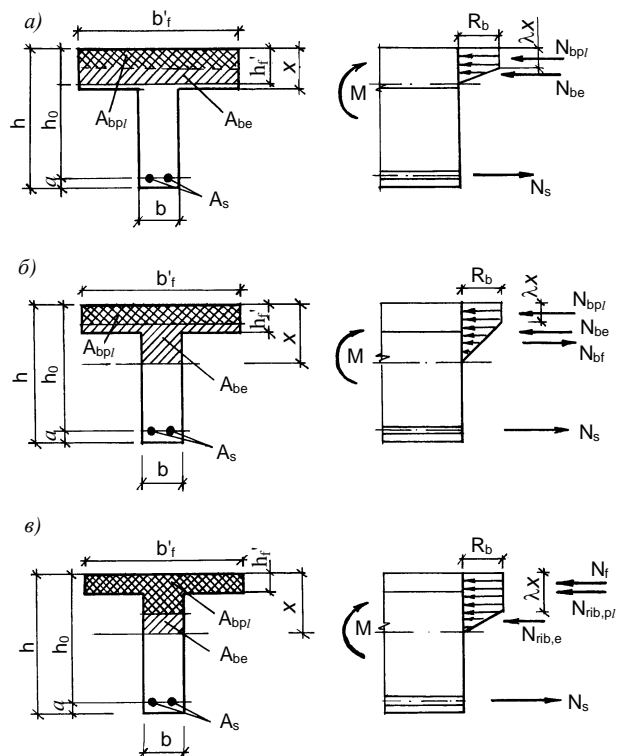
$$M \leq M_u = \alpha_m R_b b'_f h_0^2; \quad (4.55)$$

сиқилиш зонасининг баландлиги эса қуйидаги тенгламадан топилади

$$0,5(1 + \lambda) R_b b'_f x = R_s A_s, \quad (4.56)$$

бу ерда  $\lambda$  коэффициентининг қиймати (4.7) формуладан аниқланади.

Тавр кесим мустаҳкамлиги 2 ҳол ( $x > h'_f$ ) бўйича ҳисобланганда (4.18 б расм) икки ҳолат мавжуд бўлади. Биринчи ҳолатда тавр кесимнинг рафи ёки унинг бир қисми пластик ҳолатда деформацияланади, яъни  $\lambda x \leq h'_f$  бўлади. Иккинчи ҳолатда эса раф ҳамда қовурға кесимининг бир қисми пластик ҳолатда деформацияланади, яъни  $\lambda x > h'_f$  бўлади (4.18 расм).



4.18-расм. Тавр кесимларни эластик-пластик жисмлар назарияси бўйича ҳисоблашга доир

**Тавр кесимларни  $\lambda x \leq h'_f$  бўлган ҳолат бўйича ҳисоблаш.** Бу ҳолатда тавр кесимда ҳосил бўладиган кучланишлар схемаси ва эпюраси 4.18, б расмда кўрсатилган. Бу ҳолат учун мувозанат тенгламаларини тузамиз:

кесим мустаҳкамлигини текшириш учун -

$$M \leq M_u = N_{b,pl}Z_{pl} + N_{be}Z_e - N_{bf}Z_f; \quad (4.57)$$

кесим сиқилиш зонасининг баландлигини аниқлаш учун

$$N_{b,pl} + N_{be} - N_{bf} - N_s = 0; \quad (4.58)$$

(4.57) ва (4.58) тенгламаларда:

$$N_{b,pl} = \lambda R_b b'_f x; \quad (4.59)$$

$$N_{be} = 0,5(1-\lambda)R_b b'_f x; \quad (4.60)$$

$$N_{bf} = \frac{R_b}{2(1-\lambda)x} (b'_f - b)(x - h'_f)^2; \quad (4.61)$$

$$N_s = R_s A_s; \quad (4.62)$$

$$Z_{pl} = h_0 - 0,5\lambda x; \quad (4.63)$$

$$Z_e = h_0 - (1+2\lambda)x/3; \quad (4.64)$$

$$Z_f = h_0 - \frac{(x+2h'_f)}{3}. \quad (4.65)$$

Бу ифодаларни (4.57) ва (4.58) мувозанат тенгламаларига қўйиб қуйидаги ҳисоблаш формуларини оламиз:

кесим мустаҳкамлигини текшириш учун -

$$M \leq M_u = R_b b'_f x \left[ \lambda(h_0 - 0,5\lambda x) + 0,5(1-\lambda) - \left( h_0 - \frac{1+2\lambda}{3}x \right) - \frac{(x-h'_f)^2}{(1-\lambda)} \cdot \frac{b'_f - b}{2b'_f} \left( h_0 - \frac{x+2h'_f}{3} \right) \right] \quad (4.66)$$

кесим сиқилиш зонасининг баландлигини аниқлаш учун -

$$Ax^2 + Bx - C = 0, \quad (4.67)$$

бу ерда

$$A = 0,5R_b b'_f \left( \frac{b}{b'_f} - \lambda \right); \quad (4.68)$$

$$B = R_b (b'_f - b) h'_f - R_s A_s (1-\lambda); \quad (4.69)$$

$$C = 0,5R_b (b'_f - b) h'_f{}^2. \quad (4.70)$$

Ҳисоблаш формулаларида сиқилиш зонасининг баландлиги  $x$  нисбий баландлик билан ифодаланганда ( $x = \zeta h_0$ ) қуйидаги формулаларни оламиз

$$M \leq M_u = \alpha_m R_b b'_f h_0^2; \quad (4.71)$$

$$0,5(1-\lambda^2)R_b b'_f \xi^2 - 0,5R_b (b'_f - b)(\xi - \xi_f)^2 = (1-\lambda)\xi R_s A_s, \quad (4.72)$$

бу ерда

$$\alpha_m = \lambda \xi (1 - 0,5\lambda \xi) + 0,5(1-\lambda) \xi \left( 1 - \frac{1+2\lambda}{3} \xi \right) - \frac{(\xi - \xi_f)^2}{(1-\lambda)\xi} \cdot \frac{b'_f - b}{b'_f} \left( 1 - \frac{\xi + 2\xi_f}{3} \right). \quad (4.73)$$

Кесими тавр шаклида бўлган элементларни  $\lambda x \leq h'_f$  ҳолат бўйича лойиҳалаганда чўзиладиган арматуранинг кесим юзаси  $A_s$  қуйидагича топилади: (4.71) формуладан

$M_u = M$  қабул қилиниб  $\alpha_m$  коэффициентнинг қиймати аниқланади

$$\alpha_m = \frac{M}{R_b b'_f h_0^2}. \quad (4.74)$$

(4.73) формуладан эса сиқилиш зонасининг нисбий баландлиги  $\xi$  топилади. Арматуранинг кўндаланг кесим юзаси эса (4.58) тенгламадан топилади

$$A_s = \frac{0,5(1+\lambda)\xi R_b b h_0}{R_s} - \frac{R_b (b'_f - b)(\xi - \xi_f)^2 h_0}{2(1-\lambda)\xi R_s}. \quad (4.75)$$

**Тавр кесимларни  $\lambda x > h'_f$  бўлган ҳолат бўйича ҳисоблаш** (4.18, в расм). Бу ҳолат учун мувозанат тенгламаларини тузамиз:

кесим мустаҳкамлигини текшириш учун

$$M \leq M_u = N_f Z_f + N_{rib,pl} Z_{pl} + N_{rib,e} Z_e; \quad (4.76)$$

кесим сиқилиш зонасининг баландлигини аниқлаш учун

$$N_f + N_{rib,pl} + N_{rib,e} - N_s = 0. \quad (4.77)$$

(4.77) ва (4.76) тенгламаларда:

$$N_f = R_b (b'_f - b) h'_f; \quad (4.78)$$

$$N_{rib,pl} = \lambda R_b b x; \quad (4.79)$$

$$N_{rib,e} = (1-\lambda)0,5R_b b x; \quad (4.80)$$

$$Z_f = h_0 - 0,5h'_f; \quad (4.81)$$

$$Z_{pl} = h_0 - 0,5\lambda x; \quad (4.82)$$

$$Z_e = h_0 - (1+2\lambda)x/3. \quad (4.83)$$

Бу ифодаларни мувозанат тенгламаларига қўйиб қуйидаги ҳисоблаш формуларини оламиз:

кесим мустаҳкамлигини текшириш учун

$$M \leq M_u = R_b (b'_f - b) h'_f (h_0 - 0,5h'_f) + R_b b x \left[ \lambda(h_0 - 0,5\lambda x) + 0,5(1-\lambda) \left( h_0 - \frac{1+2\lambda}{3}x \right) \right] \quad (4.84)$$

кесим сиқилиш зонасининг баландлигини аниқлаш учун

$$R_b(b'_f - b)h'_f + 0,5(1 + \lambda)R_b b x - R_s A_s = 0. \quad (4.85)$$

(4.85) тенгламадан

$$x = \frac{R_s A_s - R_b(b'_f - b)h'_f}{0,5(1 + \lambda)R_b b}. \quad (4.86)$$

Кесими тавр шаклида бўлган элементларни  $\lambda x > h'_f$  ҳолат бўйича лойиҳалаганда чўзиладиган арматуранинг кесим юзаси  $A_s$  куйидагича топилади:

$$M = M_f + \alpha_m R_b b h_0^2 \quad (4.87)$$

тенгламадан  $\alpha_m$  коэффициентнинг қиймати топилади

$$\alpha_m = \frac{M - M_f}{R_b b h_0^2}, \quad (4.88)$$

бу ерда

$$M_f = R_b(b'_f - b)h'_f(h_0 - 0,5h'_f). \quad (4.89)$$

Сиқилиш зонасининг нисбий баландлиги  $\xi$  куйидаги тенгламадан топилади

$$\alpha_m = \lambda \xi(1 - 0,5\lambda \xi) + 0,5(1 - \lambda) \xi \left(1 - \frac{1 + 2\lambda}{3} \xi\right). \quad (4.90)$$

Чўзиладиган арматуранинг кесим юзаси (4.85) тенгламадан  $x = \xi h_0$  қабул қилиниб топилади

$$A_s = \frac{R_b(b'_f - b)h'_f + 0,5\xi h_0 R_b b(1 + \lambda)}{R_s}. \quad (4.91)$$

Биринчи ( $\lambda x \leq h'_f$ ) ва иккинчи ( $\lambda x > h'_f$ ) ҳолатлар ўртасидаги чегаравий шарт (4.84) тенгламадан қабул қилиниб аниқланади:

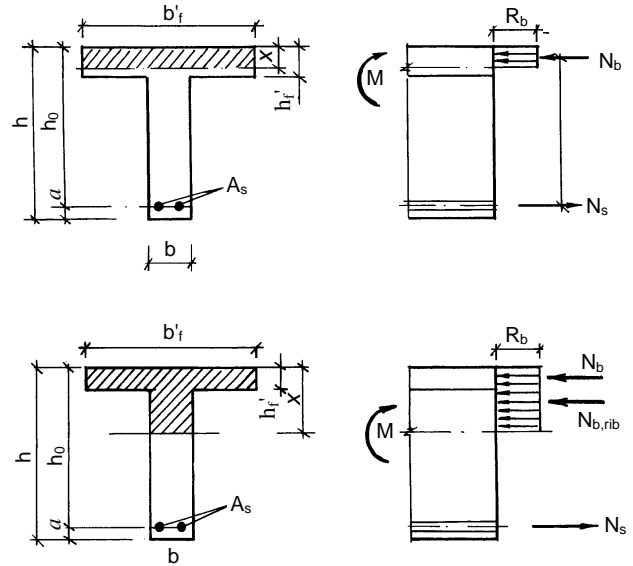
$$M \leq R_b b'_f h'_f (h_0 - 0,5h'_f) + 0,5R_b b(1 - \lambda) \frac{h'_f}{\lambda} \left( h_0 - \frac{1 + 2\lambda}{3} \frac{h'_f}{\lambda} \right). \quad (4.92)$$

(4.92) шарт бажарилса, кесим биринчи ҳолат бўйича, акс ҳолда эса иккинчи ҳолат бўйича ҳисобланади.

**Кўндаланг кесими тавр шаклида бўлган элементларни бикр жисмлар назарияси бўйича ҳисоблаш. Қурилиш меъёри ва қондалари услуби.**

**Тавр кесимларни  $x \leq h'_f$  бўлган ҳол бўйича ҳисоблаш** (4.19, а расм).

Тавр кесимларни бу ҳол бўйича ҳисоблашда кесими тўғри тўртбурчак шаклидаги элементларнинг мустаҳкамлигини ҳисоблаш учун келтирилган формулалардан фойдаланалади. Бунда, ҳисоблаш формулаларида  $b = b'_f$  қабул қилинади.



**4.19-расм.** Тавр кесимларни бикр-пластик жисмлар назарияси бўйича ҳисоблашга доир

**Тавр кесимларни  $x > h'_f$  бўлган ҳол бўйича ҳисоблаш** (4.19, б расм).

Тавр кесимларни бу ҳол бўйича ҳисоблашда, кесимларни эластик-пластик жисмлар назария бўйича ҳисоблашдан топилган формулаларда  $\lambda = 1$  қабул қилиш кифоя. У вақтда ҳисоблаш формулалари куйидаги кўринишни олади:

кесим мустаҳкамлигини текшириш учун

$$M_i \leq M_u = R_b(b'_f - b)h'_f(h_0 - 0,5h'_f) + R_b b x(h_0 - 0,5x); \quad (4.93)$$

сиқилиш зонасининг баландлигини аниқлаш учун

$$R_b(b'_f - b)h'_f + R_b b x - R_s A_s = 0. \quad (4.94)$$

Кесими тавр шаклида бўлган элементларни ҳисоблашда нейтрал ўқнинг ҳолати куйидаги шартлардан аниқланади:

1) тавр кесимнинг ҳамма характеристикалари ва чўзиладиган арматуранинг кесим юзаси  $A_s$  маълум бўлганда

$$R_s A_s \leq R_b b'_f h'_f \quad (4.95)$$

шарт бажарилса нейтрал ўқ рафдан ўтади;

$$R_s A_s > R_b b'_f h'_f \quad (4.96)$$

бўлганда эса нейтрал ўқ ковуғани кесиб ўтади; 2) ҳисобий эгувчи момент  $M$  берилган бўлиб кесим ўлчамлари маълум бўлса ва чўзиладиган арматуранинг кесим юзаси номаълум бўлганда

$$M \leq M_u = R_b b'_f h'_f (h_0 - 0,5h'_f) \quad (4.97)$$

шарт бажарилса нейтрал ўқ рафдан ўтади;

$$M > M_u = R_b b'_f h'_f (h_0 - 0,5h'_f) \quad (4.98)$$

бўлганда эса нейтрал ўк қовурғани кесиб ўтади.

Кесими тавр шаклида бўлган элементларни лойихалаганда унинг баландлиги қуйидаги тақрибий формуладан аниқланиши мумкин

$$h = (15 \dots 20) \sqrt[3]{10M}, \quad (4.99)$$

бу ерда  $h$ , см ҳисобида;  $M$  кН·м ҳисобида. Қовурғанинг эни  $b = (0,4 \dots 0,5)h$  қабул қилинади. Рафнинг ўлчамлари  $b'_f$  ва  $h'_f$  конструкцияни лойихалашдан аниқланади.

#### 4. Кесими қути, трапеция ва учбурчак шаклида бўлган элементлар

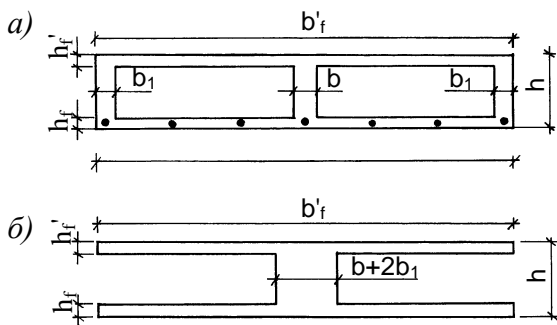
Кўндаланг кесими тўғри тўртбурчак ва тавр шаклида бўлган элементлардан ташқари амалда кесими трапеция, қути, учбурчак ва бошқа шаклда бўлган элементлар ҳам кўп учрайди (4.20 расм).

**Кўндаланг кесими қути шаклида бўлган элементлар.** Кесими қути шаклида бўлган элементларни ҳисоблашда қути шаклидаги кесим тавр шаклига келтирилади (4.20 ва 4.21 расмлар). Келтирилган тавр шаклидаги кесим қовурғасининг эни қути шаклидаги кесим қовурғаларининг энлари йиғиндисига тенг қилиб олинади, яъни  $b = b_1 + b_2 + \dots + b_i = \Sigma b_i$ ; тавр кесим рафининг эни ва қалинлиги қути шаклидаги кесим энига ва плита қалинлигига тенг қилиб олинади. Қути шаклидаги кесим чўзиладиган зонасида жойлашган раф чўзиладиган арматураларни жойлаштириш учун хизмат қилади ва кесим мустаҳкамлигини ҳисоблаганда эътиборга олинмайди.

**Кўндаланг кесими трапеция шаклида бўлган элементлар.** Трапеция шаклидаги кесимлар асослари ўлчамларининг нисбатига қараб икки хил бўлади: 1)  $b_1 / b_2 < 1$  (4.21, а расм) ва 2)  $b_1 / b_2 > 1$  (4.21, б расм).

Трапеция шаклидаги кесимнинг мустаҳкамлиги қуйидаги шартдан текширилади

$$M \leq M_u = R_b A_b Z. \quad (4.100)$$



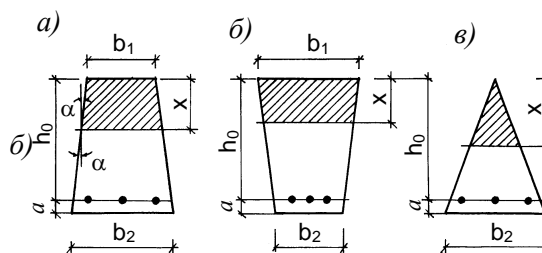
4.20-расм. Кесими қути шаклида бўлган бўган элементларни ҳисоблашга доир

Кесим сиқилган зонасининг баландлиги қуйидаги тенгламадан аниқланади

$$R_b A_b - R_s A_s = 0, \quad (4.101)$$

бу ерда кесим сиқилиш зонасининг юзаси

$$A_b = (b_1 + b_0)x/2, \quad (4.102)$$



4.21-расм. Кесими трапеция (а, б) ва учбурчак (в) шаклидаги элементларни ҳисоблашга доир

(4.102) формулада  $b_0$  номаълум бўлиб, сиқилиш зонасининг баландлиги  $x$  га боғлиқ. Трапециянинг нейтрал ўк сатҳидаги эни  $b_0$  қуйидаги муносабатдан аниқланади.

$$\frac{b_2 - b_1}{h} = \frac{b_0 - b_1}{x}, \quad (4.103)$$

бу тенгламадан

$$b_0 = b_1 + \frac{b_2 - b_1}{h} x. \quad (4.104)$$

(4.104) формуладан  $h \approx h_0$  қабул қилиб қуйидагини оламиз

$$b_0 = b_1 + \xi \cdot b_2 - \xi \cdot b_1, \quad (4.105)$$

бу ерда  $\xi = x/h_0$ . У вақтда сиқилиш зонасининг юзаси (4.102) формуладан

$$A_b = b_2 h_0 \left[ n \xi - 0,5 \xi^2 (n-1) \right], \quad (4.106)$$

бу ерда  $n = b_1 / b_2$ .

Трапеция шаклидаги кесимининг мустаҳкамлиги қуйидаги шартдан текширилади

$$M \leq M_u = \alpha_m R_b b_2 h_0^2, \quad (4.107)$$

бу ерда

$$\alpha_m = n \xi (1 - 0,5 \xi) + \frac{1-n}{2} \xi^2 \left( 1 - \frac{2\xi}{3} \right). \quad (4.108)$$

Сиқилиш зонасининг нисбий баландлиги  $\xi$  қуйидаги тенгламадан топилади

$$\xi^2 - \frac{2n}{n-1} \xi + C = 0, \quad (4.109)$$

бу ерда

$$C = \frac{2R_s A_s}{R_b b_2 h_0 (n-1)}. \quad (4.110)$$

**Кесими учбурчак шаклида бўлган элементлар.** Бундай кесимларнинг мустаҳкамликлари

кесими трапеция шаклида бўлган элементларни ҳисоблаш учун келтирилган (4.107)-(4.110) формулалардан фойдаланиб текширилади. Бунда  $b_1 = 0$  бўлганлиги учун ҳисоблаш формаларида  $n = 0$  қабул қилинади. У вақтда сиқилиш зонасининг баландлиги

$$x = \xi \cdot h_0 = h_0 \sqrt{2R_s A_s / (R_b b_2 h_0)}. \quad (4.112)$$

$\alpha_m$  коэффициентининг қиймати қуйидаги формуладан топилади

$$\alpha_m = 0,5 \xi^2 \left(1 - \frac{2\xi}{3}\right). \quad (4.113)$$

### 5. Бикр арматуралар билан жиҳозланган элементлар

Бикр арматуралар билан жиҳозланган элементлар асосан яхлит бетондан тикланадиган бино ва иншоотларнинг конструкцияларида қўлланилади. Бунда қолиплар тўғридан тўғри бикр арматураларга бириктирилиб, қолипларни кўтариб туриш учун керак бўлган қўшимча таянчларга ҳожат қолмайди. Бикр арматура қолип ва яхлит бетон оғирлигидан металл конструкциялардек ишлайди. Яхлит бетон қотиб унинг мустаҳкамлиги маълум бир миқдорга етгандан сўнг бикр арматура билан бетон биргаликда темирбетон конструкциялардек ишлайди. Тажрибалардан олинган натижалар шунни кўрсатадики, бикр арматура билан бетон элемент бузилиш ҳолатига келгунича бирга ишлаб, бикр арматура ва бетоннинг мустаҳкамлигидан тўлиқ фойдаланилади. Элементнинг мустаҳкамлигига бикр арматурада бино ва иншоотларни тиклаш жараёнида ҳосил бўладиган дастлабки кучланишлар таъсир кўрсатмайди. Бикр арматуранинг кўндаланг кесим юзаси бино ва иншоотларни тиклаш жараёнида ҳосил бўладиган юклар таъсирига металл конструкциялардек ҳисобланиб, мумкин даражада кичик қабул қилиниши тавсия қилинади. Бикр арматура билан жиҳозланган элементни эксплуатацион юклар таъсирига ҳисоблаганда бикр арматуранинг кесим юзаси элемент мустаҳкамлигини таъминлай олмаган тақдирда кесим қўшимча стерженли арматуралар билан жиҳозланади.

**Кесими тўғри тўртбурчак шаклида бўлган элементлар ҳисоби.** Бикр арматура билан жиҳозланган элементларни ҳисоблашда икки ҳол учрайд:

1) нейтрал ўқ бикр арматурани кесиб ўтмайди (4.22, б расм);

2) нейтрал ўқ бикр арматурани кесиб ўтади (4.22, а расм).

1 ҳол учун бикр-пластик жисмлар назарияси бўйича элемент кесимида ҳосил бўладиган зўриқишлар схемаси 4.22, а расмда кўрсатилган. Бунда бикр арматурада ҳосил бўладиган кучланишлар арматура баландлиги бўйича текис тарқалган ва қиймати  $R_{sa}$  га тенг қабул қилинади. Ҳисоблаш

формуларини олиш учун мувозанат тенгламаларини тузамиз:

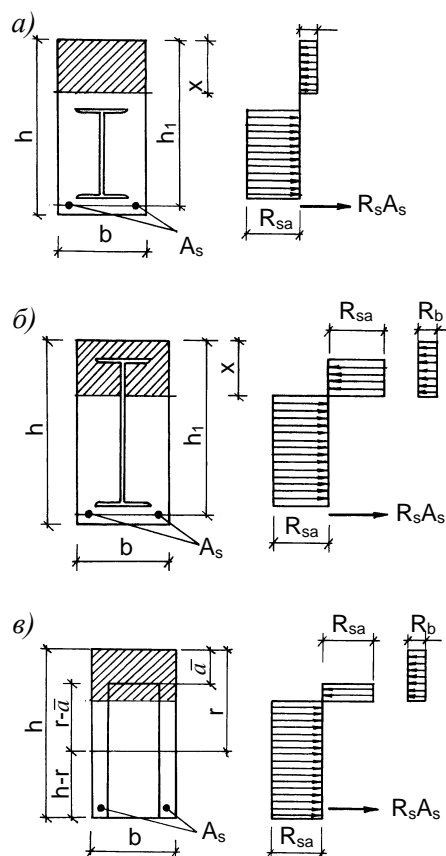
элемент мустаҳкамлигини текшириш учун –

$$M \leq M_u = 0,5 R_b b x^2 + R_{sa} A_{sa} (r - x) + R_s A_s (h_0 - x); \quad (4.114)$$

нейтрал ўқнинг ҳолатини (сиқилиш зонасининг баландлигини) аниқлаш учун –

$$R_b b x - R_{sa} A_{sa} - R_s A_s = 0, \quad (4.115)$$

бу ерда  $R_{sa}$  – бикр арматуранинг ҳисобий қаршилиги;  $A_{sa}$  – бикр арматуранинг кўндаланг кесим юзаси.



4.22-расм. Кесими бикр арматуралар билан жиҳозланган элементларни ҳисоблашга доир

2 ҳол учун бикр-пластик жисмлар назарияси бўйича элемент кесимида ҳосил бўладиган зўриқишлар схемаси 4.22, б расмда кўрсатилган. Ҳисоблаш формуларини олиш учун мувозанат тенгламаларини тузамиз:

элемент мустаҳкамлигини текшириш учун –

$$M \leq M_u = 0,5 R_b b x^2 + R_{sa} A_{sa,c} Z_c + R_{sa} A_{sa,t} Z_t + R_s A_s (h - x) \quad (4.116)$$

Бу формуладан кўринадики, бикр арматуранинг сиқилиш ва чўзилиш зоналаридаги юзалари  $A_{sa,c}$  ва  $A_{sa,t}$  сиқилиш зонасининг баландлигига боғлиқ. Ҳисоблаш формуласини амалий даражага етказиш

мақсадида бикр арматуранинг кесимини тўғри тўртбурчак шаклида деб тасаввур қилиб, куйидаги тенгламани оламиз (4.22, в расм)

$$M \leq M_u = 0,5R_b b x^2 + R_{sa} \left[ \frac{b_1(x-\bar{a})^2}{2} + \frac{b_1(h-x)^2}{2} \right] + R_s A_s (h-x) \quad (4.117)$$

4.22, в расмдан куйидаги

$$h-r = r-\bar{a} \quad (4.118)$$

муносабатни оламиз ва ундан  $h = 2r - \bar{a}$  ни топиб (4.117) формулага қўямиз. Баъзи соддалаттиришлардан сўнг (4.117) тенгламадан куйидаги формулани оламиз

$$M \leq M_u = 0,5R_b b x^2 + R_{sa} [W_{pl} + b_1(r-x)^2] + R_s A_s (h-x) \quad (4.119)$$

бу ерда  $W_{pl} = b_1 h_{sa}^2 / 4$  тўғри тўртбурчак кесим учун пластик момент қаршилиги.

Бикр арматура сифатида кесими қўштавр шаклида бўлган арматура қабул қилинганда элементнинг мустаҳкамлиги куйидаги формуладан текширилади

$$M \leq M_u = 0,5R_b b x^2 + R_{sa} [W_{pl} + \delta(r-x)^2] + R_s A_s (h-x) \quad (4.120)$$

бу ерда  $W_{pl}$  - қўштавр кесим учун пластик момент қаршилиги ва тавр кесимлар учун  $W_{pl} = I,17W$ ,  $W$  - эластик момент қаршилиги;  $\delta$  - тавр ва қўштавр деворининг қалинлиги.

Нейтрал ўқнинг ҳолати (сиқилиш зонасининг баландлиги) куйидаги тенгламадан аниқланади

$$R_b b x - 2R_{sa}(r-x)\delta - R_s A_s = 0. \quad (4.121)$$

Ҳар иккала ҳолда ҳам  $x \leq \xi_R h_0$  шарт бажарилиши лозим.

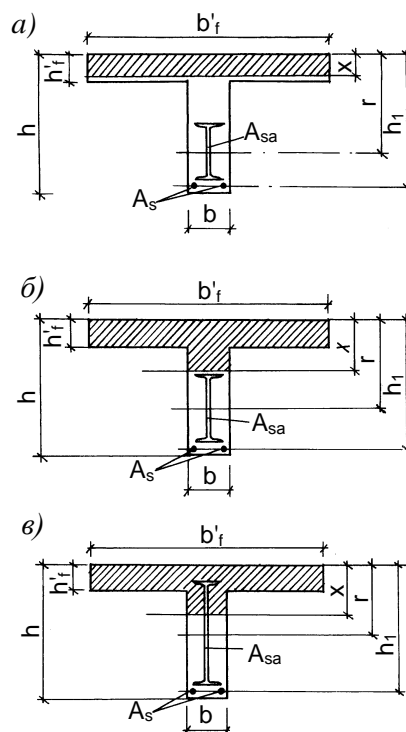
**Кесими тавр шаклида бўлган элементлар ҳисоби.** Кесими тавр шаклида бўлган элементлар нейтрал ўқнинг ҳолатига қараб, куйидаги ҳол бўйича ҳисобланади:

1) нейтрал ўқ кесим рафидан ўтади, яъни  $x \leq h'_f$  (4.23, а расм);

2) нейтрал ўқ кесим қовурғасидан ўтиб, бикр арматурани кесиб ўтмайди, яъни  $x \leq h'_f$ , лекин  $x < \bar{a}$  (4.23, б расм);

3) нейтрал ўқ бикр арматурани кесиб ўтади, яъни  $x > h'_f$  ва  $x > \bar{a}$  (4.23, в расм).

Кесими тавр шаклида бўлган элементлар 1 ҳол бўйича ҳисобланганда унинг мустаҳкамлиги ва сиқилиш зонасининг баландлиги кесими тўғри тўртбурчак шаклига эга бўлган бикр арматура билан жиҳозланган элементлар учун олинган формулалар бўйича текширилади ва аниқланади. Ҳисоблаш формулаларида  $b = b'_f$  қабул қилинади.



4.23-расм. Бикр арматура билан жиҳозланган тавр кесимларни ҳисоблашга доир

Кесими тавр шаклида бўлган элементларнинг мустаҳкамликлари 2 ҳол бўйича куйидаги формула орқали текширилади:

$$M \leq M_u = [(b'_f - b)h'_f (x - 0,5h'_f) + 0,5bx^2] \cdot R_b + R_{sa} A_{sa} (r-x) + R_s A_s (h-x) \quad (4.122)$$

Сиқилиш зонасининг баландлиги  $x$  куйидаги формуладан аниқланади

$$[(b'_f - b)h'_f + bx] R_b = R_{sa} A_{sa} + R_s A_s \quad (4.123)$$

Кесими тавр шаклида бўлган элементларнинг мустаҳкамликлари 3 ҳол бўйича куйидаги формуладан

$$M \leq M_u = [(b'_f - b)h'_f (x - 0,5h'_f) + 0,5bx^2] \times R_b + R_{sa} [W_{pl} + \delta(r-x)^2] + R_s A_s (h-x) \quad (4.124)$$

текширилиб, сиқилиш зонасининг баландлиги  $x$  эса куйидаги тенгламадан аниқланади

$$[(b'_f - b)h'_f + bx] R_b = 2R_{sa} \delta(r-x) + R_s A_s \quad (4.125)$$

Ҳисоблаш (4.122)-(4.125) формулалар бўйича бажарилганда  $x \leq \xi_R h_0$  шарт бажарилиши лозим.

**Мисол 14.** Кўндаланг кесими тўғри тўртбурчак шаклидаги темир-бетон тўсин учун бўйлама арматура юзаси аниқлансин.  $\gamma_{b2} = 0,9$ ;  $\gamma_{b1} = 1,0$ .

Берилган: тўсин кесими ўлчамлари  $b \times h = 20 \times 40$  см; Бетон синфи В 25. Арматура синфи АIII. Ҳисобий эғувчи момент  $M = 120$  кН·м.



**Ечими** (3.1) жадвалдан В25 учун  $R_b = 14,5$  МПа;  $R_b \gamma_{b1} = 14,5 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 13,05$  МПа; (3,2) жадвалдан А-III учун  $R_s = 365$  МПа аниқланади.

Куйидаги миқдорлар ҳисобланади:  $h_o = h - a = 45,0 - 3 = 12$  см, бу ерда а- арматура кўндаланг кесим юзаси оғирлик марказидан чўзилган қиррагача бўлган масофа, арматура бир қатор жойлашганда  $a = \delta + d/2$ ;

арматура икки қатор жойлашганда  $a = \delta + d + \frac{d}{2} = \delta + 1,5d$ .  $\delta$ - бетон ҳимоя қатлами  $\approx 20$  мм;  $d \approx 20$  мм.

(4.33) формуладан  $\alpha_m$  коэффициент аниқланади

$$\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_o^2} = \frac{120 \cdot 10^5}{13,05 \cdot 200 \cdot 420^2} = 0,26.$$

Элемент сиқилиш зонаси нисбий баландлиги

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m} = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,26} = 0,307.$$

Элемент сиқилиш зонаси чегаравий нисбий баландлиги, (4,28) формуладан

$$\xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{sR}}{\sigma_{s,cu}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,7456}{1 + \frac{365}{500} \left(1 - \frac{0,7456}{1,1}\right)} = 0,6,$$

бу ерда (4,29) формуладан

$$\omega = 0,85 - 0,008 R_b = 0,85 - 0,008 \cdot 13,05 = 0,7456.$$

$\xi \leq \xi_R$  шарт бажарилаяпти. Демак ҳисоб I ҳолат бўйича бажарилади. Элемент сиқилиш зонасига арматура куйилиши шарт эмас.

(4.31) формуладан бўйлама арматура кесим юзаси

$$A_s = \frac{M}{R_s \xi h_o} = \frac{120 \cdot 10^6}{365 \cdot 0,8465 \cdot 420} = 924,7 \text{ м}^2 = 9,247 \text{ см}^2,$$

бу ерда

$$\zeta = 1 - 0,5\xi = 1 - 0,5 \cdot 0,307 = 0,8465.$$

Иловада келтирилган 2 жадвалдан 3Ø20АIII  $A_s = 9,41 > 9,247 \text{ см}^2$  арматура қабул қилинади.

**Мисол 15.** Эгиладиган элемент учун кўндаланг кесимининг оптимал ўлчамлари  $b \times h$  ва бўйлама арматура кесим юзаси аниқлансин.

Берилган: Ҳисобий эгувчи момент  $M=180$  кН·м. Бетон синфи В20 ( $\gamma_{b2} = 0,9$ ;  $\gamma_{b1} = 1$ ). Арматура синфи А III.

**Ечим.** 4,1 жадвалдан В 20 учун  $R_b = 11,5$  МПа;  $R_b \gamma_{b2} \gamma_{b1} = 11,5 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 10,35$  МПа. 4,2 жадвалдан А III учун  $R_s = 365$  МПа. Эгиладиган темир-бетон тўсин учун  $\xi_{opt} = 0,3 \dots 0,4$ . Эгиладиган тўсин учун  $\xi_{opt} = 0,35$  ва  $b=25$  қабул қилиниб (4.33) формуладан  $h_o$  аниқланади

$$h_o = \sqrt{\frac{180 \cdot 10^6}{10,35 \cdot 250 \cdot 0,35}} = 445,8 \text{ мм.}$$

Тўсин тўлиқ баландлиги  $h = h_o + a = 445,8 + 40$

$= 485,8$  мм.

Тўсин кўндаланг кесим ўлчамлари унификациялаштирилиб  $b \times h = 250 \times 500$  мм қабул қилинади.

Масаланинг кейинги ечими 14 мисолда келтирилган тартибда бажарилади:

$$h_o = h - a = 500 - 40 = 460 \text{ мм:}$$

$$\alpha_m = \frac{180 \cdot 10^6}{10,35 \cdot 250 \cdot 460^2} = 0,3287;$$

$$\xi = 0,4146; \zeta = 0,7927.$$

$$\omega = 0,85 - 0,008 \cdot 10,35 = 0,7672.$$

$$\xi_R = \frac{0,7672}{1 + \frac{365}{500} \left(1 - \frac{0,7672}{1,1}\right)} = 0,628;$$

$\xi < \xi_R$  шарт бажарилаяпти. Демак ҳисоб I ҳолат бўйича бажарилади. Элемент сиқилиш зонасига арматура кўйиш шарт эмас.

(4.34) формулада

$$A_s = \frac{180 \cdot 10^6}{365 \cdot 0,7927 \cdot 460} = 1352 \text{ мм}^2$$

Иловада келтирилган 2 жадвалдан 1 Ø22 А III + 2 Ø 25 А III ( $A_s = 3,807 + 9,82 = 1362 \text{ мм}^2 > 1352 \text{ мм}^2$ ) қабул қилинади

**Мисол.16.** Эгиладиган темир-бетон тўсин мустаҳкамлиги текширилсин.

Берилган:  $b = 30$  см;  $h = 60$  см;  $a = 5$  см. Бўйлама чўзиладиган арматура синфи АII, кўндаланг кесим юзаси  $A_s = 15,27 \text{ см}^2$  (6 Ø18 АII)  $\gamma_{b2} = 1,1$ ;  $\gamma_{b1} = 1$ . Бетон синфи В25. Ҳисобий эгувчи момент  $M=200$  кНм.

**Ечим.** 4,1 жадвалдан В25 учун  $R_b = 14,5$  МПа;  $R_b \gamma_{b2} \gamma_{b1} = 14,5 \cdot 0,9 \cdot 1 = 13,05$  МПа. 4,2 жадвалдан  $R_s = 280$  МПа.  $h_o = 60 - 5 = 55$  см.

(4.32) формуладан

$$x = \frac{R_s A_s}{R_b b} = \frac{280 \cdot 15,27}{14,5 \cdot 30,0} = 8,93 \text{ см} = 89,3 \text{ мм.}$$

$$\xi = \frac{89,3}{550} = 0,16;$$

$$\omega = 0,85 - 0,008 \cdot 13,05 = 0,7224;$$

$$\xi_R = \frac{0,7224}{1 + \frac{280}{400} \left(1 - \frac{0,7224}{1,1}\right)} = 0,58.$$

$\xi < \xi_R$  шарт бажарилаяпти. Элемент мустаҳкамлиги (4.31) формуладан ҳисобланади

$$M_u = R_s A_s (h_o - 0,5x) = 280 \cdot 15,27 \cdot 10^2 (550 - 0,5 \cdot 89,3) = 216 \cdot 10^6 \text{ Н·мм} = 216 \text{ кН·м.}$$

$M_u = 216 > M = 200$  кН·м бўлганлиги учун кесим мустаҳкамлиги таъминланган.

**Мисол 17** Кўндаланг кесими тавр шаклида бўлган эгиладиган темир-бетон тўсин учун бўйлама

арматура танлансин.

Берилган:  $b'_f = 60$  см;  $b = 15$  см;  $h'_f = 6,0$  см;  $h = 50$  см. Бетон В15: Арматура А III. 4.1 ва 4.2 жадваллардан  $R_b = 8,5$  МПа ва  $R_s = 365$  МПа. аниқланади,  $R_b \gamma_{b2} = 8,5 \cdot 1,0 = 8,5$  МПа.

(4.97) формуладан куйидаги шарт текширилади

$$M \leq R_b b'_f \cdot h'_f (h_o - 0,5h'_f).$$

$$M = 86 \cdot \text{кНм} < 8,5 \cdot 600 \cdot 60 (470 - 0,5 \cdot 60) = 134,64 \text{ кНм}.$$

Нейтрал ўқ тавр кесим рафи баландлиги  $h'_f$  чега-расида жойлашган. Шунинг учун тавр кесим эни  $b = b'_f = 60$  см га тенг бўлган тўғри тўртбурчак шаклига эга бўлган элементлардек ҳисобланади.

Элемент ишчи баландлиги  $h_o = h - a = 500 - 30 = 470$  мм.

(4.33) формуладан

$$\alpha_m = \frac{86 \cdot 10^6}{8,5 \cdot 600 \cdot 470^2} = 0,076.$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m} = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,076} = 0,092;$$

$$\zeta = 1 - 0,5 \cdot 0,092 = 0,954.$$

$$A_s = \frac{86 \cdot 10^6}{365 \cdot 0,954 \cdot 470} = 526 \text{ мм}^2 = 5,26 \text{ см}^2.$$

Иловадаги 2-жадвалдан 2 Ø 20 А III ( $A_s = 6,28 > 5,26 \text{ см}^2$ ) арматура қабул қилинади.

**Мисол 18.** Қовурғали яхлит ораёпмада узунлиги  $l = 4,5$  м бўлган тавр кесимли тўсиннинг ўлчамлари аниқлансин ва бўйлама арматура ҳисоблансин.

Берилган:  $M = 420$  кН·м. Бетон синфи В20 ( $R_b = 11,5$  МПа); Арматура АIII ( $R_s = 280$  МПа). Коэф-фициентлар:  $\gamma_{b2} = 1$ ;  $b'_f = 60$  см.

Куйидаги формуладан тавр кесим баландлиги аниқланади

$$h = (7 \dots 9) \sqrt[3]{M} = 8 \cdot \sqrt[3]{420} = 59,92 \text{ см} \approx 60 \text{ см}.$$

Тавр кесим қовурғаси эни  $b = (0,4 \dots 0,5) \cdot h = 0,4 \times 60 = 24 \text{ см} \approx 25 \text{ см}.$

Тавр кесим рафи эни  $b'_f = 80,0$  см. Тавр кесим рафи қалинлиги  $h'_f = 8$  см.

$$\frac{h'_f}{h} = \frac{8}{60} = 0,13 > 0,1.$$

(4.97) формуладан нейтрал ўқ ҳолати аниқланди

$$M = 420 \text{ кН} \cdot \text{м} > 11,5 \times 800 \times 80 (550 - 0,5 \times 80) = 375,36 \cdot 10^6 \cdot \text{МПа} \cdot \text{мм}^3 = 375,36 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Нейтрал ўқ қовурғани кесиб ўтади. У вақтда куйидаги коэффициент аниқланади:

$$\alpha_m = \frac{M - M_f}{R_b b h_0^2} = \frac{420 \cdot 10^6}{11,5 \cdot 250 \cdot 550^2} = 0,186.$$

бу ерда,

$$M_f = R_b (b'_f - b) h'_f (h_o - 0,5h'_f) =$$

$$11,5(800 - 250) 80(550 - 0,5 \cdot 80) = 258,06 \cdot 10^6 \text{ МПа} \cdot \text{мм}^3 = 258,06 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m} = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,186} = 0,207;$$

$$\zeta = 1 - 0,5 \cdot 0,207 = 0,8965.$$

Арматура кўндаланг кесим юзаси

$$A_s = \frac{[0,207 \cdot 250 \cdot 550 + (800 - 250) \cdot 80] \cdot 1,5}{280} = 2976 \text{ мм}^2.$$

Иловадаги 2 жадвалдан 5 Ø 28 АII ( $A_s = 30,79 \text{ см}^2 > 29,76 \text{ см}^2$ ) арматура қабул қилинади.

Қабул қилинган ва талаб этиладиган арматура юзалари ўртасидаги фарқ 5 % дан ошмаслиги талаб этилади:

$$\left| \frac{29,76 - 30,79}{29,76} \cdot 100 \right| = 3,46\% < 5\%.$$

**Мисол 19.** Кўндаланг кесимида бўшлиқлар ҳосил қилинган том плитасининг мустаҳкамлиги текширилсин (4.24 расм). Берилган: Бетон В15,  $\gamma_{b2} = 0,9$ . Арматура 4 Ø14 АIV ( $A_s = 6,16 \text{ см}^2$ );  $\gamma_{b1} = 1,0$ . Момент  $M = 520$  кН·м. 4.1 ва 4.2 жадваллардан  $R_b = 8,5$  МПа;  $R_b \cdot \gamma_{b2} = 8,5 \cdot 0,9 = 7,65$  МПа;  $R_s = 510$  МПа.

Ҳисобда айлана шаклидаги бўшлиқлар квадрат бўшлиқлар билан алмаштирилади, яъни

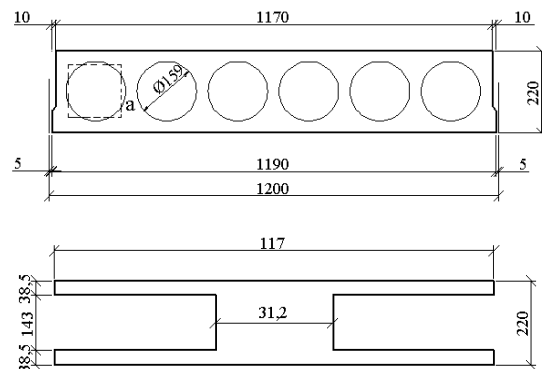
$$a = 0,9 \cdot d = 0,9 \times 159 = 143 \text{ мм}.$$

У вақтда плита кўндаланг кесими кўштавр шаклига келтирилади. Кўштавр кесим қовурғасининг эни

$$b = b'_f - 6 \cdot 143 = 1170 - 858 = 312 \text{ мм}.$$

Кўштавр кесим плитасининг қалинлиги

$$h'_f = \frac{h - a}{2} = \frac{220 - 143}{2} = 38,5 \text{ мм}.$$



**Расм 4.24 . 19 мисолга доир: а) ҳақиқий кесим; б) ҳисобий кесим**

Куйидаги шарт текширилади:

$$R_s A_s < R_b (b'_f - b) h'_f$$

$$314160 \cdot \text{МПа} \cdot \text{мм}^2 < 335,760 \text{ МПа} \cdot \text{мм}^2$$

бўлганлиги учун нейтрал ўқ тўсин рафини кесиб ўтади. У вақтда тавр кесим эни плита энига тенг бўлган тўсиндек ҳисобланади.

Плита сиқилиш зонаси баландлиги

$$X = \frac{R_s A_s}{R_b b_f h_0} = \frac{510 \cdot 616}{7,65 \cdot 1170} = 35,1 \text{ мм.}$$

Плита мустаҳкамлиги

$$M_u = 510 \cdot 616 (190 - 0,5 \cdot 35,1) = 54,17 \cdot 10^6 \text{ МПа} \cdot \text{мм}^3 = 54,17 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

Ташқи юқлар таъсиридан эгувчи момент плита қабул қила оладиган момент миқдоридан кам, яъни  $M = 52,0 \text{ кН} \cdot \text{м} < M_u = 54,17 \text{ кН} \cdot \text{м}$  бўлганлиги учун плита мустаҳкамлиги таъминланган.

### 4.3. Мустаҳкамликни қия кесимлар бўйича ҳисоблаш

Кўндаланг ҳолатда эгиладиган элементларнинг таянч зоналарида эгувчи момент  $M$  ва кесувчи куч  $Q$  зўриқишларнинг биргаликдаги таъсиридан бош чўзувчи  $\sigma_{mt}$  ва бош сивувчи  $\sigma_{mc}$  кучланишлар ҳосил бўлади. Бу кучланишлар сизларга маълум бўлган материаллар қаршилиги курсида келтирилган қуйидаги формуладан топилади

$$\sigma_{mt} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \mp \sqrt{\frac{(\sigma_x - \sigma_y)^2}{4} + \tau_{xy}^2}, \quad (4.126)$$

бу ерда  $\sigma_x$  элемент кўндаланг кесимида нормал бўлган кучланиш;  $\sigma_y$  - элемент бўйлама ўқига нормал бўлган кучланиш;  $\tau_{xy}$  - уринма кучланиш.

Элемент бўйлама ўқига перпендикуляр йўналишда ҳосил бўладиган кучланишнинг миқдори кам бўлганлиги ( $\sigma_x$  кучланишга нисбатан) сабабли кўп ҳолларда эътиборга олинмайди. У вақтда (4.126) формула қуйидаги кўринишни олади

$$\sigma_{mt} = \frac{\sigma_x}{2} \mp \sqrt{\frac{\sigma_x^2}{4} + \tau_{xy}^2}, \quad (4.127)$$

бу ерда

$$\sigma_x = \frac{M}{I} y; \quad \tau_{xy} = \frac{QS}{bI}.$$

Кўндаланг кесими тўғри тўртбурчак шаклидаги элементларнинг нейтрал ўқида нормал кучланишларнинг қиймати нолга тенг бўлганлиги учун бош кучланишларнинг миқдори уринма кучланиш миқдorigа тенг бўлади.

$$\sigma_{mt} = -\sigma_{mc} = \tau_{xy} \frac{QS}{bI}. \quad (4.128)$$

Бош чўзувчи кучланишнинг миқдори бетоннинг чўзилишдаги қаршиликдан ( $\sigma_{mt} > R_{bt}$ ) сиқувчи кучланишнинг миқдори эса, сиқилишдаги қаршиликдан ошиб кетганда ( $\sigma_{mc} > R_b$ ) элемент қия кесим

сим бўйича бузилади.

Бош кучланишлар таъсиридан элементнинг қия кесим бўйича мустаҳкамлиги қуйидаги

$$Q \leq R_b b \frac{I}{S}; \quad Q \leq R_{bt} b \frac{I}{S} \quad (4.129)$$

шартлар бажарилган тақдирдагина таъминланади. Бу шартлар элементнинг қия кесим бўйича мустаҳкамлигининг энг катта ва энг кичик қийматларини аниқлаш учун қўлланилади.

Эсласангиз, эгиладиган элементнинг қия кесими бўйича бўзилиш схемалари ҳақида иккинчи бобда (2.4) маълумот берилган.

Эгиладиган элементнинг қия кесими бўйича мустаҳкамлигининг таъминланиши учун қуйидаги ҳисоблар бажарилиши шарт:

- 1) кесими кўштавр шаклида бўлган элементларнинг деворида иккита қия ёриқлар билан чегараланган бетон тасманинг сиқилишга ҳисобланиши;
- 2) қия кесимни кесувчи кучлар таъсирига ҳисобланиши;
- 3) қия кесимни эгувчи момент таъсирига ҳисобланиши;
- 4) кўндаланг арматуралар билан жиҳозланмаган қия кесим ҳисоби.

#### I. Қия кесимларни сиқувчи кучланишлар таъсирига ҳисоблаш

Элемент таянч зонасида пайдо бўлган қия ёриқлар орасидаги бетон тасмага бош сиқувчи ҳамда кўндаланг арматуралар орқали чўзувчи кучланишлар таъсир қилади (4.24 расм). Бунда бетон тасма икки йўналиш бўйича кучланишлар таъсирига сиқилиш-чўзилиш ҳолатида ишлайди. Тажрибалардан олинган натижалардан маълумки бу ҳолатда бетоннинг сиқилишдаги мустаҳкамлиги бир йўналиш бўйича сиқилишдаги мустаҳкамлигига нисбатан бир мунча кам бўлади. Шунинг учун қия ёриқлар орасидаги бетон тасманинг сиқилишдаги мустаҳкамлиги қуйидаги шарт асосида таъминланади

$$Q \leq 0,3 \varphi_{w1} \cdot \varphi_{b1} \cdot R_b b h_0. \quad (4.130)$$

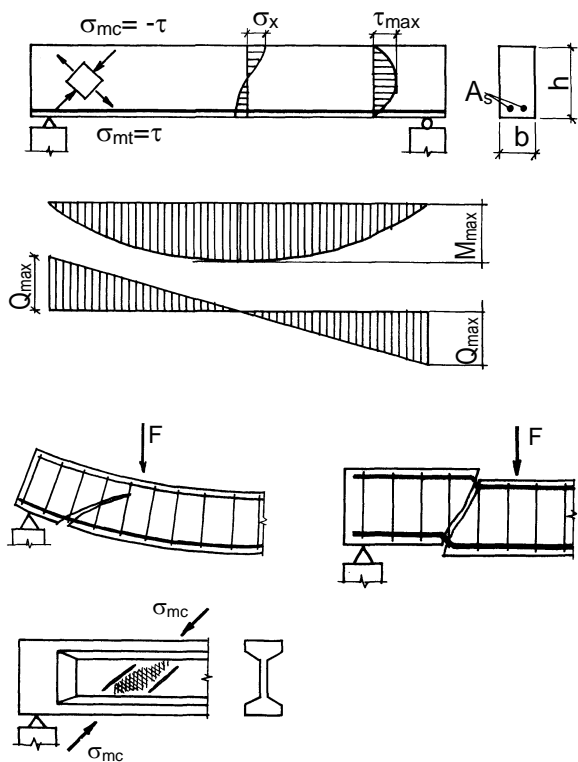
Бу формула тажрибалар асосида олинган натижаларга асосланган ҳолда (4.129) шартдан келиб чиқади.

(4.130) формулада кўндаланг арматураларнинг қия кесим мустаҳкамлигига таъсирини эътиборга оладиган  $\varphi_{w1}$  коэффициентнинг қиймати қуйидаги формуладан аниқланади:

$$\varphi_{w1} = 1 + 5\alpha \mu_w \leq 1,3, \quad (4.131)$$

бу ерда  $\alpha = E_s / E_b$ ;  $\mu_w = A_{sw} / (b \cdot s)$ ;

$A_{sw} = A_{sw,i} n$ ;  $A_{sw,i}$  - битта кўндаланг стерженнинг кесим юзаси;  $n$  - элемент кўндаланг кесимидаги кўндаланг стерженлар сони;  $S$  - элемент узунлиги бўйича кўндаланг стерженлар орасидаги ма-софа.



4.24-расм. Эгиладиган элементларда бош кучланишлар таъсири ва қия кесим бўйича бузилиш схемалари

Бетон хилининг қия кесим мустаҳкамлигига таъсирини эътиборга оладиган  $\phi_{b1}$  коэффициент куйидаги формуладан аниқланади:

$$\phi_{b1} = 1 - \beta R_b, \quad (4.132)$$

бу ерда: оғир, майдадонали ва ковакли бетонлар учун  $\beta = 0,01$ ; енгил бетонлар учун эса  $\beta = 0,02$ ;  $R_b$  - МПа ҳисобида.

Агар (4.130) шарт бажарилмаса қия кесимнинг бош сиқувчи кучланишлар таъсирига мустаҳкамлиги таъминланмайди. Бу ҳолатда элемент кесимининг ўлчамлари  $b$  ва  $h$  катталаштирилади ёки бетоннинг синфи оширилади.

Элемент мустаҳкамлигини қия кесим бўйича ҳисоблашда кўндаланг стерженларнинг кесим юзаси  $A_{sw}$ , қадами  $S$  ва сони  $n$  номаълум бўлганда (4.130) шартда  $\phi_{w1} = 1$  қабул қилинади.

## 2. Қия кесим мустаҳкамлигини кесувчи куч таъсирига ҳисоблаш

Кесувчи кучлар таъсирдан темирбетон элементлар қия кесимининг мустаҳкамлиги таъминланиши учун куйидаги шарт бажарилиши лозим

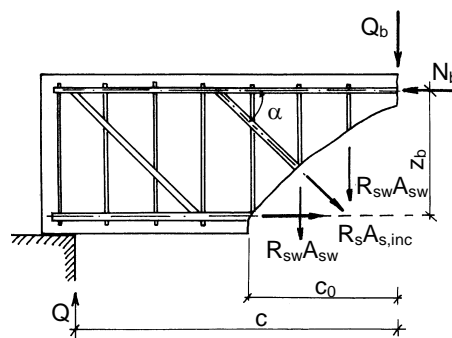
$$Q \leq \phi_{b3} R_b b h_0. \quad (4.133)$$

Бетон хилига боғлиқ бўлган  $\phi_{b3}$  коэффициентнинг қиймати куйидагича қабул қилинади: оғир ва ковакли бетонлар учун - 0,6; майдадонали бетонлар учун - 0,5; енгил бетонлар учун - 0,4...0,5.

(4.133) шарт бажарилган тақдирда элементнинг

қия кесими кесувчи кучлар таъсирига ҳисобланмайди ва кўндаланг арматуралар билан 4.1-параграфда келтирилган амалий талаблар бўйича жиҳозланади. (4.133) шарт бажарилмаса элементнинг қия кесим бўйича мустаҳкамлиги ҳисоб орқали топиладиган кўндаланг ва қия арматуралар билан жиҳозланиб таъминланади.

Ҳисобий формулаларни олиш учун элементнинг қия кесимида қия ёриқлар пайдо бўлгандан кейин таъсир қиладиган зўриқишлар схемасини тузамиз. Бунда элемент ўнг қисмининг таъсирини ички зўриқишлар билан алмаштирамиз (4.25 расм). Қия ёриқ кесиб ўтган бўйлама арматурадаги зўриқиш кучланишларнинг оқиш чегарасига етиши шартидан  $N_s = R_s A_s$  га тенг бўлади. Кўндаланг арматураларнинг қия ёриқ чўккисига яқин жойлашган стерженларида кучланишларнинг миқдори кўндаланг арматуранинг чўзилишдаги чегаравий қаршилигидан кам бўлганлиги сабабли ундаги зўриқиш  $\gamma_{s1} = 0,8$  коэффициентга кўпайтирилиб камайтиради. Қия арматуралардаги зўриқиш қиймати  $N_{s,ins} = R_{sw} A_{s,ins}$  га тенг қилиб олинади.

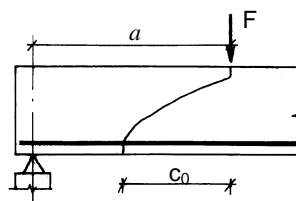


4.25-расм. Қия кесимдаги ҳисобий зўриқишлар схемаси

Қия кесимнинг кесувчи кучлар таъсирига мустаҳкамлиги куйидаги мувозанат тенгламасидан текширилади

$$Q \leq Q_u = Q_b + Q_{sw} + Q_{s,ins} = Q_b + \sum R_{sw} A_{sw} + \sum R_{sw} A_{s,ins} \sin \alpha, \quad (4.134)$$

бу ерда  $Q_{sw}$ ,  $Q_{s,ins}$  - қия ёриқ кесиб ўтган кўндаланг ва қия стерженлар қабул қиладиган кесувчи кучлар;  $Q_b$  - элемент сиқилиш зонасидаги бетон қабул қиладиган кесувчи куч;  $A_{sw}$  ва  $A_{s,ins}$  - кўндаланг ва қия арматураларнинг кўндаланг кесим юзалари;  $\alpha$  - қия арматуранинг элемент бўйлама ўқи билан ташкил этган бурчаги.



4.26-расм.

Фақат кўндаланг стерженлар билан жиҳозланган элементларни ҳисоблаш. Амалда фақат

кўндаланг стерженлар билан жиҳозланадиган элементлар кўп учрайди. Бу ҳолда элементнинг қия кесим бўйича мустаҳкамлигини таъминловчи (4.134) шарт қуйидаги кўринишни олади

$$Q \leq Q_u = Q_b + Q_{sw}. \quad (4.135)$$

Қия ёриқнинг чўккисиди сиқилган зонадаги бетон қабул қиладиган кесувчи кучнинг қиймати тажрибалар асосида олинган қуйидаги эмпирик формуладан тодилади:

$$Q_b = \frac{\varphi_{b2}(1 + \varphi_f)R_{bt}bh_0^2}{c} \quad (4.136)$$

ва  $\varphi_{b3}(1 + \varphi_f)R_{bt}bh_0$  қийматдан кам қабул қилинмайди.

(4.136) формулада:  $c$  - энг хавфли қия кесимнинг элемент бўйлама ўқиға проекциясининг узунлиги; бетоннинг хилини эътиборға оладиган  $\varphi_{b2}$  коэффициент қуйидагича қабул қилинади: оғир ва ғовакли бетонлар учун - 2,0; майдадонали бетонлар учун - 1,7; энгил бетонлар учун - 1,5... 1,9.

Кесими тавр ва қўштавр шаклида бўлган элементларнинг қия кесим мустаҳкамлигига сиқилган рафнинг таъсири  $\varphi_f$  коэффициенти орқали эътиборға олиниб, қуйидаги формуладан аиқланади:

$$\varphi_f = 0,75 \frac{(b'_f - b)h'_f}{bh_0} \leq 0,5. \quad (4.137)$$

Бунда  $b'_f \leq b + 3h'_f$  қабул қилиниб, кўндаланг стерженлар тавр кесим рафига анкерланиши лозим.

Ҳамма ҳолларда  $1 + \varphi_f \leq 1,5$  қабул қилинади.

Кўндаланг арматура қабул қиладиган зўриқишни улар орасидаги масофа  $S$  га бўлиб, қия ёриқ проекцияси бўйича тенг таъсир қиладиган бирлик зўриқишни оламиз

$$q_{sw} = \frac{R_{sw}A_{sw}}{S}. \quad (4.138)$$

У вавқтда кўндаланг стреженлар қабул қиладиган кесувчи куч

$$Q_{sw} = q_{sw}c_0, \quad (4.139)$$

бу ерда  $c_0$  - қия ёриқнинг элемент бўйлама ўқиға проекциясининг узунлиги.

$Q_b$  ва  $Q_{sw}$  кесувчи кучларнинг қийматларини (4.136) ва (4.139) формулалардан (4.135) мувозанат тенгламасига қўйиб қуйидагини оламиз

$$Q \leq Q_u = q_{sw}c_0 + \frac{\varphi_{b2}(1 + \varphi_f)R_{bt}bh_0^2}{C_0}. \quad (4.140)$$

Тажрибалардан олинган натижалар шуни кўрсатадики элементнинг кесим бўйича мустаҳкамлигига таянч билан куч қўйилган нукта орасидаги  $a$  масофа катта таъсир кўрсатади (4.26 расм).  $a$  масофанинг катталаши билан кўндаланг арматуралар қабул қиладиган кесувчи куч  $Q_{sw}$  нинг миқдори

ошиб бориб, сиқилиш зонасидаги бетон қабул қиладаган кесувчи куч  $Q_b$  нинг қиймати эса камайиб боради. Кесувчи  $Q_{sw}$  куч миқдорининг ошиши ва кесувчи  $Q_b$  куч миқдорининг камайиши  $a = C_0$  ва  $Q_{sw} = Q_b$  булгунча давом этади.

$a > c_0$  бўлган тақдирда кесувчи  $Q_{sw}$  кучнинг қиймати ўзгармас бўлиб,  $Q_{sw} = q_{sw}c_0$  бўлади ва сиқилган бетон қабул қиладиган кесувчи кучнинг миқдори камайиб боради.

$Q_{sw} = Q_b$  шартдан фойдаланиб ва  $C = C_0$  қабул қилиб хавфли қия кесимнинг элемент бўйлама ўқиға проекциясининг узунлигини топамиз

$$q_{sw}c_0 = \frac{\varphi_{b2}(1 + \varphi_f)R_{bt}bh_0^2}{c_0}, \quad (4.141)$$

бундан

$$c_0 \sqrt{\frac{\varphi_{b2}(1 + \varphi_f)R_{bt}bh_0^2}{q_{sw}}}. \quad (4.142)$$

(4.139) формуладан кўндаланг стерженлар қабул қиладиган кучни топамиз

$$Q_{sw} = q_{sw}c_0 = \sqrt{\varphi_{b2}(1 + \varphi_f)R_{bt}bh_0^2 q_{sw}}. \quad (4.143)$$

(4.136) формуладан

$$Q_b = \frac{\varphi_{b2}(1 + \varphi_f)R_{bt}bh_0^2}{c_0} = \sqrt{\varphi_{b2}(1 + \varphi_f)R_{bt}bh_0^2 q_{sw}}. \quad (4.144)$$

Сиқилган бетон билан кўндаланг арматура биргаликда қабул қиладиган кесувчи куч (4.135) формуладан қуйидагига тенг бўлади

$$Q_{sw,b} = 2\sqrt{\varphi_{b2}(1 + \varphi_f)R_{bt}bh_0^2 q_{sw}}. \quad (4.145)$$

$F$  куч таянчга яқин жойлашган бўлса, яъни  $a < c_0$  бўлганда, қия кесимнинг мустаҳкамлиги (4.145) формуладан топилган қийматдан катта бўлиб, бу ҳолда мустаҳкамлик  $c_0 = c = a$  қабул қилиб қуйидаги формуладан ҳисобланади

$$Q \leq Q_{sw,b} = q_{sw}a + \frac{\varphi_{b2}(1 + \varphi_f)R_{bt}bh_0^2}{a}. \quad (4.146)$$

Агар  $F$  куч таянчдан узоқ масофада жойлашган бўлса, яъни  $a > c_0$  булиб,  $c_0 < 2h_0$  бўлганда, қия кесимнинг мустаҳкамлиги қуйидаги формуладан ҳисобланади

$$Q_{sw,b} = q_{sw}c_0 + \frac{\varphi_{b2}(1 + \varphi_f)R_{bt}bh_0^2}{a}; \quad (4.147)$$

$c_0 > 2h_0$  бўлганда эса

$$Q_{sw,b} = 2q_{sw}h_0 + \frac{\varphi_{b2}(1 + \varphi_f)R_{bt}bh_0^2}{a}. \quad (4.148)$$

Амалда, эгиладиган элементларнинг қия кесим бўйича мустаҳкамлигини ҳисоблаш, уларни жиҳозлаш учун талаб қилинадиган кўндаланг арматуранинг қадамини аниқлаш билан характерланади. Бунда дастлаб кўндаланг стерженларнинг бўйлама арматура билан пайвандлаш шартидан диаметри  $d_{sw}$  танланади ва элемент кесимида кўндаланг стерженларнинг сони  $n$  аниқланади. Ундан сўнг  $Q_{sw,b} = Q$  қабул қилиб (4.145) формуладан қия кесимнинг элемент бўйлама ўқига проекциясининг узунлиги бўйича таъсир қиладиган бирлик зўриқиш топилади

$$q_{sw} = \frac{Q^2}{4\varphi_{b2}(1 + \varphi_f) R_{br} b h_0^2}. \quad (4.149)$$

(4.142) формуладан қия ёриқнинг бўйлама ўққа проекциясининг узунлиги  $c_0$  аниқланиб,  $c_0$ ,  $a$  ҳамда  $h_0$  миқдорлар ўртасидаги муносабатларга қараб қия кесимнинг бўйлама ўққа проекцияси узунлиги бўйича таъсир қиладиган бирлик зўриқиш  $q_{sw}$  аниқланади.  $c_0 = a$  бўлса  $q_{sw}$  (4.146) формуладан топилади;  $c_0 > a$  бўлганда

$$q_{sw} = \frac{Q}{c_0} - \frac{\varphi_{b2}(1 + \varphi_f) R_{br} b h_0^2}{a^2}; \quad (4.150)$$

$c_0 < a$  ва  $c_0 < 2h_0$  бўлганда

$$q_{sw} = \frac{Q}{c_0} - \frac{\varphi_{b2}(1 + \varphi_f) R_{br} b h_0^2}{a c_0}; \quad (4.151)$$

ва  $c_0 > 2h_0$  бўлганда эса

$$q_{sw} = \frac{Q}{2h_0} - \frac{\varphi_{b2}(1 + \varphi_f) R_{br} b h_0^2}{2a h_0}. \quad (4.152)$$

Ҳисоб бўйича қўйиладиган кўндаланг стерженлар учун қуйидаги шарт

$$q_{sw} \geq \frac{\varphi_{b2}(1 + \varphi_f) R_{br} b}{2}. \quad (4.153)$$

бажарилиши лозим.

Кўндаланг стерженлар орасидаги масофа (кўндаланг стерженларнинг қадами)  $S$  қуйидаги формуладан аниқланади

$$S = \frac{R_{sw} A_{sw,i} n}{q_{sw}}. \quad (4.154)$$

Кўндаланг стерженлар орасидаги масофа учун қуйидаги  $S \leq S_{max}$  шарт бажарилиши лозим. Кўндаланг стерженлар орасидаги энг катта масофа  $S_{max}$  (4.136) формуладан  $Q_b = Q$  ва  $c = S_{max}$  қабул қилиниб ҳамда элементларни тайёрлаш жараёнида кўндаланг стерженларнинг лойихавий ҳолатидан чекланиши 0,75 коэффициент орқали эътиборга олиниб топилади

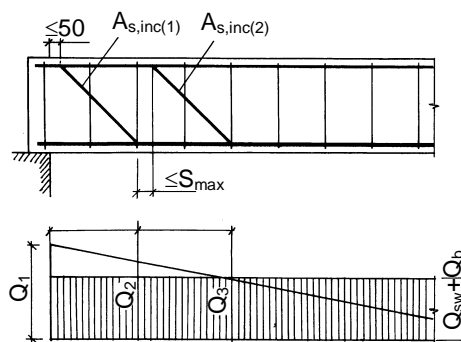
$$S_{max} = \frac{0,75\varphi_{b2}(1 + \varphi_f) R_{br} b h_0^2}{Q}. \quad (4.155)$$

#### Кўндаланг ва қия арматуралар билан биргаликда жиҳозланган элементларни ҳисоблаш.

Фақат кўндаланг стерженлар билан жиҳозланган элементларнинг қия кесим бўйича мустаҳкамлиги таъминланмаган ҳолларда қия арматуралар ёрдамида қия кесим мустаҳкамлиги оширилади. Қия арматуралар элемент чўзилган зонасида жойлашган бўйлама арматуранинг бир қисмини таянч зоналарида юқорига қайириб ҳосил қилинади. Одатда қия арматуралар элемент бўйлама ўқи билан  $45^\circ$  бурчак ташкил қилади. Статик ноаниқ конструкцияларда таянч зоналарига қайириб ўтказиладиган қия арматуралар таянчларда ҳосил бўладиган манфий эгувчи моментларни қабул қилиш учун ҳам хизмат қилади. Қия арматуралар одатда тўқилган арматурили синчлар билан жиҳозланадиган элементларда қўлланилади.

Элементларнинг мустаҳкамликлари қия кесимлар бўйича ҳисобланганда  $Q \leq Q_{swb}$  шарт бажарилса, қия арматура ҳисоб бўйича талаб қилинмайди. Қия арматуралар  $Q > Q_{sw,b}$  бўлгандагина ҳисоб бўйича талаб қилинади. Қия арматуралар жойлаштириладиган текисликларнинг сони кесувчи  $Q$  куч ва  $Q_{swb}$  зўриқишга боғлиқ бўлиб, қуйидагича аниқланади (4.27 расм): агар  $Q_1 > Q_{sw,b}$  бўлиб,  $Q_2 < Q_{sw,b}$  булса, қия арматура битта текисликда жойлаштирилади;  $Q_1 > Q_{sw,b}$ ,  $Q_2 > Q_{sw,b}$  ва  $Q_3 < Q_{sw,b}$  бўлганда эса арматура иккита текислик бўйича жойлаштирилади ва ҳоказо.

Кесим қия арматура билан жиҳозланганда қия арматуранинг охири билан таянч қирраси орасидаги масофа 50 мм дан катта бўлмаслиги ва биринчи текисликдаги қия арматуранинг охири билан иккинчи текисликдаги қия арматуранинг бошланиши орасидаги масофа  $S_{max}$  дан катта бўлмаслиги шарт.



4.27-расм. Қия арматуралар билан жиҳозланган элементларни ҳисоблашга доир

Мос бўлган қия текисликда жойлаштириладиган қия арматуранинг кесим юзаси қуйидаги формуладан аниқланади

$$A_{s,inc(i)} = \frac{Q_i - Q_{sw,b}}{R_{sw} \sin \alpha}, \quad (4.156)$$

бу ерда  $Q_i$  мос текисликдаги кесувчи куч.

Узунлиги бўйича баландлиги ўзгарадиган элементларнинг қия кесим бўйича мустаҳкамлиги юқорида келтирилган формулалар бўйича ҳисобланади. Ҳисоблаш формулаларида кесим ишчи баландлиги сифатида қаралаётган кесимдаги  $h_0$  қийматининг энг каттаси қабул қилинади (4.28 расм).



**4.28-расм.** Узунлиги бўйича баландлиги ўзгарадиган қия кесим бўйича мустаҳкамлигини ҳисоблашга доир

Баландлиги таянчдан ровок томонга текис катталашиб борадиган элементлар (4.28 расм) фақат кўндаланг арматуралар билан жиҳозланганда тенг тақсимланган  $q$  юк таъсирига қия кесимнинг мустаҳкамлиги (4.140) шарт бўйича текширилади. Энг хавфли кесим проекциясининг узунлиги  $c$  қуйидаги ҳолатлар бўйича ҳисобланади:

$$q < 0,56q_{sw} - 2,5\sqrt{\varphi_{b2}(1 + \varphi_f) R_{bt} b q_{sw} t g^2 \beta} \quad (4.157)$$

шарт бажарилса

$$c = \sqrt{\frac{\varphi_{b2}(1 + \varphi_f) R_{bt} b h_0^2}{q_{ins} + \sqrt{q_{ins} q_{sw}} + q}}, \quad (4.158)$$

бу ерда

$$q_{inc} = \varphi_{b2}(1 + \varphi_{\beta s}) R_{bt} b t g^2 \beta$$

(4.157) шарт бажарилмаган тақдирда

$$c = \sqrt{\frac{\varphi_{b2}(1 + \varphi_{fs}) R_{bt} b h_{os}^2}{q_{inc} + q_{sw} + q}} \quad (4.159)$$

ва  $c_0 = c$  қабул қилинади; шунингдек, агар  $q_{sw} < 0,25\varphi_{b2}(1 + \varphi_{fs}) R_{bt} b$  бўлса

$$c = \sqrt{\frac{\varphi_{b2}(1 + \varphi_{fs}) R_{bt} b h_{os}^2}{q_{inc} + 2q_{sw} t g \beta + q}} \quad (4.160)$$

ва  $c_0 = 2h_0$  қабул қилинади.

Юқорида келтирилган формулаларда

$$\varphi_{fs} = \frac{0,75(b'_f - b)h'_f}{bh_{os}}.$$

Қия кесим мустаҳкамлигини (4.140) шарт бўйича текширишда кесимнинг ишчи баландлиги  $h_0 = h_{os} + c \cdot t g \beta$  қабул қилинади.

### 3. Қия кесим мустаҳкамлигини эгувчи мо-

### мент таъсирига ҳисоблаш

Эгувчи момент таъсирдан қия кесимнинг мустаҳкамлиги таъминланиши учун қуйидаги шарт бажарилиши лозим

$$M \leq R_s A_s Z_s + \sum R_{sw} A_{sw} Z_{sw} + \sum R_{sw} A_{s,inc} Z_{s,inc}, \quad (4.161)$$

бу ерда  $M$  - элемент узунлиги бўйича қия ёрик чўққисидан ўтган нормал кесимдаги ташқи юклардан ҳосил бўладиган эгувчи момент. Масалан, икки таянчда эркин ётган тўсин учун (4.29, а расм)

$$M = Qx - \frac{qx^2}{2} - F_i a_i;$$

консол учун

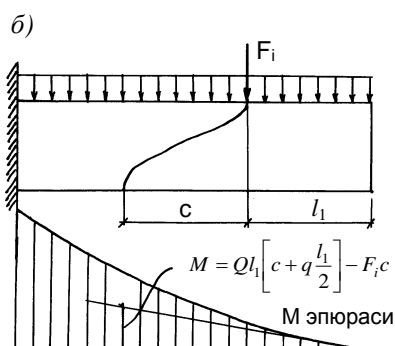
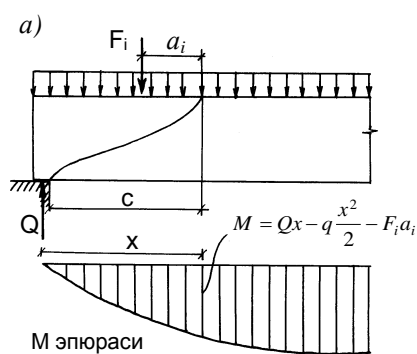
$$M = q l_1 \left( C + \frac{l_1}{2} \right) + F_i C;$$

$\sum R_{sw} A_{s,inc} Z$  - қия ёрик кесиб ўтган кўндаланг стерженлардаги зўриқишларнинг элемент сиқилиш зонасидаги  $N_b$  зўриқиш қўйилган нуқтадан ўтиб момент текислигига перпендикуляр бўлган ўққа нисбатан олинган моментлар йиғиндиси;  $\sum R_{sw} A_{s,inc} Z_{s,inc}$  - худди шундай қия стерженлардаги зўриқишлардан олинган моментлар йиғиндиси;  $Z_s$ ,  $Z_{sw}$  ва  $Z_{s,inc}$  - бўйлама, кўндаланг ва қия арматуралар жойлашган текисликлардан момент олинган ўққача бўлган масофалар.

Кўндаланг стерженлар орасидаги масофалар бир хил бўлганда

$$\sum R_{sw} A_{sw} Z_{sw} = 0,5q_{sw} c^2, \quad (4.162)$$

бу ерда  $q_{sw}$  (4.149) формуладан топилади;  $c$  - қия кесимнинг элемент бўйлама ўқига проекцияси узунлиги.



4.29-расм. Қия кесим бўйича мустаҳкамлигини эгувчи момент таъсирига ҳисоблашга доир

Қия арматураларнинг ҳар бир текислиги учун  $Z_{s,inc}$  микдор қуйидаги формуладан аниқланади

$$Z_{s,inc} = Z_s \cos \Theta + (c - a_i) \sin \Theta. \quad (4.163)$$

Қия ёриқ чўққисидаги сиқилган зонанинг баландлиги қуйидаги тенгламадан аниқланади

$$R_s A_s + R_{sw} A_{s,inc} \cos \Theta = R_b b x \quad (4.164)$$

Қия кесимнинг эгувчи момент таъсирига мустаҳкамлиги тўсинларнинг четки эркин таянчлари кирраларида ва консолларнинг эркин учида бўйлама арматуралар махсус анкерлар билан жиҳозланмаган ҳолларда ҳамда элемент ровоғида бўйлама арматураларнинг бир қисми кесиб ташланган ёки қайириб сиқилиш зонасига ўтказилган жойларда ҳисобланади. Бундан ташқари қия кесимларнинг эгувчи момент таъсирига мустаҳкамлиги элемент узунлиги бўйича шакли кескин ўзгарадиган жойларда ҳам текширилади.

Қия ёриқ анкерланиш зонаси узунлигида махсус анкерлар билан жиҳозланмаган чўзилган арматурани кесиб ўтганда, арматуранинг ҳисобий қаршилиги  $R_s \gamma_{s5} = l_x / l_{an}$  коэффициентга кўпайтирилиб, камайтиради,  $l_{an}$  - арматура анкерланиш зонасининг узунлиги.

Элементнинг қия кесими эгувчи момент таъсирига қуйидаги ҳолларда ҳисобланмаслиги мумкин: 1) элемент баландлиги унинг узунлиги бўйича ўзгармаса ёки ўзгарган тақдирда ҳам ровоқ ўзгариб, бўйлама арматуранинг ҳаммаси таянчларгача етказилиб махсус анкерлар ёрдамида бетонга маҳкам бириктирилган тақдирда; 2) бўйлама арматуралар

махсус анкерлар билан жиҳозланмаган бўлиб, қия ёриқ ҳосил бўлган кесим арматуранинг анкерланиш зонасини кесиб ўтмаган ҳолда, яъни  $l_i > l_{an}$  бўлганда. Қолган ҳамма ҳолларда қия кесим эгувчи момент таъсирига ҳисобланиши шарт.

#### 4. Кўндаланг арматуралар билан жиҳозланмаган элементларни ҳисоблаш

Баъзи бир хил темирбетон конструкцияларда (узлуксиз плиталар, баландлиги 150 мм гача бўлган тўсинлар, баландлиги 300 мм гача бўлган бўшлиққа эга бўлган йиғма плиталар, пойдеворлар ва ҳоказо) кўндаланг арматуралар қўйилмаслиги рухсат этилади. Бундай конструкцияларга таъсир қилаётган куч билан таянч орасидаги масофа катта бўлган тақдирда  $a > 3h$  кўндаланг арматура билан жиҳозланмаган элементлар биринчи қия ёриқ ҳосил бўлиши билан ўз мустаҳкамлигини йўқотади. Бу ҳолда элементларнинг қия кесим бўйича мустаҳкамликлари  $Q \leq 2,5R_{bt}bh_0$  шартдан текширилади. Куч қўйилган нуқтадан таянчгача бўлган масофа кичрайиб борган сари кўндаланг ва қия арматуралар билан жиҳозланмаган элементларнинг қия кесим бўйича мустаҳкамлиги ёриқлар пайдо бўлишига қаршилигига нисбатан тез ошади.

Умумий ҳолда кўндаланг ва қия арматуралар билан жиҳозланмаган элементларнинг қия кесим бўйича мустаҳкамлиги қуйидаги шартдан текширилади

$$Q \leq Q_b = \frac{\phi_{b4} R_{bt} b h_0^2}{c} \quad (4.165)$$

ва тенгсизликнинг ўнг томони  $2,5R_{bt}bh_0$  дан катта ва  $\phi_{b3}R_{bt}bh_0$  дан кичик қабул қилинмайди.

$\phi_{b4}$  коэффициент қиймати қуйидагича қабул қилинади: оғир, ғовакли ва майдадонали бетонлар учун  $\phi_{b4} = 1,5$ ; енгил бетонлар учун эса  $\phi_{b4} = 1,0 \dots 1,2$ .

Элементнинг қия кесим бўйича мустаҳкамлиги (4.165) шарт бўйича  $c$  қийматнинг  $2h_0$  ва ундан кичик бўлган бир нечта қийматларида текширилади.

#### 5. Элементларни бўйлама арматуралар билан жиҳозлаш ва материаллар эпюраси

Эгиладиган элементларни бўйлама арматуранинг бир қисмини таянчларга етказмасдан ровоқда қирқиб жиҳозлаш. Эгиладиган элементлар арматуралар билан жиҳозланганда металл сарфини камайтириш мақсадида бўйлама арматуранинг бир қисми ҳисоб бўйича талаб қилинмайдиган жойларда таянчларга етказилмасдан ровоқда қирқиб ташланиши мумкин. Бунда қирқиб ташланадиган бўйлама арматура кўндаланг кесим юзаси ҳисоб бўйича қабул қилинган бўйлама арматура юзасининг 50% дан кўп бўлмаслиги шарт. Бўйлама арматуранинг бир қисми қирқиб ташланадиган жой ҳисоб орқали аниқланади ва арматуранинг ҳисобий



узилиш жойи деб аталади. Бўйлама арматуранинг бир қисми ҳисобий узилиш жойида қирқиб ташланганда элементнинг шу жойдан ўтган нормал кесими бўйича мустаҳкамлиги таъминланган бўлиб, қия кесим бўйича мустаҳкамлиги эса эгувчи момент таъсирига таъминланмайди. Шунинг учун қирқиладиган арматура назарий қирқилиш жойидан  $l_1$  масофага ўтказилиб қирқилиши шарт.

Элемент кўндаланг ҳамда қия арматуралар билан биргаликда жиҳозланганда  $l_1$  масофа қуйидаги формуладан аниқланади

$$l_1 = \frac{Q - Q_{sw} A_{s,inc} \cdot \sin \theta}{2q_{sw}} + 5d \quad (4.166)$$

ва  $20d$  дан кам қабул қилинмайди. Фақат кўндаланг арматуралар билан жиҳозланган элементлар учун

$$l_1 = \frac{Q}{2q_{sw}} + 5d < 20d. \quad (4.167)$$

(4.166) ва (4.167) формулаларда:  $Q$  - арматуранинг узилиш жойидан ўтган нормал кесимдаги кесувчи кучнинг қиймати;  $q_{sw}$  кўндаланг арматуралар қабул қиладиган бирлик куч.

Бўйлама арматураларнинг ҳисобий узилиш жойлари аналитик ёки графо-аналитик усул билан аниқланиши мумкин. Бўйлама арматуранинг узилиш жойи аналитик усул билан аниқланганда  $M(x) = M_u$  шартдан фойдаланилади,  $M(x)$  - ташқи юкдан ҳосил бўладиган эгувчи моментнинг аналитик ифодаси;  $M_u$  - бўйлама арматура бир қисми қирқиб ташлангандан кейин қолган бўйлама арматура қабул қиладиган эгувчи момент.

Кўндаланг кесимининг ўлчамлари  $b$ ,  $h$  ва ҳисобий узунлиги  $l_0$  бўлган икки таянчда эркин ётган тўсин мисолида бўйлама арматуранинг бир қисмини қирқиб ташлаш йўли билан элементларни бўйлама арматура билан жиҳозланишини қараб чиқамиз. Тўсинга таъсир қиладиган юклар унинг узунлиги бўйича тенг тарқалган бўлсин.

Тўсинни жиҳозлаш учун талаб қилинадиган бўйлама арматуранинг кўндаланг кесим юзаси  $A_s$  ва кўндаланг стерженлар орасидаги масофа  $S$  4.2 ва 4.3 параграфларда келтирилган ҳисоблаш формулалари ва конструктив талаблар бўйича аниқланади. Топилган арматура юзаси бўйича бўйлама арматуранинг диаметри ва сони тайинланади. Бизнинг мисолимизда бўйлама арматура сифатида диаметри 16 мм бўлган 4 дона стержен қабул қилинган. Конструктив талабга биноан бўйлама арматуранинг 2 донаси (50%) таянчларга етказилиб, қолган 2 донаси ровоққа қирқиб ташланади. Бўйлама арматуранинг ҳисобий узилиш жойини аналитик усул билан аниқлаймиз. Тўсинга таъсир қиладиган юклардан эгувчи момент аналитик ифодаси

$$M(x) = 0,5qx(l_0 - x). \quad (4.168)$$

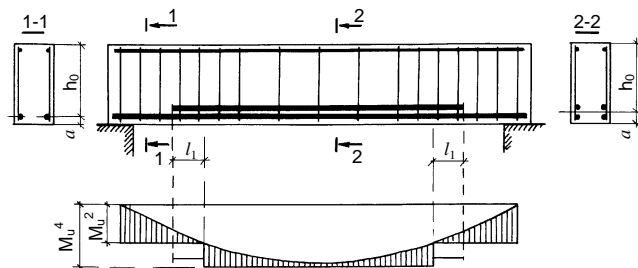
Таянчларга етказиладиган 2 дона стержен

қабул қиладиган эгувчи момент

$$M_u = R_s A_s \zeta \cdot h_0 = R_s A_s (1 - 0,5\xi) h_0, \quad (4.169)$$

бу ерда  $\xi = \frac{R_s A_s}{R_b b h_0}$ ;  $A_s$  - диаметри 16 мм бўлган 2

дона стерженнинг кўндаланг кесим юзаси;  $R_s$ ,  $R_b$  - тўсинни тайёрлаш учун ишлатиладиган арматура ва бетоннинг ҳисобий қаршилиқлари;  $h_0$  - тўсиннинг ишчи баландлиги (4.30 расм).



**4.30-расм.** Элементни бўйлама арматуранинг бир қисмини равоқда кесиб жиҳозлаш ва материаллар эпюраси

(4.168) ва (4.169) формулалар чап томонларининг тенглиги шартидан тўсин таянчларидан арматуранинг ҳисобий узилиш нуқталаригача бўлган масофа

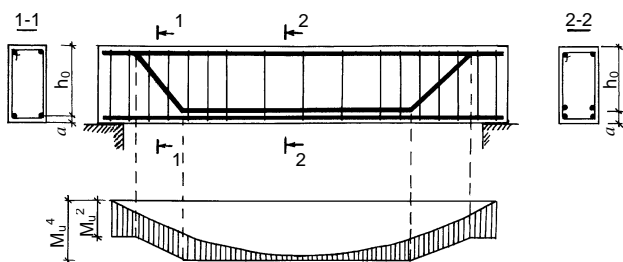
$$x = 0,5l_0 \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{8M_u}{q l_0^2}} \right). \quad (4.170)$$

Таянчлардан бўйлама арматуранинг амалий узилиш нуқталаригача бўлган масофа  $a = x - l_1$ ,  $l_1$  (4.167) формуладан аниқланади.

Тўсинни бўйлама арматуранинг бир қисмини қирқиб жиҳозлаш ва материаллар эпюраси 4.30 расмда кўрсатилган.

**Элементларни бўйлама арматуранинг бир қисмини таянчларга қайириб жиҳозлаш.** Статик ноаниқ конструкциялар тўқилган синчлар билан жиҳозланганда бўйлама арматуранинг бир қисми ҳисоб бўйича талаб қилинмайдиган жойларда қайириб таянч зоналарига ўтказилади. Бунда, қайриладигая стерженларнинг кўндаланг кесим юзаси умумий юзасининг 50% дан кўп бўлмаслиги шарт. Бўйлама арматуранинг қолган 50% қисми таянчларга етказилади. Қайриладиган арматура элементларнинг қия кесим бўйича мустаҳкамлигини таъминлаш билан бирга, унинг таянч зоналарининг нормал кесим бўйича мустаҳкамлигини таъминлаш учун ҳам ҳизмат қилади. Ҳар бир текислик бўйича қайриладиган бўйлама арматуранинг кўндаланг кесим юзаси 4.3 параграфда келтирилган ҳисоблаш формулаларидан аниқланади.

Статик аниқ тўсинни тўқилган синчлар билан арматуранинг бир қисмини таянчларга қайириб жиҳозлаш ва материаллар эпюраси 4.31 расмда кўрсатилган.



**4.31-расм.** Элементларни бўйлама арматуранинг бир қисмини таянчларга қайриб жиҳозлаш ва материаллар эпюраси

**Мисол 20.** Кўндаланг кесим ўлчамлари  $b \times h = 25 \times 50$  см бўлган темир-бетон тўсинни арматуралаш учун кўндаланг арматура диаметри ва қадами аниқлансин.

Берилган: Бўйлама арматура диаметри  $d_s = 16$  мм. Кўндаланг куч миқдори  $Q = 210$  кН. Бетон синфи  $B25$ ,  $\gamma_{b1} = 0,85$ . Кўндаланг арматура синфи АІ.

**Ечим.** 4.1 ва 4.2 жадваллардан қуйидагилар аниқланади:

$$R_b = 14,5 \text{ МПа}; R_b \cdot \gamma_{b2} = 14,5 \cdot 0,9 = 13,05 \text{ МПа};$$

$$R_{bt} = 1,05 \text{ МПа}; R_{bt} \cdot \gamma_{b2} = 1,05 \cdot 0,9 = 0,945 \text{ МПа}.$$

$$R_{sw} = 175 \text{ МПа}.$$

Қуйидаги шарт текширилади:

$$Q \leq 0,6 R_{bt} b h_0 \gamma_{b2} = 0,6 \cdot 0,945 \cdot 250 \cdot 550 = 77,96 \cdot 10^3 \text{ МПа} \cdot \text{мм}^2 = 77,96 \text{ кН}$$

$Q = 210$  кН га тенг бўлганлиги учун шарт бажарилмаяпти.

Қуйидаги шарт текширилади.

$$Q \leq 0,3 \varphi_{wi} \varphi_{bi} R_b b h_0 = 0,3 \cdot 1,0 \cdot 0,96 \cdot 13,05 \cdot 250 \cdot 550 = 516,78 \cdot 10^3 \text{ Н} = 516,78 \text{ кН},$$

бу ерда кўндаланг арматура кесим юзаси номаълум бўлганлиги учун  $\varphi_{wi} = 1,0$  қабул қилинади;

$$\varphi_{b1} = 1 - \beta R_b = 1 - 0,01 \cdot 13,05 = 0,96.$$

Шарт бажарилаяпти. Демак тўсин кўндаланг кесим ўлчамлари тўғри танланган. Тўсинни кўндаланг арматура билан арматуралашда кўндаланг арматура диаметри тайинланади. Бунда  $d_{sw} \geq 0,25 d_s$  шарт бажарилиши керак. Бундан ташқари кўндаланг стерженлар диаметри сейсмик туманларда 8 мм дан кам қабул қилинмаслиги шарт.

Демак  $d_{sw} = 8 \text{ мм} > 0,25 \cdot 16 = 4 \text{ мм}$ .  $A_{sw} = 50,3 \text{ мм}^2$ . Элемент кўндаланг кесимида иккита кўндаланг арматура қабул қилинади. У вақтда

$$n = 2 A_{sw} = 2 \cdot 50,3 = 100,6 \text{ мм}^2.$$

Кўндаланг арматуралар қабул қиладиган бирлик зўриқиш

$$Q_{sw} = \frac{Q^2}{8 R_b b h_0^2} = \frac{(210 \times 10^6)^2}{8 \times 0,94 \times 250 \times 550^2} = 77,1 \frac{\text{Н}^2}{\text{МПа} \cdot \text{мм}^3} = 77,1 \frac{\text{кН}}{\text{м}} \geq \frac{0,6 R_{bt} b}{2} = 70,8 \text{ МПа} \cdot \text{мм} \approx 71,0 \text{ кН/м}.$$

шарт бажарилаяпти.

Кўндаланг арматура қадами

$$S = \frac{R_{sw} \cdot A_{sw}}{q_{sw}} = \frac{175 \cdot 100,6}{77,1} = 228 \text{ мм}.$$

Конструктив талаблар бўйича  $h > 450$  мм бўлганда

тўсин таянч зоналарида  $S = \frac{h}{3} \leq 500$  мм қабул қилинади.

Кўндаланг арматура қадами  $S = 150 \text{ мм} < 500/3 = 167 \text{ мм} < 500$  мм қабул қилинади.

**Мисол 21.** Кўндаланг кесими тавр шаклида бўлган тўсиннинг қия кесим бўйича мустаҳкамлиги аниқлансин:

Берилган:  $b = 20$  см;  $h = 40$  см;  $b'_f = 40$  см;  $h'_f = 6$  см. Бетон синфи  $B20$  ( $R_b = 11,5$  МПа,  $R_{bt} 0,9$  МПа.) Тўсин иккита ясси синч билан арматураланган, кўндаланг арматура синфи АІІІ, диаметри 8 мм, қадами  $S = 150$  мм. ( $R_{sw} = 285$  МПа;  $E_s = 2 \cdot 10^5$  МПа). Кўндаланг кесувчи куч  $Q = 160$  кН.

**Ечим:** Қуйидаги шартлар текширилади:

$$Q \leq 160 \text{ кН} = 0,3 \cdot 1,23 \cdot 0,9 \cdot 11,5 \cdot 0,9 \cdot 200 \cdot 370 = 219,3 \cdot 10^3 \text{ Н} = 219,3 \text{ кН},$$

$$\varphi_{wi} = 1 + 5 \cdot 7,4 \cdot 0,00335 = 1,123;$$

бу ерда

$$\alpha = \frac{E_{sw}}{E_b} = \frac{2 \cdot 10^6}{27 \cdot 10^3} = 7,4;$$

$$\mu_{sw} = \frac{2 \cdot 0,503}{15 \cdot 20} = 0,00335.$$

$$\varphi_{b1} = 1 - \beta R_b \gamma_{b1} = 1 - 0,01 \cdot 11,5 \cdot 0,9 \approx 0,9;$$

$$Q = 160 \text{ кН} > 0,6 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 200 \cdot 370 = 35,96 \cdot 10^3 \text{ Н} = 35,96 \text{ кН}.$$

Элемент кўндаланг кесим ўлчамлари етарли. Лекин элементнинг кўндаланг кесим бўйича мустаҳкамлиги таъминланмаган.

Қуйидагилар аниқланади

$$q_{sw} = \frac{285 \cdot 50,3 \cdot 2}{150} = 19114 \text{ Н/мм} > \frac{\varphi_{b3} (1 + \varphi_n + \varphi_f) R_{bt} \cdot b}{2} = \frac{0,6(1 + 0 + 0,12)0,9 \times 0,9 \times 200}{2} = 54,4 \text{ Н/мм}.$$

$$\varphi_f = 0,75 \frac{(b'_f - b) h'_f}{b h_0} = 0,75 \frac{(40 - 20) \cdot 6}{20 \cdot 37} = 0,12$$

шарт бажарилаяпти.

Қия кесим қабул қила оладиган кесувчи куч миқдори

$$Q_u = Q_b + Q_{sw} =$$

$$= 2 \sqrt{2(1+0,12)0,9 \cdot 0,9 \cdot 200 \cdot 370^2 \cdot 19114} = 189,4 \text{ кН}$$

$$Q = 160 \text{ кН} < Q_u = 189,4 \text{ кН.}$$

Шарт бажариляпти. Қия кесим мустаҳкамлиги таъминланган.

### Такрорлаш учун саволлар

1. Эгиладиган темирбетон элементларни (плиталар, тўсинлар) лойҳалашда қанақа талаблар қўйилади?
2. Элементлар мустаҳкамликларини нормал кесимлар бўйича ҳисоблашда кучланиш ва деформацияланиш ҳолатининг қайси босқичи асос қилиб олинади?
3. Нормал кесимларни эластик-пластик жисмлар назарияси бўйича ҳисоблашда қанақа шартлар қабул қилинади? Бикр-пластик жисмлар назарияси бўйича ҳисоблашда қайси босқичи асос қилиб олинади?
4. Кўндаланг кесими тўғри тўртбурчак шаклида бўлган ва арматура билан бир томонлама жиҳозланган эгиладиган элементларни ҳисоблаш учун эластик-пластик ва бикр-пластик жисмлар назарияси бўйича ҳисоблаш формулаларини келтириб чиқаринг.
5. Кўндаланг кесими тўғри тўртбурчак шаклида бўлган арматура билан бир томонлама жиҳозланган элементларнинг юк қўтариш қобилияти қандай аниқланади?
6. Тўсинни жиҳозлаш учун талаб қилинадиган бўйлама арматуранинг кўндаланг кесим юзаси қандай аниқланади?
7. Қайси ҳолларда тўсинларнинг кўндаланг кесим юзалари бўйлама арматуралар билан икки томонлама жиҳозланади?
8. Кўндаланг кесими тўғри тўртбурчак шаклида бўлган ва арматура билан икки томонлама жиҳозланган эгиладиган элементларни ҳисоблаш учун эластик-пластик ва бикр-пластик жисмлар назарияси

бўйича ҳисоблаш формулаларини келтириб чиқаринг?

9. Тўсинни жиҳозлаш учун талаб қилинадиган бўйлама сиқиладиган ва чўзиладиган арматураларнинг кўндаланг кесим юзалари қандай аниқланади?
10. Кўндаланг кесими тавр ва қўштавр шаклида бўлган элементлар қайси ҳолларда қўлланилади?
11. Тавр кесимларни ҳисоблашда рафнинг эни қандай қабул қилинади?
12. Қайси ҳолларда тавр кесимларни ҳисоблаш тўғри тўртбурчак кесимларни ҳисоблагандек бажарилади?
13. Кўндаланг кесими тавр шаклида бўлган элементларни ҳисоблаш учун эластик-пластик ва бикр-пластик жисмлар назарияси бўйича ҳисоблаш формулаларини келтириб чиқаринг.
14. Кесимлари кути, трапеция ва учбурчак шаклида бўлган элементлар қандай ҳисобланади?
15. Бикр арматуралар билан жиҳозланган элементлар қандай ҳисобланади?
16. Қия ёриларнинг пайдо бўлишига сабаб нима? Эгиладиган элементлар қия кесим бўйича қандай бузилади? Бузилиш схемаларини чизинг.
17. Эгиладиган элемент қия кесимининг мустаҳкамлиги сиқувчи кучланишлар таъсирига қандай текширилади?
18. Ёриқлар пайдо бўлган ҳолда кўндаланг стерженларни (кўчанларни) кўндаланг куч таъсирига ҳисоблаш формулаларини келтириб чиқаринг.
19. Кўндаланг куч таъсирига қия стерженларнинг ҳисоби қандай тартибда бажарилади?
20. Эгувчи момент таъсирига қия кесим мустаҳкамлиги шартини ёзинг.
21. Эгувчи момент таъсирига қия яесим мустаҳкамлиги таъминлаш учун қанақа амалий талаблар бажарилиши лозим?
22. Элемент ровоғида бўйлама арматуранинг назарий қиркилиш жойлар қандай аниқланади? Амалий қиркилиш жойларини? Материаллар эпюраси қандай қурилади ва у нимани ифодалайди?

## 5. СИҚИЛАДИГАН ЭЛЕМЕНТЛАР

### 5.1. Амалий хусусиятлар

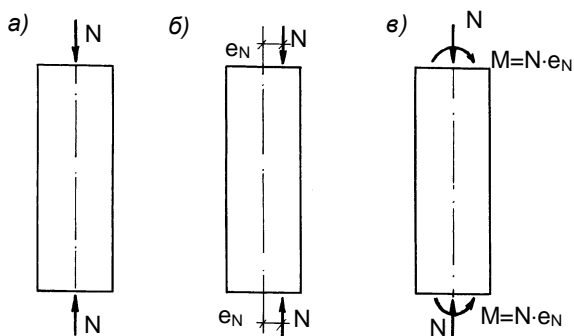
Материаллар қаршилиги курсидан маълумки бир хил миқдорга эга бўлган иккита  $F$  куч элемент кўндаланг кесимининг оғирлик марказидан ўтган бўйлама ўқ бўйича бир-бирига қараб йўналган ҳолда таъсир қилганда, элемент марказий сиқилиш ҳолатида ишлайди. Агар  $F$  кучлар элемент кўндаланг кесимининг оғирлик марказига нисбатан маълум елка билан қўйилган бўлса, элементда марказмас сиқилиш рўй беради (5.1-расм). Марказмас қўйилган бўйлама  $F$  кучлар таъсирини эгувчи момент  $M = F \cdot e_{of}$  ва элемент кўндаланг кесимининг оғирлик марказига қўйилган бўйлама куч билан алмаштириш мумкин (5.1, в расм).

Марказий сиқиладиган элементларда бўйлама кучлар кесим оғирлик марказига қўйилишига қарамадан баъзи бир тасоддий сабаблардан (кесим бўйича материал хоссасининг бир хил бўлмаслиги, тайёрлаш жараёнида ҳосил бўладиган дастлабки эгрилик, монтаж қилиш жараёнида йўл қўйилган чекланишлар ва ҳ.о.) уларда ҳам елка ҳосил бўлади. Шунинг учун бундай элементларни ҳисоблашда тасоддий елка  $e_a$  эътиборга олинishi шарт. Тасоддий елка учун элемент узунлигининг  $1/600$  қисми, кўндаланг кесим баландлигининг  $1/30$  қисми ва  $e_a = 10$  мм қийматлардан энг каттаси қабул қилинади.

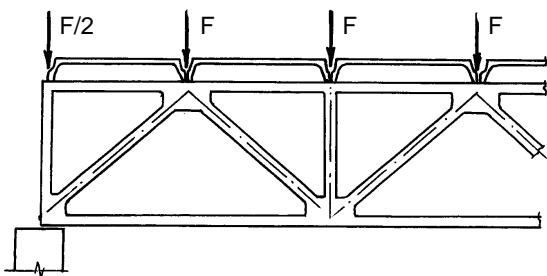
Статик аниқ конструкцияларни ҳисоблашда тасоддий елка статик ҳисоблашдан аниқланган ҳисобий елка  $e_{of}$  билан қўшилади, яъни  $e_o = e_a + e_{of}$ .

Статик ноаниқ конструкцияларни ҳисоблашда эса, зўриқишларнинг қайта тақсимланишини назарда тутиб, ҳисобий елка учун статик ҳисобдан аниқланган  $e_{of} = M/F$  елка қабул қилинади. Лекин ҳисобий елканинг қиймати тасоддий елкадан кам қабул қилинмайди.

Тасоддий елка билан сиқиладиган элементларга ташқи юк тугунларига қўйилган ҳовонли фермаларнинг юқори тасмалари, устунлари ва баъзи ҳовонлари (5.2 расм) ва ҳ.о. мисол бўла олади. Ҳисобий елка билан марказмас сиқиладиган элементларга бир қаватли саноат (5.3, а, расм) ҳамда кўп қаватли саноат ва граждан биноларининг устунлари (5.3, б расм), ҳовонсиз фермаларнинг юқори тасмалари ва устунлари (5.3, в расм), аркалар (5.3, г расм) ва ҳ.о. мисол бўлади.

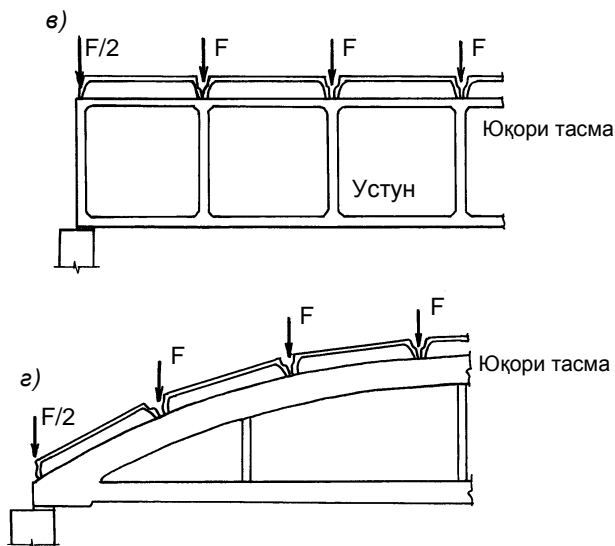
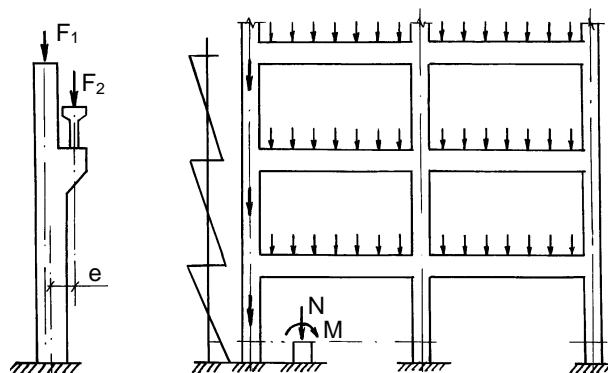


5.1 расм. Марказий (а) ва марказмас сиқиладиган (б,в) элементлар



5.2 расм Марказий сиқиладиган элементга мисол

а) б)



5.3 расм. Марказмас сиқиладиган элементларга мисоллар

Сиқиладиган элементларнинг кўндаланг кесими бўйлама  $F$  куч кичик елка билан қўйилганда квадрат, айлана ва ҳалқа шаклида (5.4, а расм), бўйлама  $F$  куч катта елка билан қўйилганда эса, тўғри тўртбурчак, тавр, қўштавр, қути ва  $\Pi$  - шаклида қабул қилинади (5.4, б расм). Бунда кўндаланг кесимнинг эгувчи момент текислигидаги ўлчами (баландлиги  $h$ ) иккинчи ўлчамига (энига) нисбатан катта қабул қилинади. Тайёрлаш жиҳатдан осон бўлганлиги сабабли кўпчилик ҳолларда йиғма элементларнинг кўндаланг кесими тўғри тўртбурчак ва қўштавр шаклида, яхлит темир-бетондан тайёрланадиган элементларнинг кўндаланг кесими эса тўғри тўртбурчак шаклида тайёрланади. Тўғри тўртбурчак шаклидаги кесим томонларининг нисбати  $b:h = 1:1,5 \dots 1:3$  қабул қилинади.

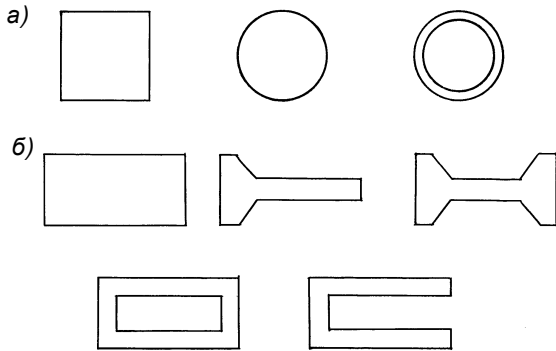
Сиқиладиган элементлар кўндаланг кесимларининг ўлчамлари ихтиёрий йўналиш бўйича элемент эгиловчанлиги  $\lambda_i \leq 200$  (кесими тўғри тўртбурчак бўлганда  $\lambda_i \leq 57$ ), устунлар учун эса  $\lambda_i \leq 120$  ( $\lambda_h \leq 35$ ) бўлиши шартдан қабул қилинади.

Қолип ва арматурали синчларни бир хил меъёр ва талаблар бўйича тайёрлаш мақсадида элемент кўндаланг кесимининг ўлчамлари 500 мм гача ҳар 50 мм дан, 500 мм дан катта бўлганда эса, ҳар 100 мм дан ошиб боради. Яхлит темир-бетондан тайёр-

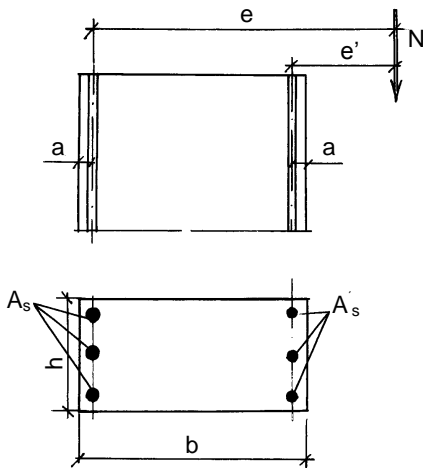
ланадиган сиқиладиган элементларнинг кўндаланг кесими ўлчамлари 250x250 мм дан кам қабул қилинмайди.

Сиқиладиган элементларни тайёрлаш учун синфи В15...В30 бўлган бетонлар ишлатилади.

Сиқиладиган элементларни жиҳозлаш учун ишлатиладиган ишчи арматуранинг кўндаланг кесим юзаси ҳисоб орқали аниқланади. Бўйлама ишчи арматуранинг умумий кўндаланг кесим юзаси элемент кўндаланг кесим юзасининг 3% дан катта қабул қилинмаслиги тавсия этилади.



5.4 расм. Марказий (а) ва марказмас сиқиладиган (б) элементларнинг кўндаланг кесимлари



5.5 расм. Марказмас сиқиладиган элементларда арматураларнинг жойлашиши

Сиқиладиган элементларни арматуралар билан жиҳозлаганда бўйлама арматуралар элемент кесимининг қисқа томонларига яқин жойлаштирилади (5.5 расм). Бунда бўйлама сиқувчи  $F$  кучдан узоқ, жойлашган томонга қўйилган арматуранинг кесим юзаси  $A_s$  билан, яқин томонга жойлашган арматуранинг кесим юзаси эса  $A_s'$  билан белгиланади.

Бўйлама кучнинг кичик елка билан таъсир қилган ҳолларида ҳамда қиймати бир хил бўлиб, ишораси ҳар хил бўлган эгувчи момент таъсиридаги элементларнинг кесими арматуралар билан симметрик равишда жиҳозланади. Бир хил ишорали эгувчи моментлар таъсиридаги ҳамда бўйлама

куч катта елка билан таъсир қиладиган элементларнинг кесими эса арматуралар билан но-симметрик равишда жиҳозланади.

Сиқиладиган элементларни жиҳозлаш учун  $A_s$  ва  $A_s'$  бўйлама арматуралар кўндаланг кесимининг минимал юзалари элемент эгилювчанлигига боғлиқ ҳолатда қуйидагича қабул қилинади:

элементнинг эгилювчанлиги-

$l_o / i < 17$  бўлганда,

$$A_s = A_s' = \mu_{s,\min} \cdot b \cdot h_o = 5 \cdot 10^{-4} \cdot b \cdot h_o;$$

$$17 \leq l_o / i \leq 35 \quad A_s = A_s' = 1.1 \cdot 10^{-3} b \cdot h_o;$$

$$35 < l_o / i \leq 83 \quad A_s = A_s' = 2.1 \cdot 10^{-3} b \cdot h_o;$$

$$83 < l_o / i \quad A_s = A_s' = 2.5 \cdot 10^{-3} b \cdot h_o$$

Сиқиладиган йиғма элементларни арматуралар билан жиҳозлаганда бўйлама арматурали стерженларнинг диаметри 16..40 мм, яхлит конструкциялар учун эса 12..40 мм қабул қилинади.

Бўйлама стерженларнинг ўқлари орасидаги масофа момент таъсир қиладиган текисликда 500 мм.дан, момент таъсир текислигига перпендикуляр бўлган текисликда эса, 400 мм.дан катта қабул қилинмайди. Агар бўйлама стерженлар орасидаги масофалар мос равишда 500 ва 400мм.дан катта бўлса, ҳар 500 ва 400 мм.дан диаметри 12 мм бўлган бўйлама амалий стерженлар қўйилади (5.7 расм).

Бўйлама ишчи арматура сифатида синфи А-П, А-Ш, А-ШС, А-1У, А-У ва А-VI бўлган арматурали стерженлар ишлатилади.

Бўйлама арматурали стерженларнинг сиқилиши натижасида қобаришидан сақлаш мақсадида қўйиладиган кўндаланг стерженлар орасидаги масофалар амалий талаблар бўйича, ҳисобламасдан, аниқланади. Оғир, майдадонали ва енгил бетонлардан тайёрланадиган конструкциялар учун кўндаланг стерженлар орасидаги масофа қуйидагича қабул қилинади: бўйлама арматуранинг сиқилишдаги ҳисобий қаршилиги  $R_{sc} \leq 400$  МПа бўлганда, пайвандланган арматурали синчлар учун  $S=20 \cdot d$ , тўқилган арматурали синчлар учун эса,  $S=15 \cdot d$  қабул қилиниб, 500 мм дан катта қабул қилинмайди;  $R_{sc} \leq 450$  МПа бўлганда эса, пайвандланган арматурали синчлар учун  $S=15 \cdot d$ , тўқилган арматурали синчлар учун эса  $S=12 \cdot d$ , қабул қилиниб, 400 мм, дан катта қабул қилинмайди. Бу ерда  $d$  - сиқиладиган бўйлама стерженларнинг энг кичик диаметри.

Сейсмик туманларда қўлланиладиган сиқиладиган элементлардан арматура билан жиҳозланиш проценти 3% бўлганда кўндаланг стерженлар 8 дан ва 200 мм дан катта булмаслиги шарт. Бу ерда  $d$  – БУйлама стерженлар энг кичик диаметри.

Сиқиладиган элементларнинг бикр тугунларга бирикадиган  $1,5 h$  ( $h$ -элемент кесими баландлиги) узунлигидаги қисмида ҳисоб бўйича қўйиладиган кўндаланг стерженлар қадами сейсмик майдони 7,8 балл бўлганда 150 мм дан, 9 ва  $< 9$  балл булганда

100 мм дан, 9\* балл булганда 70 мм дан катта бўлмаслиги шарт. Кўндаланг арматура диаметри 8 мм дан кичик бўлмаслиги шарт.

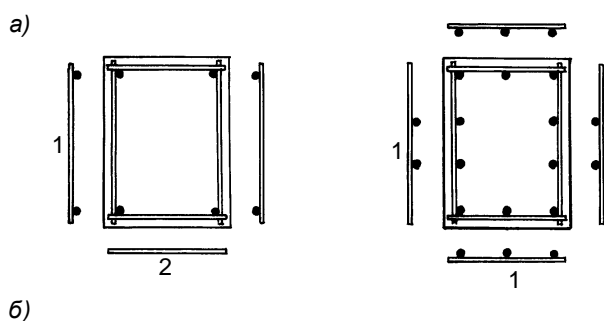
Кўндаланг стерженлар учун синфи А-I, А-II ва Вр-I бўлган арматура қўлланилади.

Сиқиладиган элементларнинг кўндаланг кесimini пайвандланган арматурали синчлар билан жиҳозлаш 5.6, а расмда, тўқилган арматурали синчлар билан жиҳозлаш эса 5.7, б расмда кўрсатилган.

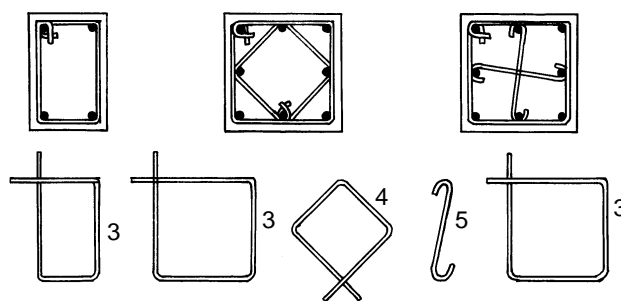
## 5.2. Марказмас сиқиладиган элементларнинг мустаҳкамлигини ҳисоблаш

Марказмас сиқиладиган элементларнинг бузилиш характери биринчи навбатда бўйлама кучнинг элемент кўндаланг кесими оғирлик марказига нисбатан қўйилган елкасига боғлиқ бўлади. Бўйлама  $F$  кучнинг елкаси катта бўлган тақдирда бузилиш кучдан узоқ жойлашган томондаги арматурада кучланишларнинг оқиш даражасига етиши натижасида бошланади, ундан кейин сиқилган зонадаги бетон бузилади (5.8, а расм). Сиқиладиган элементларнинг бу ҳол бўйича бузилиши, эгиладиган элементларнинг I ҳол бўйича бузилишига жуда яқин бўлиб,  $\xi_m \leq \xi_{mR}$  бўлган ҳолатларда содир бўлади. Бу ерда  $\xi_{mR}$  - нисбий сиқилиш зонасининг чегаравий қиймати (4.28) формуладан аниқланади.

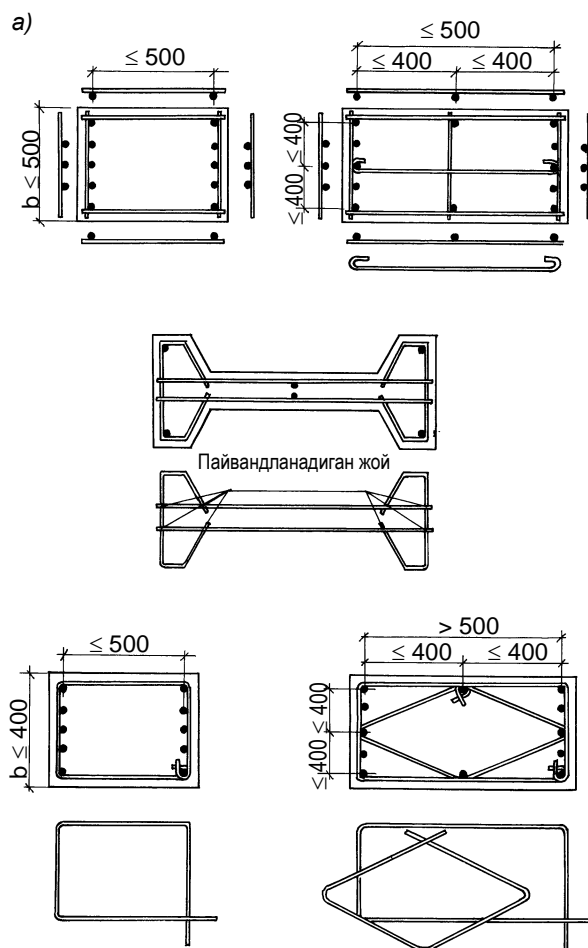
Бўйлама  $F$  кучнинг елкаси кичик бўлганда элемент кўндаланг кесими тўлиқ сиқилган ёки бир қисми сиқилиб иккинчи бир қисми чўзилган бўлиши мумкин. Бу ҳолатда бузилиш элементнинг сиқилиш зонасидаги бетонда кучланишларнинг чегаравий қийматига етишидан бошланади. Бунда, бўйлама кучдан узоқ жойлашган бўйлама арматурадаги кучланишларнинг қиймати нолдан кичик, нолга тенг ёки нолдан катта (арматура чўзилган) бўлиши мумкин, лекин оқиш даражасига етмайди. Сиқилган зонада бўйлама кучга яқин жойлашган арматурадаги кучланишларнинг қиймати  $R_{sc}$  га тенг бўлади. Сиқиладиган элементларнинг бу ҳол бўйича бузилиши  $\xi_m > \xi_{mR}$  бўлганда содир бўлади (5.8, б расм).



б)



5.6 расм. Марказий сиқиладиган элемент кесimini пайвандланган (а) ва тўқилган синчлар (б) билан жиҳозланиши



5.7 расм. Марказмас сиқиладиган элемент кесimini пайвандланган (а) ва тўқилган синчлар (б) билан жиҳозланиши

### I. Кўндаланг кесими тўғри тўртбурчак шаклида бўлган элементлар

Кесим мустаҳкамлигини эластик-пластик жисмлар назарияси бўйича ҳисоблаш.

Кесим мустаҳкамлигини бу назария бўйича ҳисоблашда эгиладиган элементларни ҳисоблаш учув асос қилиб олинган шартлардан фойдаланилади. Ҳисоб кучланиш-деформацияланиш ҳолатининг III босқичи бўйича бажарилади. Сиқилиш

зонасидаги бетонда нормал кучланишларнинг эпюраси тўғри тўртбурчак шаклидаги трапеция билан билан олмаштирилади. Сиқилган бетондаги кучланишнинг миқдори  $R_b$  га тенг қабул қилинади, чўзилган бетоннинг ишлаши эътиборга олинмайди. Сиқилган зонада жойлашган арматурадаги кучланишнинг миқдори  $R_{sc}$  га тенг қабул қилинади.

**Кесимни  $\xi_m \leq \xi_{mR}$  бўлган ҳол бўйича ҳисоблаш.** Бу ҳол бўйича элемент кесимида ҳосил бўладиган кучланишлар ва зўриқишлар схемаси 5.8, а расмда кўрсатилган.

Элемент кесимининг мустаҳкамлиги қуйидаги формула орқали текширилади:

$$N \cdot e \leq M_u = R_b \cdot b \cdot x \left[ \lambda(h_0 - 0,5\lambda \cdot x) + 0,5(1 - \lambda) \left( h_0 - \frac{1 + 2 \cdot \lambda}{3} \cdot x \right) \right] + R_{sc} \cdot A'_s (h_0 - a'). \quad (5.1)$$

Сиқилиш зонасининг баландлиги қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$0,5(1 + \lambda) \cdot R_b \cdot b \cdot x + R_{sc} \cdot A'_s = R_s \cdot A_s + N. \quad (5.2)$$

Олинган боғланишлардан фойдаланиб кесимнинг мустаҳкамлигини текшириш ёки талаб қилинадиган бўйлама арматуранинг кесим юзаси аниқланиши мумкин. Кесимнинг мустаҳкамлиги текширилганда (5.2) тенгламадан сиқилиш зонасининг баландлиги  $x$  аниқланади

$$x = \frac{N + R_s \cdot A_s - R_{sc} \cdot A'_s}{0,5(1 + \lambda) \cdot R_b \cdot b}. \quad (5.3)$$

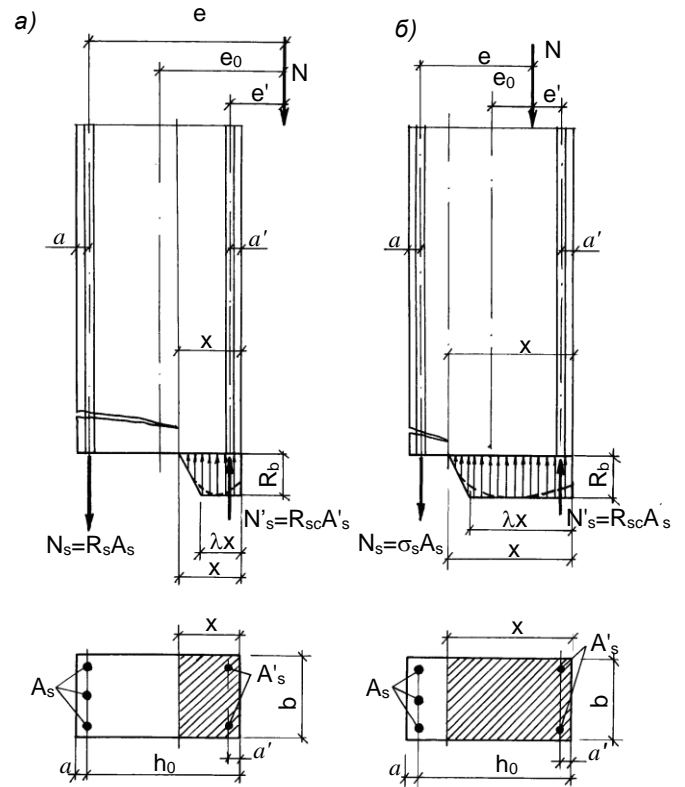
Агар  $x \leq \xi_{mR} \cdot h_0$  шарт бажарилса,  $x$  нинг қиймати (5.1) ифодага қўйилиб кесим мустаҳкамлиги текширилади. Агар  $x > \xi_{mR} \cdot h_0$  бўлса, ҳисоб иккинчи ҳол бўйича бажарилади.

Талаб қилинадиган арматуранинг кесим юзасини аниқлашда олинган иккита тенглама етарли эмас, чунки бу икки тенгламада учта -  $x$ ,  $A_s$ ,  $A'_s$  номаълум мавжуд. Учинчи тенглама сифатида  $x = \xi_{mR} \cdot h_0$  шартни қабул қиламиз. Чунки бу ҳолатда иқтисодий жиҳатдан энг самарали кесимга эга бўламиз. Бу вақда (5.1) тенгсизликда  $N \cdot e = M_u$  қабул қилиб, сиқилнадиган арматуранинг кесим юзасини аниқлаймиз

$$A'_s = \frac{N \cdot e - \alpha_m \cdot R_b \cdot h_0^2 \cdot R_b}{R_{sc} (h_0 - a')}. \quad (5.4)$$

(5.2) тенгламадан эса, чўзиладиган арматуранинг кесим юзаси

$$A_s = \frac{0,5(1 + \lambda) \xi_{mR} \cdot R_b \cdot b \cdot h_0 + R_{sc} \cdot A'_s - N}{R_s}. \quad (5.5)$$



**5.8 расм.** Марказмас сиқилнадиган элементларни бикр-пластик жисмлар назарияси бўйича ҳисоблашга доир

Агар (5.4) ифодадан аниқланадиган сиқилнадиган арматуранинг кесим юзаси  $A'_s \leq 0$  бўлса, сиқилнадиган арматура ҳисоб бўйича талаб қилинмайди, лекин меъёрий талаб бўйича сиқилнадиган арматура амалий жиҳатдан  $A'_s = \mu_{s,\min} b \cdot h_0$  миқдорда қўйилиши шарт. Бу ҳолатда чўзиладиган арматуранинг юзасини аниқлаш учун (5.1) формуладан  $\alpha_m$  коэффициентнинг қиймати аниқланади;

$$\alpha_m = \frac{N \cdot e - R_{sc} \cdot A'_s (h_0 - a')}{R_b \cdot b \cdot h_0^2} \quad (5.6)$$

ва (4.22) тенгламадан  $\alpha_m$  коэффициентнинг қийматига мос бўлган сиқилиш зонасининг нисбий баландлиги ҳисобланади. Чўзиладиган арматуранинг кўндаланг кесим юзаси эса, (5.2) тенгламадан топилади:

$$A_s = \frac{0,5(1 + \lambda) \xi_{mR} \cdot R_b \cdot b \cdot h_0 + R_{sc} \cdot A'_s - N}{R_s} \quad (5.7)$$

Агар кесим арматура билан симметрик равишда жиҳозланадиган бўлса, унда ҳисоблаш формулаларида  $A_s = A'_s$  қабул қилинади. Синфлари А-II ва А-III бўлган арматуралар учун  $R_s = R_{sc}$  эганлигини эътиборга олганда, ҳисобий формулалар қуйидаги кўринишни олади:

сиқилиш зонасининг баландлигини аниқлаш учун-

$$X = \frac{N}{0,5(1 + \lambda) \cdot R_b \cdot b}; \quad (5.8)$$

сиқилнадиган ҳамда чўзиладиган арматуранинг

кесим юзаларини топиш учун -

$$A_s = A'_s \frac{N \left[ e - \frac{2 \cdot \lambda}{1 + \lambda} \left( h_o - \frac{\lambda}{1 + \lambda} \cdot \frac{N}{R_b \cdot b} \right) \right]}{R_{sc} (h_o - a')} - \frac{N \left[ \frac{1 - \lambda}{1 + \lambda} \cdot \left( h_o - \frac{1 + 2 \cdot \lambda}{1 + \lambda} \cdot \frac{N}{1.75 \cdot R_b \cdot b} \right) \right]}{R_{sc} (h_o - a')} \quad (5.9)$$

Ҳисоблаш формулаларида  $e$  - чўзилган арматура юзасининг оғирлик марказидан бўйлама куч қўйилган нуқтагача бўлган масофа (кучнинг елкаси) куйидагича топилади:  $e = e_o + h/2 - a$ .

**Кесимни  $\xi_m > \xi_{mR}$  бўлган ҳол бўйича ҳисоблаш.** Бу ҳол бўйича элемент кесимида ҳосил бўладиган кучланишлар ва зўриқишлар схемаси 5.8, б расмда келтирилган. Кесим мустаҳкамлигини бу ҳол бўйича ҳисоблашда ҳам  $\xi_m \leq \xi_{mR}$  бўлган ҳол учун фойдаланилган шартлар асос қилиб олинади, лекин бўйлама кучдан узоқ жойлашган  $A_s$  арматурадаги кучланиш чегаравий ҳолатда ҳисобий қаршилигига етмайди, яъни  $\sigma_s < R_s$ . Кесим мустаҳкамлиги бу ҳолатда ҳам (5.1) шартдан текширилади. Сиқилиш зонасининг баландлиги эса куйидаги тенгламадан аниқланади -

$$0,5(1 + \lambda)R_b \cdot \sigma \cdot X + R_{sc} \cdot A'_s = \sigma_s \cdot A_s + N, \quad (5.10)$$

бу ерда  $A_s$  арматурадаги кучланиш (4.27) формуладан ҳисобланади.

Кесим мустаҳкамлигини бикр-пластик жисмлар назарияси бўйича ҳисоблаш (Куриш меъёрлари ва қоидалари - ҚМ ва Қ 2.03.01-96 методикаси).

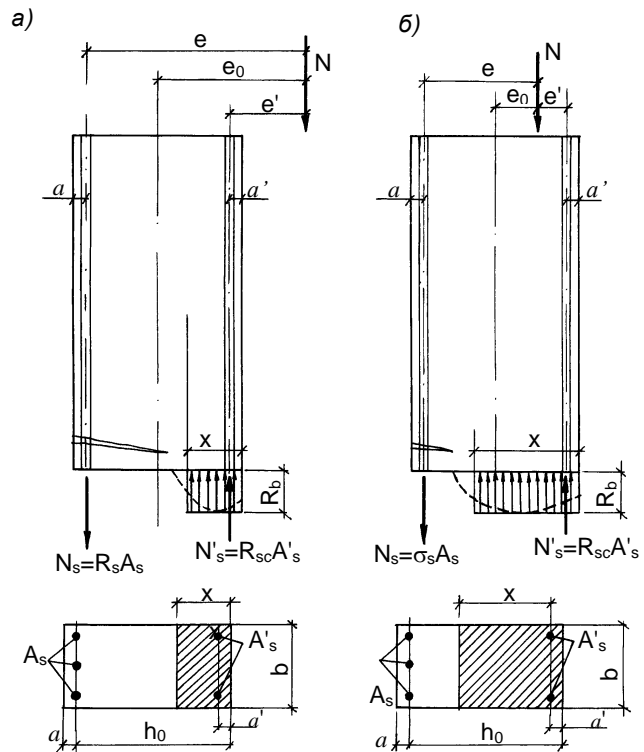
**Кесимни  $\xi \leq \xi_R$  бўлган ҳол бўйича ҳисоблаш.** Бу ҳол бўйича ҳисоблаш формулалари эгиладиган элементларни ҳисоблаш учун қабул қилинган шартлар асосида олинади. Ҳисоб кучланиш-деформацияланиш ҳолатининг III босқичи бўйича бажарилиб, чегаравий ҳолатда  $\sigma_s = R_s$ ,  $\sigma_{sc} = R_{sc}$  ва  $\sigma_b = R_b$  қабул қилинади. Сиқилган зонада бетондаги нормал кучланишларнинг эпюраси тўғри тўртбурчак шаклида қабул қилиниб, чўзилган зонадаги бетоннинг ишлаши эътиборга олинмайди.

Куриш меъёри ва қоидалари бўйича ҳисоблаш формулаларини олиш учун эластик-пластик назария бўйича олинган ҳисоблаш формулаларида -  $\lambda = 1$  деб қабул қилиш кифоя. У вақтда, арматура билан носимметрик равишда жиҳозланган кесимнинг мустаҳкамлиги куйидаги шартдан текширилади

$$N \cdot e \leq M_u = R_b b x (h_o - 0,5x) + R_{sc} A'_s (h_o - a') \quad (5.11)$$

Сиқилиш зонасининг баландлиги  $X$  куйидаги тенгламадан аниқланади

$$R_b \cdot b \cdot x + R_{sc} \cdot A'_s = R_s \cdot A_s + N. \quad (5.12)$$



**10 расм.** Марказмас сиқиладиган элементларни бикр-пластик жисмлар назарияси (СНиП 2.03.01 услуби) бўйича ҳисоблашга доир

Олинган ифодалар бўйича элемент кесимининг мустаҳкамлиги текшириб кўрилиши ёки талаб қилинганда арматуранинг кесим юзалари топилиши мумкин. Кесим мустаҳкамлиги текширилганда (5.12) тенгламадан сиқилиш зонасининг баландлиги  $x$  аниқланади

$$x = \frac{N + R_s \cdot A_s - R_{sc} \cdot A'_s}{R_b \cdot b}. \quad (5.13)$$

Агар  $x \leq \xi_R h_o$  шарт бажарилса, аниқланган  $x$  нинг қиймати (5.11) ифодага қўйилиб, кесим мустаҳкамлиги текширилади. Талаб қилинадиган арматураларнинг юзаларини топишда  $x = \xi_R h_o$  қилиниб, (5.11) ифодадан сиқиладиган арматуранинг юзаси топилади -

$$A'_s = \frac{N \cdot e - \xi_R (1 - 0,5 \cdot \xi_R) \cdot R_b \cdot b \cdot h_o^2}{R_{sc} (h_o - a')}. \quad (5.14)$$

Чўзиладиган арматуранинг юзаси эса, (5.12) тенгламадан  $x = \xi_R h_o$  қабул қилиниб топилади

$$A_s = \frac{\xi_R \cdot R_b \cdot b \cdot h_o + R_{sc} \cdot A'_s - N}{R_s}. \quad (5.15)$$

Бу формулалар  $A'_s > 0$  ва  $A'_s > \mu_{smin} b h_o$  бўлган ҳоллардагина ўринли ҳисобланади. Агар  $A'_s < 0$  бўлса, у вақтда сиқиладиган арматура ҳисоб бўйича талаб қилинмайди. Лекин ҚМҚ талаби бўйича амалий



жиҳатдан миқдори  $A'_s = \mu_{\min} b_0$  га тенг бўлган сиқиладиган арматура кўйилиши шарт. Бу вақтда (5.11) ифодадан  $\alpha_m$  коэффициент аниқланади

$$\alpha_m = \frac{N \cdot e - R_{sc} \cdot A'_s (h_0 - a')}{R_b \cdot b \cdot h_0^2}. \quad (5.16)$$

ва  $\alpha_m$  коэффициентга мос бўлган  $\xi$  коэффициентнинг қиймати аниқланади. Ундан кейин (5.12) тенгламадан чўзиладиган арматуранинг кесим юзаси топилади

$$A_s = \frac{\xi \cdot R_b \cdot b \cdot h_0 + R_{sc} \cdot A'_s - N}{R_s}. \quad (5.17)$$

Марказмас сиқиладиган элементнинг кўндаланг кесими арматуралар билан симметрияк равишда жиҳозланганда, яъни  $A_s = A'_s$  бўлганда, синфлари А-II ва А-III бўлган арматуралар учун  $R_s = R_{sc}$  эканлигини эътиборга олиб, сиқилиш зонасининг баландлиги куйидаги формуладан аниқланади

$$x = \frac{N}{R_b \cdot b}. \quad (5.18)$$

Сиқиладиган ҳамда чўзиладиган арматураларнинг кесим юзалари эса, куйидаги формуладан топилади

$$A_s = A'_s = \frac{N \left( e - h_0 + 0,5 \frac{N}{R_b \cdot b} \right)}{R_{sc} (h_0 - a')}. \quad (5.19)$$

#### Кесимни $\xi > \xi_R$ бўлган ҳол буйича ҳисоблаш.

Бу ҳол буйича элемент кесимида ҳосил бўладиган кучланиш ва зўриқишлар схемаси 5.9, б расмда кўрсатилган. Кесим мустаҳкамлигини бу ҳол буйича ҳисоблашда ҳам,  $\xi \leq \xi_R$  бўлган ҳол учун фойдаланилган шартлар асос қилиб олинади, лекин бўйлама кучдан узоқ жойлашган  $A_s$  арматурадаги кучланиш чегаравий ҳолатда ҳисобий қаршилиги  $R_s$  га етмаганлиги сабабли, ҳисоблаш формулаларида арматурадаги кучланиш (4.38) формуладан аниқланади. Бу ҳолатда ҳам кесим мустаҳкамлиги (4.11) шартдан текширилиб, сиқилиш зонасининг баландлиги  $x$  эса, куйидаги формуладан аниқланади

$$x = h_0 \frac{(1 - \xi_R)(N - R_{sc} \cdot A'_s) + (1 + \xi_R) \cdot R_s \cdot A_s}{(1 - \xi_R) \cdot R_b \cdot b h_0 + 2 \cdot R_s \cdot A_s}. \quad (5.20)$$

Марказмас сиқиладиган элементларда бўйлама кучнинг ҳисобий елкаси  $e_{of} = 0$  бўлганда (элемент шартли равишда марказий сиқилганда), сиқилиш зонасининг баландлиги  $h$  га тенг бўлиб, сиқилиш зонасининг нисбий баландлиги  $\xi = h/h_0 = (1 + a/h_0) \approx 1, 1$ . Бу ҳолатда  $A_s$  арматура сиқилган бўлиб, ундаги кучланиш -  $R_s$  га тенг бўлади. Сиқиладиган ва чўзиладиган арматураларнинг кесим юзалари куйидаги формулалардан топилади;

$$A'_s = \frac{N \cdot e - 0,5 \cdot R_b \cdot b \cdot h_0^2}{R_{sc} (h_0 - a')}; \quad (5.21)$$

$$A_s = \frac{N - R_b \cdot b \cdot h - R_{sc} \cdot A'_s}{R_s}. \quad (5.22)$$

Агар  $A_s$  арматурадаги кучланишнинг миқдори нолга тенг бўлса, (4.38) формуладан сиқилиш зонасининг нисбий баландлиги  $\xi = 0,5 (1 + \xi_R)$  га тенг бўлади, сиқиладиган арматуранинг кесим юзаси эса, куйидаги формуладан топилади

$$A'_s = \frac{N - 0,5(1 + \xi_R) \cdot R_b \cdot b \cdot h_0}{R_{sc}}. \quad (5.23)$$

Бу ҳолатда  $A_s$  арматуранинг кесим юзаси амалий талаблар буйича  $A_s = \mu_{\min} \cdot b h_0$  миқдорда қабул қилинади.

Умуман,  $\xi > \xi_R$  бўлган ҳолда  $A_s$  ва  $A'_s$  арматураларнинг кесим юзалари бир неча марта такрорий танлаш йўли билан топилади.

#### 2. Кўндаланг кесими тавр ва қўштавр шаклида бўлган элементлар

Кўндаланг кесими тавр ва қўштавр шаклида бўлган сиқиладиган элементларни мустаҳкамлик буйича ҳисоблашда икки ҳол учрайди: 1) тавр ва қўштавр кесимларни чўзиладиган ҳамда сиқиладиган зоналарга ажратувчи нейтрал ўқ рафда жойлашган бўлади, яъни  $x \leq h'_f$  (5.10, а расм); 2) нейтрал ўқ қовурғани кесиб ўтади, яъни  $x > h'_f$  (5.10, б расм).

Тавр ва қўштавр шаклидаги кесимларга эга бўлган элементлар I ҳол буйича кесими тўғри тўртбурчак шаклга эга бўлган элементлардек ҳисобланади. Ҳисоблаш формулаларида  $b = b'_f$  қабул қилинади.

Тавр ва қўштавр шаклидаги кесимга эга бўлган элементларнинг мустаҳкамликларини 2 ҳол буйича эластик-пластик жисмлар назарияси асосида ҳисоблашда икки ҳолат учрайди: 1) тавр кесимнинг рафи ёки унинг бир қисми пластик ҳолатда ишлайди, яъни  $\lambda x \leq h'_f$  (5.11, а расм);

2) тавр кесимнинг рафи ҳамда қовурға кесимининг бир қисми пластик ҳолатда ишлайди яъни  $\lambda X \leq h'_f$  (5.11, б расм).

Тавр кесимлар  $\lambda x \leq h'_f$  бўлган ҳолат буйича ҳисоблаганда, мустаҳкамлик куйидаги шартдан текширилади

$$N \cdot e \leq M_u + R_{sc} \cdot A'_s (h_0 - a'), \quad (5.24)$$

бу ерда  $M_u$ - тавр кесим қабул қила оладиган чегаравий момент, (4.66) формуладан топилади.

Сиқилиш зонасининг баландлиги куйидаги тенгламадан аниқланади:  $\xi_m \leq \xi_{mR}$  шарт бажарилганда-

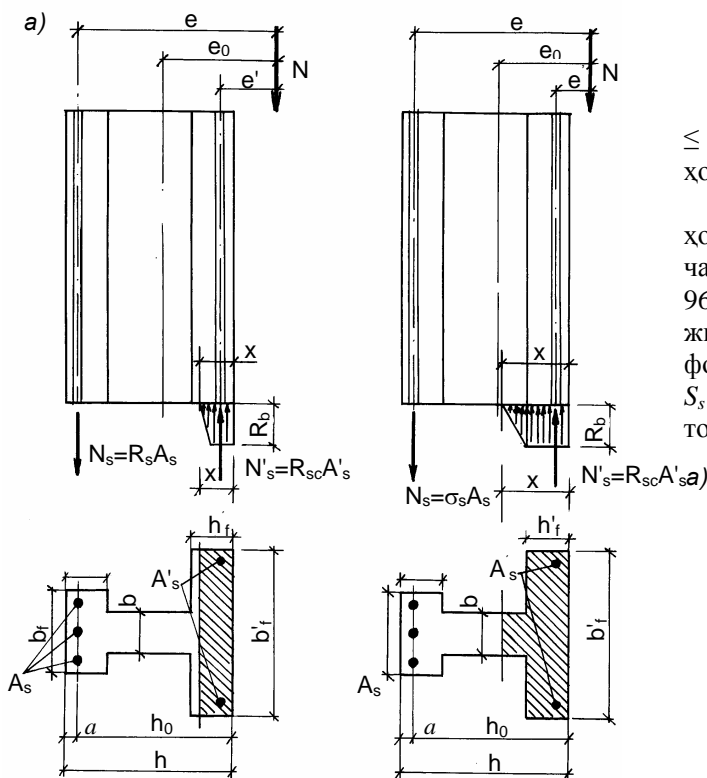
$$(1 - \lambda^2) R_b \cdot b'_f x^2 - R_b (b'_f - b) (x - h'_f)^2 = 2(1 - \lambda) \cdot N \cdot X; \quad (5.25)$$

$\xi_m > \xi_{mR}$  бўлганда-

$$(1 - \lambda^2) \cdot R_b \cdot b'_f \cdot x^2 - R_b (b'_f - b) (x - h'_f)^2 = 2(1 - \lambda) (N + \sigma_s \cdot A_s - R_{sc} \cdot A'_s) \cdot x, \quad (5.26)$$

бу ерда арматурадаги  $\sigma_s$  кучланиш (4.27) формуладан топилади.

б)



5.10 расм Тавр ва қўштавр шаклидаги кесимларга эга бўлган марказмас сиқиладиган элементларни ҳисоблашга доир

Тавр кесимлар  $\lambda x > h'_f$  бўлган ҳолат бўйича ҳисоблаганда, мустаҳкамлик (5.24) шартдан текширилади. Бунда  $M_u$  моментнинг қиймати (4.84) формуладан топилади.

Сиқилиш зонасининг баландлиги қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$\xi_m \leq \xi_{mR}$  бажарилганда-

$$R_b(b'_f - b) \cdot h'_f + 0,5(1 - \lambda) \cdot R_b \cdot b \cdot x = N; \quad (5.27)$$

$\xi_m > \xi_{mR}$  бўлганда эса,

$$R_b(b'_f - b) \cdot h'_f + 0,5(1 + \lambda) \cdot R_b \cdot b \cdot x - \sigma_s A_s + R_{sc} \cdot A'_s = N, \quad (5.28)$$

бу ерда арматурадаги  $\sigma_s$  кучланиш (4.27) формуладан топилади.

Биринчи ( $x \leq h'_f$ ) ва иккинчи ( $x > h'_f$ ) ҳоллар ўртасидаги чегаравий шарт (5.27) тенгламадан  $x = h'_f$  қабул қилиб аниқланади, яъни

$$N \leq 0,5(1 + \lambda) \cdot R_b \cdot b'_f \cdot h'_f. \quad (5.29)$$

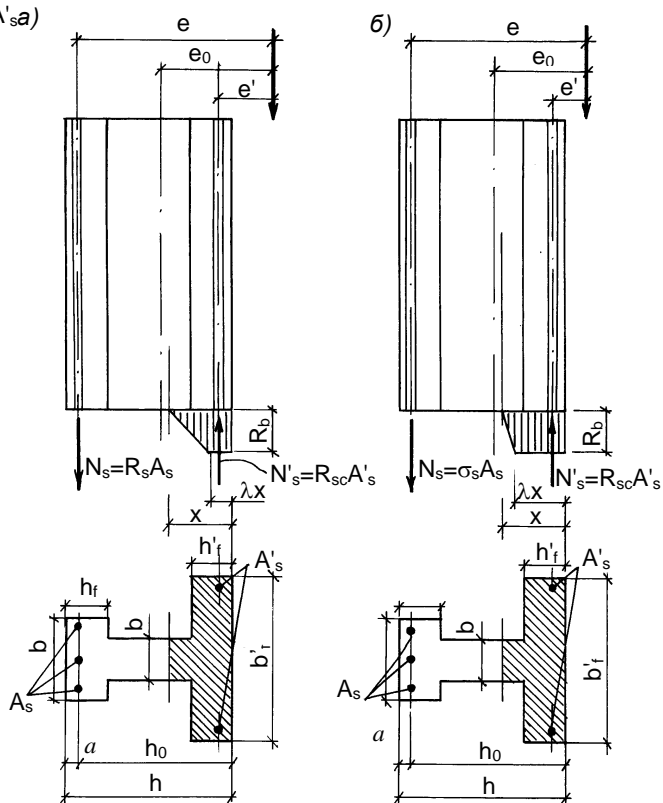
Агар (5.29) шарт бажарилса, кесим биринчи ( $x \leq h'_f$ ) ҳолат бўйича, акс ҳолда эса, иккинчи ҳолат бўйича ( $x > h'_f$ ) ишлайди.

Биринчи ( $\lambda x \leq h'_f$ ) ва иккинчи ( $\lambda x > h'_f$ ) ҳолатлар ўртасидаги чегаравий шарт (5.27) тенгламадан  $x = h'_f / \lambda$  қабул қилиб аниқланади яъни

$$N \leq R_b(b'_f - b)h'_f + \frac{1 + \lambda}{2 \cdot \lambda} \cdot R_b \cdot b'_f h'_f. \quad (5.30)$$

Агар (5.30) шарт бажарилса, кесим биринчи ( $\lambda x \leq h'_f$ ) ҳолат бўйича акс ҳолда эса, иккинчи ( $\lambda x > h'_f$ ) ҳолат бўйича ишлайди.

Тавр ва қўштавр кесимлар мустаҳкамлигини 2 ҳол бўйича бикр-пластик жисмлар назарияси бўйича (қурилиш меъёри ва қоидалари - ҚМваҚ 2.03.01-96 методикаси) ҳисоблаганда эластик-пластик жисмлар назарияси бўйича олинган ҳисоблаш формулаларида  $\lambda = 1$  қабул қилиш кифоя, Бўйлама  $S_s$  арматурадаги кучланиш эса (4.38) формуладан топилади.

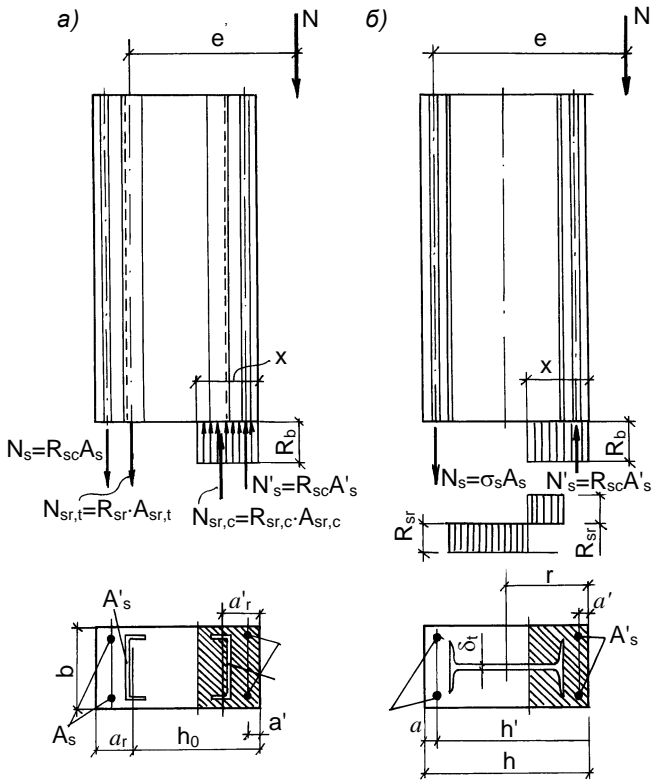


5.11 расм Тавр ва қўштавр шаклидаги кесимларга эга бўлган элементларни 2 ҳол бўйича ҳисоблашга доир

### 5.3. Бикр арматура билан жиҳозланган сиқиладиган элементлар

Бикр арматуралар сиқиладиган элементларнинг кўндаланг кесими ўлчамларини камайтириш мақсадида ва яхлит бетондан тикланадиган баланд биноларда қолипларни кўтариб туриш учун қўлланиладиган мураккаб ва қиммат бўлган тиргақларни тежаш талаб қилинадиган ҳолларда ишлатилади. Биноларни тиклаш жараёнида қолип ва яхлит бетоннинг оғирлигидан ҳосил бўладиган юкларни бикр арматура қабул қилади. Яхлит бетон қотиб, маълум мустаҳкамликка эришгандан сўнг бикр арматура темир-бетон конструкцияси таркибида бетон билан бирга ишлайди ва эксплуатация шаро-

итида пайдо бўладиган юкларни биргаликда қабул қилади. Бикр арматураларнинг самарадорлиги доимий таъсир қиладиган юкларнинг миқдорига боғлиқ бўлиб, доимий юк тўлиқ юклар миқдорига нисбатан қанча кам бўлса, самарадорлик шунча юкори бўлади. Бикр арматуралар сифатида кўштавр (5.12,а расм), швеллер (5.12,б расм) ва бошқа шаклдаги прокат пўлатлар ишлатилади.



5.12 расм Бикр арматура билан жиҳозланган марказмас сиқиладиган элементларни ҳисоблашга доир

Бикр арматуранинг кўндаланг кесим юзаси, бинони тиклаш жараёнида ҳосил бўладиган юкларни қабул қилиш шартидан, элемент кўндаланг кесими юзасининг 3...8 % миқдорига қабул қилинади. Бикр арматуранинг кўндаланг кесим юзаси элемент кўндаланг кесими юзасининг 15% ни ташкил қилиб, элементи кўндаланг стерженлар билан жиҳозланган бўлса, бикр арматуранинг бетон билан ишлаши бузилиш содир бўлгунча таъминланади. Бунда бетон ва бикр арматурадаги кучланишларнинг миқдори  $R_b$  ва  $R_{sr}$  га тенг бўлади. Бикр арматуранинг кўндаланг кесим юзаси жуда катта бўлган тақдирда эса ( $\mu_s > 15\%$ ), бетон билан бикр арматуранинг биргаликда ишлаши таъминланмайди ва бетон фақат ҳимоя қобиғи ролини ўйнайди.

Бикр арматуралар билан жиҳозланган сиқиладиган элементлар ҳам стерженли арматуралар билан жиҳозланган сиқиладиган элементлардек 5.2 параграфда келтирилган шартлар асосида ҳисобланади. Фақат бу ерда, элемент сиқиладиган зонасининг юзаси бикр арматуранинг мос бўлган юзасига камайтиради. Бу ҳолат ҳисобларда бикр

арматуранинг ҳисобий қаршилигини  $R_b$  га камайтириш билан эътиборга олинади.

Марказмас сиқиладиган элементнинг сиқиладиган ва чўзиладиган (ёки кам сиқиладиган) зоналарида бикр арматуралар 5.12, а расмда кўрсатилгандек жойлаштирилган бўлса, бундай элементнинг мустаҳкамлиги стерженли арматуралар билан жиҳозланган элементларнинг мустаҳкамлигини ҳисоблагандек бажарилади. Бу ерда кесимнинг ишчи баландлиги сифатида чўзиладиган (ёки кам сиқиладиган) зонада жойлашган бикр ҳамда стерженли арматуралар юзасининг оғирлик марказидан сиқилган қиррагача бўлган масофа қабул қилинади.

5.12, а расмда кўрсатилган схема бўйича жиҳозланган элементнинг мустаҳкамлиги қуйидаги шартдан текширилади:

$$N \cdot e \leq R_b \cdot b \cdot x (h_0 - 0,5 \cdot x) + R_{sc} \cdot A'_s (h_0 - a'_r) + (R_{sr} - R_b) \cdot A_{sr,c} (h_0 - a'_r) \quad (5.31)$$

Сиқилиш зонасининг баландлиги  $X$  қуйидаги тенгламадан аниқланади.

$$N = R_b \cdot b \cdot x + R_{sc} \cdot A'_s - R_s \cdot A_s + (R_{sr} - R_b) \cdot A_{sr,c} - R_{sr} \cdot A_{sr,t} \quad (5.32)$$

Синфи В25 ва ундан паст бўлган бетонлардан тайёрланадиган элементлар учун  $x > \xi_R h_0$  бўлган ҳолда, мустаҳкамлик (5.31) шартдан текширилиб, сиқилиш зонасининг баландлиги эса, қуйидаги формуладан аниқланади

$$x = h_0 \cdot \frac{[N - (R_{sr} - R_b) \cdot A_{sr,c} - R_{sc} \cdot A'_s] \cdot (1 - \xi_R) + \rightarrow + (R_{sr} \cdot A_{sr} + R_s \cdot A_s) (1 - \xi_r)}{(1 - \xi_r) \cdot R_b \cdot b \cdot h_0 + \rightarrow + 2 \cdot (R_{sr} \cdot A_{sr,t} + A_s \cdot R_s)} \quad (5.33)$$

бу ерда  $\xi_r$  (4.28) формуладан топилади.

Бикр арматура билан жиҳозланган марказмас сиқиладиган элемент 5.12,б расмда кўрсатилгандек бўлса, мустаҳкамлик қуйидаги тенгламадан аниқланадиган сиқилиш зонасининг баландлигига қараб ҳисобланади:

$$N = (R_b \cdot b + 2 \cdot R_{sr} \cdot \delta_t) \cdot x + R_{sc} \cdot A'_s - 2 \cdot R_{sr} \cdot \delta_t \cdot r - R_s \cdot A_s - R_b \cdot A_{sr,c} \quad (5.34)$$

Агар (5.34) ифодадан топиладиган сиқиладиган зонанинг баландлиги  $a'_r < x < \xi_R h_0$  шартни қаноатлантирса, мустаҳкамлик қуйидаги шартдан текширилади

$$N \cdot e \leq R_b \cdot b \cdot x (h' - 0,5 \cdot x) + R_{sc} \cdot A'_s (h' - a'_r) + R_{sr} [W_{pj} - \delta_t (r - x) \cdot (2 \cdot h' - r - x)] - R_b \cdot \frac{W_{pj}}{2} \quad (5.35)$$

Бикр арматуралар билан жиҳозланган марказ-

мас сиқиладиган элементларни ҳисоблашда тасодифий елка  $e_a$  ва бўйлама куч таъсиридан элементнинг эгилиши эътиборга олинади.

#### 5.4. Сиқиладиган элементларни ҳисоблашда бўйлама эгилишни эътиборга олиш

5.2 ва 5.3 параграфларда марказмас сиқиладиган элементларни ҳисоблаш учун келтирилган формулалар эгилувчанлиги  $l_0/i \leq 14$  (кесими тўғри тўртбурчак шаклида бўлган элементлар учун эса,  $l_0/\eta \leq 4$ ) бўлган элементлар учун ўринли бўлиб, эгилувчанлиги  $l_0/i > 14$  ( $l_0/\eta > 4$ ) бўлган элементлар учун бўйлама куч таъсиридан эгилиши натижасида деформацияланиш ҳолатини эътиборга олмайди.

Материаллар қаршилиги курсидан маълумки марказмас сиқиладиган элементларнинг эгилиши натижасида (5.13 расм) бўйлама кучнинг дастлабки елкаси катталашиб, дастлабки эгувчи моментнинг ҳам қиймати ошади, яъни  $M = N(e + f)$ . Натижада элементнинг юк кўтариш қобилияти камайиб, бузилиши эса, унинг устиворлигини йўқотиши натижасида содир бўлади. Бундай элементларнинг мустаҳкамлиги унинг деформацияланган ҳолати бўйича ҳисобланади. Бироқ, сиқиладиган темир-бетон элементларни деформацияланган ҳолати бўйича бетоннинг пластик деформацияланиши ва элемент чўзилган зонасида ёриқларнинг пайдо бўлишини эътиборга олиб ҳисоблаш жуда мураккаб бўлганлиги сабабли, амалий ҳисобларда элементнинг деформацияланишини эътиборга олмасдан унинг эгилиши натижасида бўйлама кучнинг дастлабки елкаси  $e_o$  коэффициентга кўпайтирилиб катталаштирилади, яъни

$$e_o = (e_{oN} + e_a)\eta + h/2 - a, \quad (5.36)$$

бу ерда  $\eta$  - эгилишнинг бўйлама куч елкасига таъсирини эътиборга оладиган коэффициент, қуйидаги формуладан топилади

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}}; \quad (5.37)$$

$N_{cr}$  - Эйлер бўйича шартли критик куч.

Қурилиш меъёри ва қоидалари бўйича шартли критик кучнинг қиймати қуйидаги формуладан аниқланади

$$N_{cr} = \frac{6,4}{l_o^2} \left[ \frac{J}{\varphi_l} \left( \frac{0,11}{0,1 + \frac{\delta_e}{\varphi_p}} + 0,1 \right) + \alpha J_s \right], \quad (5.38)$$

бу ерда  $J$  - бетон кесимининг элемент кесими оғирлик марказига нисбатан инерция momenti;  $J_s$  - арматура кесим юзасининг элемент кесими оғирлик марказига нисбатан инерция momenti;  $\varphi_l$  - чегаравий ҳолатда давомли юкларнинг элемент салқилигига таъсирини эътиборга оладиган коэффициент,

қуйидаги формуладан аниқланади

$$\varphi_l = 1 + \beta \frac{M_l}{M} \quad (5.39)$$

ва  $1 + \beta$  дан катта қабул қилинмайди;  $\beta$  - бетоннинг хилига боғлиқ бўлган коэффициент 5.1 жадвалдан олинади;  $M$  - элементнинг чўзилган ёки кам сиқилган қиррасига яқин жойлашган арматуранинг кўндаланг кесими оғирлик марказидан ўтган ўққа нисбатан доимий, давомли ва муваққат юклардан олинган момент;  $M_l$  - худди шундай, доимий ва давомли юклардан олинган момент;  $l_0$  - элементнинг ҳисобий узунлиги;  $\varphi_p$  - олдиндан таранглаштириладиган бўйлама арматуранинг бикрликка таъсирини эътиборга оладиган коэффициент, арматураси таранглаштирилмаган элементлар учун  $\varphi_p=1$ .

5.1 жадвал

Бетоннинг хили	$\beta$ коэффициенти
1. Оғир бетон	1,0
2. Майда донали бетон:	
А группаси учун	1,3
Б группаси учун	1,5
В группаси учун	1,0
3. Катта ва майда сунъий тўлдирувчилардан тайёрланган энгил бетон:	
зич бўлганда	1,0
ковакли булганда	1,5
Табий тўлдирувчилардан тайёрланган энгил бетонлар учун	2,5
4. Ковакли бетон	2,0
5. Ғовакли бетон	
автоклавада тайёрланган бўлса	1,3
автоклавадан тайёрланган бўлса	1,5

Критик кучнинг қийматини ҳисоблашда  $\delta_e$  коэффициентнинг қиймати  $e_o/h$  қабул қилинади ва

$$\delta_{e_{\min}} = 0,5 - 0,01 \frac{l_0}{n} - 0,01 \cdot R_b \quad (5.40)$$

қийматдан кам қабул қилинмайди;  $R_b$  - МПа ҳисобида қабул қилинади.

Марказмас сиқиладиган элементни ҳисоблашда критик кучнинг қиймати элементнинг ҳисобий узунлиги  $l_0$  га боғлиқ, бўлиб, қуйидагича қабул қилинади: элемент таянчларга икки томони билан бикр қилиб маҳкамланган бўлса  $l_0 = 0,5H$ ; бир томони билан қистириб, илгирчи томони билан эса шарнир орқали бириктирилган бўлса  $l_0 = 0,7H$ ; икки томони билан ҳам шарнир орқали бириктирилган бўлса  $l_0 = H$  қабул қилинади;  $H$  - элементнинг геометрик узунлиги.

Ровоқларининг сони иккитадан кам бўлмаган кўп ровоқли биноларнинг устунлари учун ригеллар устунларга бикр қилиб маҳкамланган бўлиб, шиптом конструкцияси йиғма бўлганда ҳисобий узунлик  $l_0 = H$ , яхлит бўлганда эса  $l_0 = 0,7H$  қабул қилинади,  $H$  - қават баландлиги (тугунлар мар-

казлари орасидаги масофа).

Ферма ва арка элементларининг ҳисобий узунликлари иловада келтирилган 3 жадвалдан қабул қилинади.

Бир қаватли саноат биноларининг устунлари ўз текислигида бикр бўлган том конструкциялари билан шарнир орқали бириктилганда, устунларнинг ҳисобий узунликлари иловада келтирилган 4 жадвалдан қабул қилинади.

**Мисол: 25.** Темир-бетон устуннинг мустаҳкамлиги аниқлансин.

Берилган: Устун кўндаланг кесим ўлчамлари  $b \times h = 40 \times 40$  см; Устун баландлиги  $H = 6$  м. Бетон синфи В30 ( $R_b = 17,0$  МПа,  $\gamma_{b2} = 0,9$ ). Устун А III синфли арматура билан арматураланган.  $R_s = 365$  МПа. Бўйлама куч  $N = 3000$  кН. Бўйлама кучнинг узоқ вақт таъсир қиладиган қисми  $N_g = 2100$  кН. Устун пойдеворга бикр қилиб, ригел билан эса шарнир орқали бириктилган. Келтириш коэффициентини  $\mu = 0,7$ .

**Ечим.** Устуннинг ҳисобий узунлиги

$$l_0 = \mu \cdot H = 0,7 \times 6,0 = 4,2 \text{ м.}$$

Устун эгилювчанлиги  $\lambda_h = l_0 / h = 4,2 / 0,4 = 10,5 < 20$ .  
 $\varphi = 1$  қабул қилиниб устун учун арматуранинг дастлабки юзаси аниқланади

$$(A_s + A'_s) = (N / \varphi - R_b A_c) / R_{sc} = \\ = (3000 \times 10^3 / 1 - 17,0 \times 160000) / 365 = 767 \text{ мм}^2.$$

Топилган арматура юзаси буйича  $4\varnothing 16$  А-III ( $A_s + A'_s$ ) = 804 мм<sup>2</sup> стержен қабул қилинади.

Қуйидаги микдорлар аниқланади:

$$\alpha = \frac{R_{sc} A_s}{R_b A_b} = \left( \frac{365 \times 8,04}{17,0 \times 1600} \right) = 0,108.$$

$$N_g / N = 2100 / 3000 = 0,7.$$

Устун кесимидаги ўрта стерженлар сони  $n=0$  бўлганлиги учун  $A_{si} = 0$ . У вақтда

$$A_{si} = 0 < A_s / 3.$$

Иловадаги 3 жадвалдан топилган қийматларга мос бўлган  $\varphi_b$  ва  $\varphi_{sb}$  коэффициентлар аниқланади:  $\varphi_b = 0,896$  ва  $\varphi_{sb} = 0,906$ .

Коэффициент  $\varphi$

$$\varphi = \varphi_b + 2(\varphi_{sb} - \varphi_b) \frac{R_{sc} \cdot A_{s,tot}}{R_b \cdot A_c} = \\ = 0,896 + 2(0,906 - 0,896) \frac{365 \times 8,04}{17,0 \times 1600} = \\ = 0,898 = \varphi_{sb} = 0,906.$$

Талаб қилинадиган арматура кесим юзаси

$$(A_s + A'_s)_2 = (3000 \times 10^3 / 0,898 - 17,0 \times 160000) / 365 = \\ = 1700,0 \text{ мм}^2.$$

Топилган арматура юзаси буйича  $6\varnothing 20$  А-III ( $A_s + A'_s$ ) = 1885 мм<sup>2</sup> стержен қабул қилинади.

Арматура юзаси дастлаб қабул қилинган арматура юзасидан катта фарқ қилганлиги учун учинчи марта арматура юзаси аниқланади.

Коэффициент

$$\alpha = \frac{R_{sc} A_s}{R_b A_b} = \left( \frac{365 \times 18,85}{17,0 \times 1600} \right) = 0,253$$

$$N_g / N = 2100 / 3000 = 0,7.$$

Устун кесимидаги ўрта стерженлар сони  $n=0$  бўлганлиги учун  $A_{si} = 0$ . У вақтда

$$A_{si} = 0 < A_s / 3.$$

Иловадаги 3-жадвалдан топилган қийматларга мос бўлган  $\varphi_b$  ва  $\varphi_{sb}$  коэффициентлар аниқланади:  $\varphi_b = 0,896$  ва  $\varphi_{sb} = 0,906$ .

Коэффициент  $\varphi$

$$\varphi = \varphi_b + 2(\varphi_{sb} - \varphi_b) \frac{R_{sc} \cdot A_{s,tot}}{R_b \cdot A_c} = \\ = 0,896 + 2(0,906 - 0,896) \frac{365 \times 8,04}{17,0 \times 1600} = \\ = 0,901 < \varphi_{sb} = 0,906$$

Талаб қилинадиган арматура кесим юзаси

$$(A_s + A'_s)_2 = (3000 \times 10^3 / 0,901 - 17,0 \times 160000) / 365 = \\ = 1670,0 \text{ мм}^2.$$

$$\Delta\mu = \frac{17000 - 16700}{16700} \approx 0,02 < 0,05.$$

Фарқ унча катта бўлмаганлиги сабабли устун кесимини жиҳозлаш учун  $6\varnothing 20$  А-III стерженлар қабул қилинади. Фарқ катта бўлган тақдирда арматура кесим юзаси такроран топилади.

**Мисол 26.** Бир қаватли крансиз бинонинг номарказий сиқилган устуни учун бўйлама арматура танлансин.

Берилган: устун кўндаланг кесим ўлчамлари:  $b \times h = 40 \times 60$  см; бетон синфи В30 ( $R_b = 17,0$  МПа;  $E_b = 32,5 \cdot 10^3$  МПа); бетон ишлаш шароитини ҳисобга оладиган коэффициент  $\gamma_{b2} = 1,0$ . Устун баландлиги  $6,0$  м. Устун А III синфли арматура билан арматураланади.  $R_s = 365$  МПа;  $R_{sc} = 365$  МПа,  $E_s = 20 \cdot 10^4$  МПа. Бинога таъсир қиладиган юклар таъсиринан устун кесимида ҳосил бўладиган зўриқишлар: доимий, давомли ва муваққат юклардан  $N = 800$  кН;  $M = 340$  кН·м. доимий ва давомли юклардан.  $N_e = 500$  кН;  $M_l = 240$  кН·м.

**Ечими:** Бўйлама арматуралар оғирлик марказларидан мос қирраларгача бўлган масофалар  $a_s = a'_s = 4$  см қабул қилинади ва қуйидагилар ҳисобланади:  $h_o = h - a = 60 - 4 = 56$  см.  $Z_s = h_o - a'_s = 56 - 4 = 52$  см. ҚМҚ [15] нинг 31 жадвалидан бир қаватли крансиз бино устуни учун ҳисобий узунлик аниқланади:  $l_0 = 1,5H = 1,5 \times 6 = 9$  м.  $l_0 / h = 900 / 600 = 15$ .

Дастлаб  $(A_s + A'_s) / (b \cdot h_o) = 0,015$  қабул қилиб, (5.38) формуладан критик  $N_{cr}$  куч микдори ҳисобланади.

Қуйидагилар ҳисобланади:

$$\alpha = E_s / E_b = 20 \times 10^4 / 32,5 \times 10^3 = 6,15:$$

$$e_a = \frac{1}{30} h = \frac{1}{30} 600 = 2 \text{ см} >$$

$$\frac{1}{600} l_0 = \frac{1}{600} 900 = 1,5 \text{ см} > 1 \text{ см.}$$

$e_a = 2 \text{ см}$  қабул қилинади.

Ташқи куч эксцентриситети

$$e_o = \frac{M}{N} + e_a = \frac{340 \times 10^6}{800 \times 10^3} + 20 \text{ мм} = 445 \text{ мм} = 44,5 \text{ см.}$$

Нисбий елка  $\delta_e = e_o / h = 44,5 / 60 = 0,74 > \delta_{e,\min} = 0,315$ ; бу ерда (5.40) формулада [6]

$$\delta_{e,\min} = 0,5 - 0,01 \frac{l_0}{h} - 0,01 R_b =$$

$$= 0,5 - 0,01 \cdot \frac{9000}{600} - 0,01 \cdot 17 = 0,315.$$

(5.38) формуладан  $N_{cr}$  куч

$$N_{cr} = \frac{6,4 \cdot 32500}{900^2} \left[ \frac{720000}{1,7} \left( \frac{0,11}{0,1 + \frac{0,74}{1}} + 0,1 \right) + 6,15 \times 24336 \right] = 63550,8 \text{ МПа} \cdot \text{см}^2 = 635 \text{ кН}$$

бу ерда:

$$J = \frac{bh^3}{12} = \frac{40 \cdot 60^3}{12} = 725000$$

$$J_s = \mu_s \cdot A_b \left( \frac{Z_s}{2} \right)^2 = 0,015 \cdot 40 \cdot 60 \left( \frac{52}{2} \right)^2 = 24336 \text{ см}^4.$$

$$\varphi_e = 1 + \beta \frac{M_e}{M} = 1 + 1 \frac{240}{340} = 1,7.$$

(5.36) ва (5.37) формулалардан:

$$e = 445 \cdot 1,144 + \frac{600}{2} - 40 = 769,08 \text{ мм} \approx 76,9 \text{ см};$$

$$e' = 445 \cdot 1,144 - \frac{600}{2} + 40 = 249,08 \text{ мм} \approx 24,9 \text{ см.}$$

$$\eta = \frac{1}{1 - 800/6355} = 1,144.$$

Сиқилиш зонаси баландлиги

$$\xi = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b h_0} = \frac{800 \cdot 10^3}{17 \cdot 400 \cdot 560} = 0,21,$$

бу ерда устун кесими арматура билан симметрик равишда жихозланганлиги учун  $R_s A_s = R_{sc} A'_s$ .

(4.28) формуладан

$$\xi_R = \frac{0,85 \cdot 0,714}{1 + \frac{365 \left( 1 - \frac{0,714}{1,1} \right)}{500}} = 0,4826,$$

бу ерда  $\omega = 0,85 - 0,008 \times 17 = 0,714$ . 0,85 – сейсмиклики эътиборга оладиган коэффициент.

$\xi < \xi_R$  бўлганлиги учун элемент катта елка билан сиқилади. У вақтда

$$A'_s = \frac{N_e - A_R R_b b h_0^2}{R_s (h_0 - a'_s)} = \frac{800 \cdot 10^3 \cdot 769 - 0,366 \cdot 17 \cdot 400 \cdot 560^2}{365 \cdot 520} = \frac{615,2 \cdot 10^6 - 780,5 \cdot 10^6}{365 \cdot 520} < 0,$$

бу ерда

$$A_R = \xi_R (1 - 0,5 \xi_R) = 0,4826 (1 - 0,504826) = 0,366.$$

$A'_s < 0$  бўлганлиги учун элемент сиқилиш зонасига арматура қўйиш талаб этилмайди.

Сиқиладиган арматура конструктив талаб бўйича қабул қилинади.

$l_0/i = 900/17,32 = 52$ .  $35 < l_0/i < 83$  бўлганлиги учун  $\mu_s = 0,2 \%$  қабул қилинади. У вақтда

$$A'_s = 0,002 \cdot b h_0 = 0,002 \times 40 \times 50 = 4,48 \text{ см}^2$$

арматура талаб этилади.

Талаб этилган арматура юзаси бўйича  $2 \text{ } \varnothing 18 \text{ А III}$  ( $A_s = 5,09 \text{ см}^2$ ) қабул қилинади.

Қабул қилинган  $A'_s = 5,09 \text{ см}^2$  арматура бўйича чўзилган арматура кесим юзаси

$$A_m = \frac{N_e - R_{sc} A'_s (h_0 - a'_s)}{R_b b h_0^2} = \frac{800 \cdot 10^3 \cdot 769 - 365 \cdot 509 (560 - 40)}{170 \cdot 400 \cdot 560^2} = \frac{615,2 \cdot 10^6 - 96,6 \cdot 10^6}{213248 \cdot 10^6} = 0,243$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,243} = 0,283$$

$$A_s = \frac{\xi R_b b h_0 - H}{R_s} + A'_s \frac{R_{sc}}{R_s} = \frac{0,283 \cdot 17 \cdot 400 \cdot 560 - 800 \cdot 10^3}{365} + 509 \frac{365}{365} = 12697 \text{ мм}^2$$

Чўзиладиган арматура учун  $3 \text{ } \varnothing 18 \text{ А III} + 3 \text{ } \varnothing 16 \text{ А III}$  ( $A_s = 763 + 603 = 1366 \text{ мм}^2 > 1269,7 \text{ мм}^2$ ) қабул қилинади.

Бўйлама арматуралар орасидаги масофа 400 мм дан катта бўлганлиги учун улар ўртасида диаметри 12 мм бўлган иккита конструктив арматура қўйилади.

Бўйлама арматуралар  $\varnothing 8$  мм бўлган сим билан камраб олинади ва шу кўндаланг арматурага боғланади.  $R_{sc} < 400 \text{ МПа}$  бўлганлиги учун  $S = 15d_{\min} = 15 \times 16 = 240 \text{ мм} < 500 \text{ мм}$  қабул қилинади. Кўндаланг арматура қадами 200 мм қабул қилинади.

**Мисол 27.** Самарқанд шаҳрида қуриладиган бир қаватли саноат биносининг темир-бетон устуни мустаҳкамлиги текширилсин.

Берилган  $b \times h = 40 \times 80,0 \text{ см}$ ; Бетон синфи В35,  $R_b = 19,5 \text{ МПа}$ ;  $E_b = 34,5 \cdot 10^3 \text{ МПа}$ .  $\gamma_{b2} = 0,9$ . Арматура син-

фи АШ:  $A_s = 15,27 \text{ см}^2$  (6 Ø 18);  $A'_s = 7,63 \text{ см}^2$  (3Ø18);  
 $R_{sc} = R_s = 365 \text{ МПа}$ .  $H = 4,5 \text{ м}$ .  $l_0 = 6,75 \text{ м}$ .  $\lambda = l_0/h =$   
 $= 8,43 > 4$ . Бўйлама куч миқдори  $N = 1200,0 \text{ кН}$ . Эгу-  
 вчи момент  $M = 800 \text{ кНм}$ .  $N_1 = 1500 \text{ кН}$ .  $M_1 = 500 \text{ кНм}$ .  
 $E_s = 20 \cdot 10^4 \text{ МПа}$ .

(5.12) формуладан сиқилиш зонаси баландлиги

$$X = \frac{N + R_s \cdot A_s - R_{sc} \cdot A'_s}{R_b b} =$$

$$= \frac{2000 \cdot 10^3 + 365 \cdot 1527 - 365 \cdot 763}{17,55 \cdot 400} = 245,2 \text{ мм.}$$

$$\xi_R = \frac{0,85 \cdot 0,710}{1 + \frac{365}{500}(1 - 0,710/1,0)} = \frac{0,6035}{1,2588} = 0,479,$$

бу ерда  $\omega = 0,85 - 0,008 \cdot 17,55 \approx 0,71$ .

$$\xi = \frac{245,2}{750} = 0,327 < \xi_R = 0,479$$

бўлганлиги учун устун катта елка билан сиқилади.  
 Куч елкаси

$$e_o = \frac{M}{N} = \frac{800}{2000} = 0,4 \text{ м} = 40 \text{ см};$$

тасоддий елка

$$l_a = \frac{1}{30} = 2,67 \text{ см} > \frac{l_0}{600} = \frac{675}{600} = 1,125 \text{ см} > 1 \text{ см.}$$

Критик куч

$$N_{cr} = \frac{6,4 \cdot 34,5 \cdot 10^3}{(675)^2} \left[ \frac{1,706 \cdot 10^6}{1,625} \left( \frac{0,11}{0,1 + \frac{0,5}{1,0}} \right) + \right.$$

$$\left. + 5,8 \cdot 28052 \right] = 261939 \text{ МПа} \cdot \text{см}^2 \approx 26194 \text{ кН},$$

бу ерда:

$$J_b = \frac{40 \cdot 80^3}{12} = 1,706 \cdot 10^6 \text{ см}^4;$$

$$\varphi_e = 1 + \beta \frac{M_e}{M} = 1 + 1,0 \frac{500}{800} = 1,625;$$

$$J_s = A_s^1 \cdot \left( \frac{h}{2} \right)^2 + A_s \left( \frac{Z_s}{2} \right)^2 = (A_s^1 + A_s) \left( \frac{Z_s}{2} \right)^2 =$$

$$= (15,27 + 7,63) \cdot \left( \frac{70}{2} \right)^2 = 28052 \text{ см}^4;$$

$$\delta_e = l_o / h = \frac{40}{80} = 0,5 > \delta_{e \min} = 0,32;$$

$$\delta_{e \min} = 0,5 - 0,01 \frac{40}{80} - 0,01 \cdot 17,55 \approx 0,32;$$

$$N_{cr} = \frac{1}{1 - \frac{2000}{22300}} \approx 1,1.$$

Экстриситет

$$e = l_0 \eta + \frac{4}{2} a_s = 400 + 1,1 + \frac{800,6}{2} - 50 = 790 \text{ мм}$$

Мустаҳкамлик

$$M = 2000 \cdot 0,79 = 1580 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

$$M_u = 17,55 \cdot 400 \cdot 245,2 (750 - 0,5 \cdot 245,2) +$$

$$+ 365 \cdot 763 (750 - 50) = 1,08 \cdot 10^9 + 0,195 \cdot 10^9 =$$

$$= 1,275 \cdot 10^9 = 1275 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

$M > M_u$  бўлганлиги учун кесим мустаҳкамлиги таъминланмаган.

Бу ҳолатда арматура кесим юзаси катталаштирилади.

$$A_s = 2945 \text{ мм}^2 \text{ (6 Ø 25 А III)} > A_s = 1527 \text{ мм}^2;$$

$$A_s^1 = 1473 \text{ мм}^2 \text{ (3 Ø 25 А III)} > A_s^1 = 763 \text{ мм}^2.$$

Сиқилиш зонасининг баландлиги

$$x = \frac{2000 \cdot 10^3 + 2945 \cdot 365 - 1473 \cdot 365}{17,55 \cdot 400} = 3440 \text{ мм.}$$

$$\xi = \frac{3440}{750} = 0,458 < \xi_R = 479.$$

$$N_{cr} = \frac{6,4 \cdot 34,5 \cdot 10^3}{(675)^2} \left[ \frac{1,706 \cdot 10^6}{1,625} \left( \frac{0,11}{0,1 + \frac{0,5}{1}} + 0,1 \right) + \right.$$

$$\left. + 5,8 \cdot 41907 \right] = 26194 \text{ кН.}$$

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{2000}{26194}} = \frac{1}{0,9236466366} = 1,082$$

$$e = 400 \cdot 1,082 + \frac{800}{2} - 50 = 7828 \text{ мм} = 0,7828 \text{ м.}$$

$$M = 2000 \times 0,7828 = 1565,6 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

$$M_u = 17,55 \cdot 400 \cdot 344 (750 - 0,5 \times 344) +$$

$$365 \cdot 1140 (750 - 50) = 1395,8 \cdot 10^6 + 291,27 \cdot 10^6 =$$

$$= 1687 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{мм} = 1687 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

$M < M_u$  шарт бажарилаяпти. Устун мустаҳкамлиги таъминланган.

### Такрорлаш учун саволлар

1. Тасоддий ва ҳисобий кучнинг елкалари қандай аниқланади?
2. Сиқилишга ишлайдиган элементларга мисоллар

келтиринг.

3. Сиқиладиган элементлар учун қанақа шаклдаги кесимлар қабул қилинади?

4. Сиқиладиган элементлар арматуралар билан қандай жиҳозланади?

5. Сиқиладиган элементларда кўндаланг стерженлар қанақа вазифани бажаради?

6. Марказмас сиқиладиган элементларнинг I ва 2 ҳол бўйича бузилиш схемалари қандай характерга эга?

7. Ҳисобий елка билан сиқиладиган элементларни ҳисоблаш. учун эластик-пластик жисмлар назарияси бўйича ҳисоблаш формуларларини I ҳол учун келтириб чиқаринг.

8. Ҳисобий елка билан сиқиладиган элементларни ҳисоблаш учун эластик-пластик жисмлар назарияси бўйича ҳисоблаш формуларини 2 ҳол учун келтириб чиқаринг.

9. Сиқиладиган элементларни бикр-пластик жисмлар назарияси бўйича ҳисоблаганда ҳисоблаш формулалари қандай кўринишда ўзгаради?

10. Бикр арматуралар қачон қўлланилади? Бикр арматура билан жиҳозланган элементлар қандай ҳисобланади?

II. Сиқиладиган элементларни ҳисоблашда уларнинг бўйлама эгилиши дандай эътиборга олинади?

12. Критик куч нима ва у қанақа факторларга боғлиқ?

## 6. ЧўЗИЛАДИГАН ЭЛЕМЕНТЛАР

### 6.1. Конструктив хусусиятлар

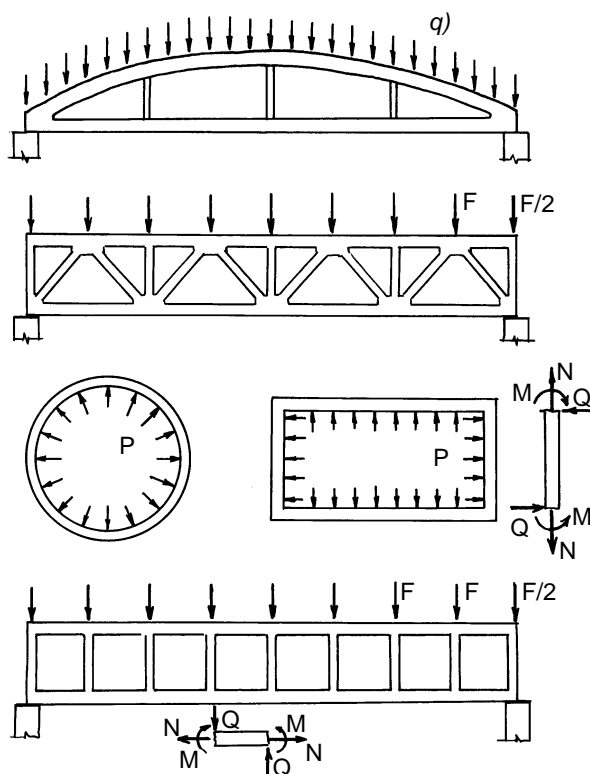
Чўзиладиган элементларга сув ҳавзалари (резервуарлар), сочма материаллар сақланадиган бункер ва силосларнинг деворлари (6.1 расм), фермаларнинг пастки тасмалари (6.2 расм) ва бошқа элементлар мисол бўлади.

Бўйлама чўзувчи  $F$  кучнинг ҳолатига қараб элемент марказий ёки марказмас чўзилган бўлиши мумкин. Бўйлама куч элементнинг бўйлама ўқи бўйича таъсир қилганда марказий чўзилиш содир бўлади. Марказий чўзиладиган элементларга планда айлана шаклида бўлган сув ҳавзаларининг деворлари, аркаларнинг тортмалари ва бошқалар мисол бўлади. Бўйлама куч элементнинг бўйлама ўқиға нисбатан маълум елка билан қўйилган бўлса, элемент марказмас чўзилади. Бунга ҳавонсиз фермаларнинг пастки тасмалари, планда тўғри тўртбурчак шаклдаги сув ҳавзаларининг деворлари ва бошқа элементлар мисол бўлади.

Марказмас чўзиладиган элементларнинг ўзида ҳам, бўйлама  $F$  кучнинг жойлашишига қараб, икки ҳолат учрайди. I ҳолатда бўйлама  $F$  куч чўзиладиган  $S_s$  ва сиқиладиган  $S'_s$  арматуралар оралиғида жойлашадиган бўлса, II ҳолатда эса, бўйлама  $F$  куч  $S_s$  ва  $S'_s$  арматуралар оралиғидан ташқарида жойлашган бўлади.

Ташқи юклар таъсиридан чўзиладиган элементларнинг дарз кетишига кўрсатадиган қаршиликни ошириш учун арматуралари олдиндан танланган-тирилади.

Марказий чўзиладиган элементлар арматуралар билан симметрик равишда жиҳозланиб, бўйлама-арматура элемент кўндаланг кесими бўйича бир хил тақсимланади. I ҳолат бўйича ишлайдиган марказмас чўзиладиган элементлар ҳам арматуралар билан марказий чўзиладиган элементлардек жиҳозланади. II ҳолат бўйича ишлайдиган марказмас чўзиладиган элементлар эса, арматуралар билан эгиладиган элементлардек жиҳозланади.



6.1 расм. Чўзиладиган элементларга мисоллар

Марказмас чўзиладиган элементларда, ҳар иккала ҳолатда ҳам, ишчи арматуранинг кўндаланг кесим юзаси бетон кўндаланг кесим юзасининг 0,05% дан кам бўлмаслиги шарт.

### 6.2. Марказий чўзиладиган элементларни мустаҳкамлик бўйича ҳисоблаш

Марказий чўзиладиган элементларда ҳам, эгиладиган элементлардагидек кучланиш- деформацияланиш ҳолатининг уч босқичи учрайди. Бунда мустаҳкамлик III босқич бўйича текширилади. Кучланиш деформацияланиш ҳолатининг III босқичида элементда пайдо бўлган ёриқлар бўйлама арматураларни кесиб ўтади ва бетон чўзилишга қаршилик кўрсатмайди. Натижада чўзувчи зўриқишларнинг ҳаммасини бўйлама арматуралар



кабул қилиб, арматурадаги кучланишлар чегаравий қаршиликларига етишади.

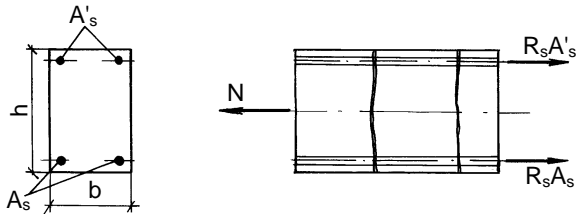
Марказий чўзиладиган элементларнинг мустаҳкамлиги қуйидаги тенгсизлик

$$N \leq R_s (A_s + A'_s) = R_s \cdot \sum A_{si} \quad (6.1)$$

бажарилган ҳолдагина таъминланган бўлади.

### 6.3. Марказмас чўзиладиган элементларни мустаҳкамлик бўйича ҳисоблаш

Юқорида айтганимиздек марказмас чўзиладиган элементларнинг бузилиш характери бўйлама  $F$  куч елкасининг миқдорига боғлиқ бўлади. Бунда икки ҳолат учрайди. I ҳолат бўйича ишлайдиган марказмас чўзиладиган элементларнинг кучланиш ҳолати (6.3, а расм) марказий чўзиладиган элементларнинг кучланиш ҳолатига мос келади. Элементнинг кўндаланг кесими тўлиқ чўзилган бўлиб, унинг узунлиги бўйича пайдо бўлган кўндаланг ёриқлар элементни қисмларга ажратади. Чегаравий ҳолатда, ёриқлар пайдо бўлган кесимларда, бетон чўзилишга ишламайди ва зўриқишларнинг ҳаммасини бўйлама арматуралар қабул қилади. Элементнинг бузилиши бўйлама арматурадаги кучланишларнинг чегаравий қийматга етиш натижасида содир бўлади.

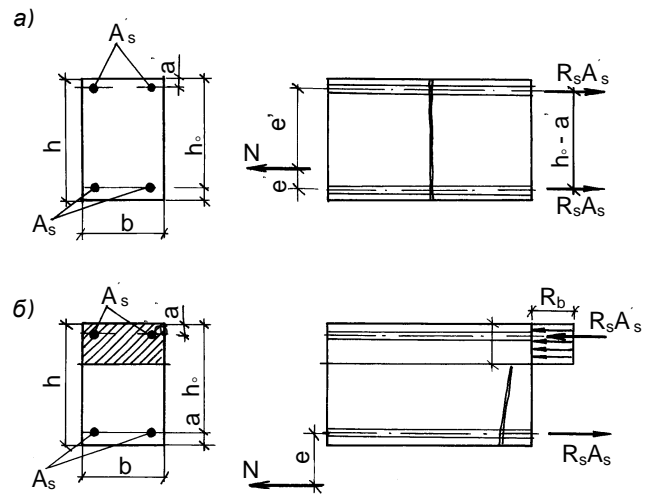


6.2 расм. Марказий чўзиладиган элементларни ҳисоблашга доир

Элементнинг мустаҳкамлигини таъминловчи шартлар  $S_s$  ва  $S'_s$  бўйлама арматураларнинг оғирлик марказларига нисбатан тузилган моментлар тенгламасидан аниқланади. Яъни

$$N \cdot e' \leq R_s \cdot A_s (h_0 - a'); \quad (6.2)$$

$$N \cdot e \leq R_s \cdot A'_s (h_0 - a); \quad (6.3)$$



6.3 расм. Марказмас чўзиладиган элементларни ҳисоблашга доир

Бу формулалар элементларнинг мустаҳкамлигини текшириш ва арматураларнинг юзаларини аниқлаш учун қўлланилади. (6.2) ва (6.3) формулалардан  $A_s$  ва  $A'_s$  арматураларнинг юзаларини аниқлаш учун қуйидаги ифодаларни оламиз:

$$A'_s = \frac{N \cdot e}{R_s (h_0 - a')}; \quad (6.4)$$

$$A_s = \frac{N \cdot e'}{R_s (h_0 - a)} \sigma. \quad (6.5)$$

II ҳолат бўйича ишлайдиган марказмас чўзиладиган элементларнинг кучланиш ҳолати (6.3, б расм) эгиладиган элементларнинг кучланиш ҳолатига мос келади. Бунда элемент кўндаланг кесими икки зонага, сиқиладиган ҳамда чўзиладиган зоналарга ажралади. Чўзилган зонада ёриқлар пайдо бўлиб, бетон ишдан чиқади ва чўзувчи зўриқишларнинг ҳаммасини фақат бўйлама арматура қабул қилади. Элементнинг сиқилган зонасидаги бетон ва арматурадаги кучланишлар ҳамда чўзилиш зонасидаги арматурадаги кучланишларнинг миқдори чегаравий қийматларига етиб, элемент бузилиш ҳолатига келиб қолади.

II ҳолат бўйича ишлайдиган марказмас сиқиладиган элементларнинг мустаҳкамлиги қуйидаги шартдан

$$N \cdot e \leq M_u = R_b b x (h_0 - 0,5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') \quad (6.6)$$

текширилади.

Сиқилиш зонасининг баландлиги қуйидаги формуладан аниқланади

$$x = \frac{R_s \cdot A_s - R_{sc} \cdot A'_s - N}{R_b \cdot b}. \quad (6.7)$$

(6.7) Формуладан аниқланадиган сиқилиш зонасининг баландлиги  $x > \xi_R h_0$  бўлса, (6.6) тенгсизликда  $x = \xi_R h_0$  қабул қилинади.

$x < 0$  бўлган тақдирда эса, элементнинг мустаҳкамлиги I ҳолат бўйича ишлайдиган марказмас чўзиладиган элементлардек (6.2) ва (6.3) формулалардан фойдаланиб текширилади.

Арматуралар билан носимметрик равишда ( $A_s \neq A'_s$ ) жиҳозланган элементларда ( $A_s + A'_s$ ) нинг энг кичик қийматини таъминлаш шартидан ҳисоблаш формулаларида  $x = x_R = \xi_R h_0$  қабул қилиниб, (6.6) формуладан сиқиладиган арматуранинг кўндаланг кесим юзаси

$$A'_s = \frac{N \cdot e - \alpha_R \cdot R_b \cdot b \cdot h_0^2}{R_{sc} (h_0 - a')} \quad (6.8)$$

аниқланади.

Чўзиладиган арматуранинг кесим юзаси ( 6.7 ) формуладан аниқланади:

$$A_s = \frac{\xi_R \cdot R_b \cdot b \cdot h_0 + R_{sc} \cdot A'_s - N}{R_s} \quad (6.9)'$$

Агар, сиқиладиган арматура ҳисоб бўйича талаб қилинмаса, яъни  $A'_s < 0$  бўлган тақдирда ёки унинг миқдори амалий талабларга жавоб бермаса, яъни  $A'_s < \mu_{s,\min} b \cdot h_0$  бўлганда, сиқиладиган арматуранинг кесим юзаси  $A'_s = \mu_{s,\min} b \cdot h_0$  қабул қилинади. Бу ҳолда ( 6.6) формуладан  $\alpha_m$  коэффициентнинг миқдори ҳисобланади

$$\alpha_m = \frac{N \cdot e - R_{sc} \cdot A'_s (h_0 - a')}{R_b \cdot b \cdot h_0^2} \quad (6.10)$$

## 7. ТЕМИР-БЕТОН ЭЛЕМЕНТЛАРНИНГ МУСТАҲКАМЛИГИНИ МАҲАЛЛИЙ ЮКЛАР ТАЪСИРИГА ҲИСОБЛАШ

### 7.1. Маҳаллий сиқилишга ҳисоблаш

Маҳаллий сиқилишга (эзилишга) ишлайдиган элементларга устун ва деворларнинг тўсин (арка, ферма) ўрнатилган қисмлари ҳамда устунларнинг бир-бири билан бирикадиган жойлари мисол бўлади.

Маҳаллий сиқилишга ишлайдиган кўндаланг арматуралар билан жиҳозланмаган элементларнинг мустаҳкамлиги куйидаги шарт асосида текширилади:

$$N \leq \Psi \cdot R_{bloc} \cdot A_{loc1}, \quad (7.1)$$

бу ерда  $N$  - маҳаллий юклар таъсиридан бўйлама сиқувчи куч;  $A_{loc1}$  - эзилиш юзаси (7.1 расмга қаранг);  $\Psi$  - маҳаллий юкларнинг эзилиш юзаси бўйича тарқалиш характери эътиборга оладиган коэффициент; юклар юза бўйича тенг тарқалган бўлса  $\Psi = 1$ ; тенг тарқалмаган бўлиб, элемент оғир, майдадонали ва энгил бетонлардан тайёрланган

ва 4,1 жадвалдан  $\xi$  коэффициентнинг қиймати аниқланади. Чўзиладиган арматуранинг кесим юзаси куйидаги формуладан аниқланади

$$A_s = \frac{\xi \cdot R_b \cdot b \cdot h_0 + R_{sc} \cdot A'_s - N}{R_s} \quad (6.11)$$

Арматуралар билан симметрик равишда жиҳозланган элементларда

$$x = -N / (R_b \cdot b) < 0 \quad (6.12)$$

бўлганлиги учун чўзиладиган арматуранинг кўндаланг кесим юзаси (6.5) формуладан аниқланади.

### Такрорлаш учун саволлар

1. Чўзилишга ишлайдиган элементларга мисоллар келтиринг.

2.Элементлар қайси ҳолларда марказий ва қайси ҳолларда марказмас чўзилади? Мисоллар келтиринг.

3. Марказмас чўзиладиган элементларнинг икки холи тўғрисида нимани биласиз?

4. Чўзиладиган элементлар арматуралар билан қандай жиҳозланади?

5. Марказий чўзиладиган элементларнинг мустаҳкамлигини ҳисоблаш учун ҳисоблаш формуларини келтириб чиқаринг.

6. Марказмас чўзиладиган элементларнинг мустаҳкамлигини I ва 2 ҳоллар бўйича ҳисоблаш учун ҳисоблаш формуларини келтириб чиқаринг

бўлса 0,75, ғовакли бетонлардан тайёрланган бўлса 0,5;  $R_{b,loc}$  - бетоннинг эзилишга кўрсатадиган ҳисобий қаршилиги, куйидаги формуладан аниқланади

$$R_{bloc} = \alpha \cdot \varphi_b \cdot R_b, \quad (7.2)$$

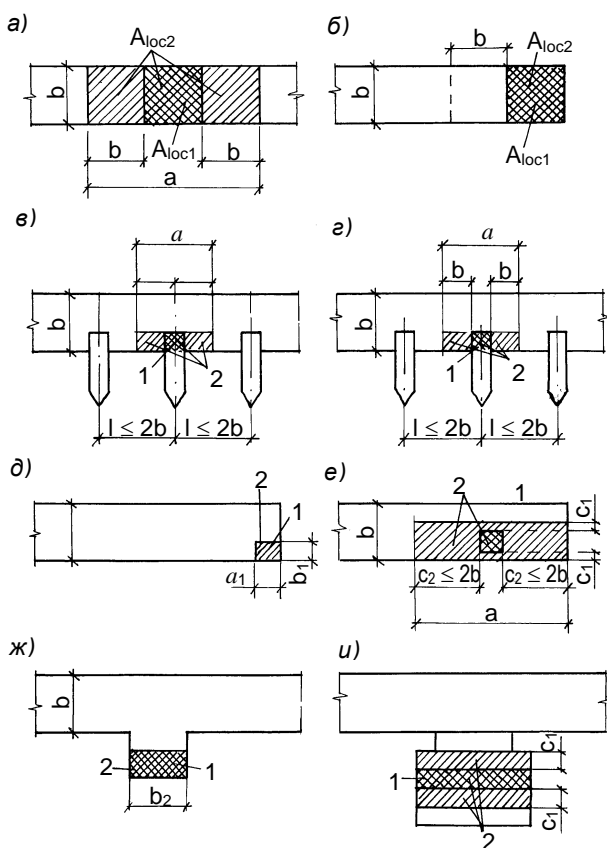
$\alpha \cdot \varphi_b \geq 1$  қабул қилиниб, синфи В25 ва ундан паст бўлган бетонлар учун  $\alpha = 1,0$ ; синфи В25 дан юқори бўлган бетонлар учун эса  $\alpha = (13,5 \cdot R_{bt}) / R_b$ ;  $\varphi_b$  коэффициентнинг қиймати куйидаги формуладан аниқланади

$$\varphi_b = \sqrt[3]{A_{loc,2} / A_{loc,1}} \quad (7.3)$$

ва куйидагича қабул қилинади: элемент ташки юклар билан 7.1 расмда кўрсатилгандек а), в), г), е) ва и) схемалар бўйича юкланганда синфи В7,5 дан юқори бўлган оғир, майдадонали ва энгил бетонлар учун  $\varphi_b = 2,5$ ; синфлари В3,5, В5, В7,5 бўлган бетонлар учун эса,  $\varphi_b = 1,5$ ; синфи В2,5 ва ундан паст бўлган ғовакли ва энгил бетонлар учун  $\varphi_b = 1,2$ . Элементга юклар 7.1 расмда кўрсатилган

б), д) ва ж) схемалар бўйича таъсир қилганда бетоннинг хили ва синфидан қатъий назар  $\varphi_b = 1$  қабул қилинади.

Ҳисоблашларда бетоннинг сиқилиш ва чўзилишдаги ҳисобий қаршиликлари  $R_b$  ва  $R_{bt}$   $\gamma_{b9} = 0,9$  коэффицентга кўпайтирилади.



7.1 расм Маҳаллий сиқилишга (эзилишга) ҳисоблашга доир

Ҳисобий эзилиш юзаси  $A_{loc,2}$  7.1 расмга ва қуйидаги қоидаларга асосланиб топилади:

- маҳаллий юк элементнинг эни бўйича таъсир қилганда (7.1, а расм)  $A_{loc,2} = A_{loc,1} + a^2$ ;

- маҳаллий юк элементнинг эни бўйича унинг четига қўйилган бўлса, (7.1 .б расм)  $A_{loc,2} = A_{loc,1}$

- тўсин ва вассаларнинг (прогонларнинг) элементга ўрнатилган қисми бўйича таъсир қиладиган маҳаллий юклар учун (7.1 ,в расм)  $A_{loc,2} = A_{loc,1} + \Delta(l_1 - b_1)$ ;

- тўсинлар орасидаги масофа  $2b$  дан катта бўлганда (7.1,г расм)  $A_{loc,2} = A_{loc,1} + 2\Delta b$ ;

- маҳаллий юк элементнинг бурчагига таъсир қилганда (7.1.д расм)  $A_{loc,2} = A_{loc,1}$ ;

- маҳаллий юк 7.1,е расмда кўрсатилгандек таъсир қилганда,  $A_{loc,2} = a \cdot l$ ;

- маҳаллий юк 7.1,ж расмда кўрсатилгандек таъсир қилганда  $A_{loc,2} = A_{loc,1}$

$A_{loc,1}$  ва  $A_{loc,2}$  юзаларни аниқлашда  $\Delta$  нинг қиймати 200 мм дан катта қабул қилинмайди.

Арматурали тўрлар билан жиҳозланиб кўндаланг равишда, оғир бетондан тайёрланган элементларнинг маҳаллий юклар таъсирига му-

стаҳкамлиги қуйидаги шартдан текширилади:

$$N \leq R_{b,red} \cdot A_{loc,1}, \quad (7.4)$$

бу ерда,  $A_{loc,1}$  - эзилиш рўй берадиган юза;  $R_{b,red}$  - маҳаллий сиқилишда бетоннинг келтирилган қаршилиги, қуйидаги формуладан аниқланади

$$R_{b,red} = R_b \cdot \varphi_b + \varphi_{\mu_{x,y}} \cdot R_{s,x,y} \cdot \varphi_s \quad (7.5)$$

$R_{s,x,y}$  - тўр арматураларининг ҳисобий қаршилиги;  $S$  - тўрлар орасидаги масофа;

$$\mu_{xy} = \frac{n_x \cdot A_{sx} \cdot l_x + n_y \cdot A_{sy} \cdot l_y}{A_{ef} \cdot S} \quad (7.6)$$

$$\varphi = I / \left( 0,23 + \frac{\mu_{xy} \cdot R_{s,x,y}}{R_b + 10} \right); \quad (7.7)$$

$\varphi_s$  - элементни тўрлар билан зич жиҳозлашнинг маҳаллий сиқилиш зонасига таъсирини эътиборга оладиган коэффицент: 7.1 расмда б), д) ва ж) схемалар бўйича юкланган элементлар учун  $\varphi_s = 1,0$ ; а), в), г), е) ва и) схемалар бўйича юкланган элементлар учун эса, қуйидаги формуладан аниқланади:

$$\varphi_s = 4,5 - 3,5 \left( A_{loc,1} / A_{ef} \right), \quad (7.8)$$

$A_{ef}$  - арматурали тўрнинг четки стерженлари билан чегараланган бетон юзаси. Бунда қуйидаги  $A_{loc,1} < A_{ef} \leq A_{loc,2}$  шарт бажарилиши лозим.

## 7. 2. Босилишга ҳисоблаш

Темир-бетон элементларнинг босилиши натижасида бузилиши тўсинсиз шиптомлар ва пойдеворларда учрайди.

Кўндаланг арматуралар билан жиҳозланмаган темир-бетон плиталарга ташқи юклар маълум чегараланган юза бўйича таъсир қилганда уларнинг босилишдаги мустаҳкамлиги қуйидаги шарт асосида текширилади:

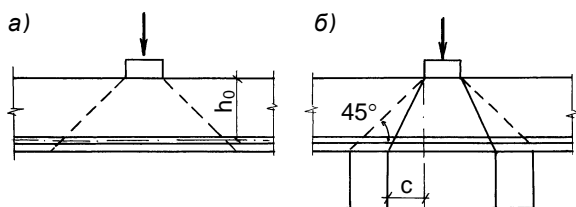
$$F \leq \alpha \cdot R_{bt} \cdot U_m \cdot h_0 \quad (7.9)$$

бу ерда,  $F$  - босувчи куч;  $\alpha$  - бетоннинг хилига боғлиқ бўлган коэффицент: оғир бетонлар учун  $\alpha = 1,0$ ; майдадонали бетонлар учун  $\alpha = 0,85$ ; енгил бетонлар учун эса,  $\alpha = 0,8$ ;  $U_m - h_0$  баландлик бўйича босилиш натижасида ҳосил бўладиган пирамиданинг устки ва пастки асослари периметрларининг ўртача арифметик қиймати,  $U_m = a + b + a_1 + b_1$ ;  $a$  ва  $b$  - пирамида остки асосининг ўлчамлари;  $a_1$  ва  $b_1$  - пирамида устки асосининг ўлчамлари.

Бузувчи  $F$  куч ва  $U_m$  қийматларни топишда пирамиданинг ён сирти кичик асосдан бошланиб, горизонт билан  $\alpha = 45^\circ$  бурчак ташкил қилади деб қаралади ( 7.2 расм).

Бузувчи  $F$  кучнинг қиймати қуйидаги формуладан аниқланади

$$F = N - q \cdot A, \quad (7.10)$$



7.2 расм. Босилишга ҳисоблашга доир

бу ерда,  $N$  - бўйлама куч;  $q$  - бўйлама  $N$  кучга қарама-қарши йўналган  $A$  юза бўйича таъсир қиладиган кучланиш,  $q = N/A$ ,  $A$  - чўзиладиган арматура сатҳида босилиш пирамидасининг юзаси.

Баъзи ҳолларда (қозик пойдеворларда) босилиш пирамидасининг пастки асоси чегараланган бўлади (7.2, б расм). Бунда бузилиш пирамидасининг ён сирти горизонт билан  $45^\circ$  дан катта бурчак ҳосил қилади. Бу ҳолатда ҳам элементнинг мустаҳкамлиги (7.9) шарт орқали текширилиб, тенгсизликнинг ўнг томони  $h_0/c$  нисбатга кўпайтирилади. Бунда, элементнинг кўтариш қобилияти  $c = 0,4 \cdot h_0$  бўлганда топилган қийматдан катта қабул қилинмайди.

Бузилиш пирамидаси чегарасида элемент вертикал стерженлар билан жиҳозланган бўлса, мустаҳкамлик куйидаги шарт асосида текширилади:

$$F \leq F_b + 0,8 \cdot F_{sw} \leq 2 \cdot F_b, \quad (7.11)$$

бу ерда,  $F_b$  - зўриқишнинг миқдори (7.9) тенгсизликнинг ўнг томонига тенг қилиб олинади,  $F_{sw}$  зўриқиш эса, бузилиш пирамидасининг ён сирти кесиб ўтган кўндаланг стерженлардаги зўриқишларнинг йиғиндисига тенг қилиб олинади, яъни

$$F_{sw} = \sum R_{sw} \cdot A_{sw}. \quad (7.12)$$

Кўндаланг стерженларнинг ҳисобий қаршилиги, синфи А-І арматуранинг ҳисобий қаршилигидан катта қабул қилинмайди, яъни  $R_{sw} = 175$  МПа .

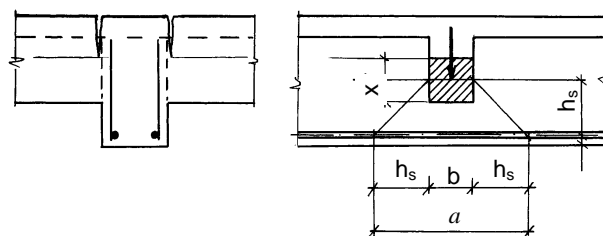
Кўндаланг стерженлар ҳисобга олинганда  $F_{sw}$  зўриқишнинг қиймати  $0,5 \cdot F_b$  зўриқишдан кам қабул қилинмаслиги шарт.

### 7.3. Узилишга ҳисоблаш

Қиррали яхлит шиптомларнинг бош тўсинларига таъсир қиладиган юклар иккинчи даражали тўсинлар орқали узатилади. Иккинчи даражали тўсиннинг бош тўсин билан бириккан жойида иккинчи даражали тўсиннинг юқори қисми чўзилганлиги сабабли ёриқлар пайдо бўлади (7.3 расм).

Натижада бош тўсинга узатиладиган юклар иккинчи даражали тўсиннинг пастки сиқилган зонаси орқали таъсир қилади. Яъни, тўпланган юк бош тўсин баландлигининг ўрта қисмларига қўйилган

бўлади. Бу ҳолатда бош тўсиннинг қия кесим бўйича мустаҳкамлигини таъминлаш шартидан аниқланган кўндаланг стерженлар иккинчи даражали тўсинлар бириккан жойларнинг мустаҳкамлигини таъминламаслиги мумкин. Бу бош тўсиннинг чўзилиш зонасидаги бетоннинг узилишига олиб келиши мумкин. Шунинг учун иккинчи даражали тўсинларнинг бош тўсинга бириккан жойлари кўндаланг стерженлар билан қўшимча равишда жиҳозланади.



7.3 расм. Узилишга ҳисоблашга доир

Ташқи юк темир-бетон элементнинг пастки қиррасига ёки унинг баландлиги бўйича таъсир қилган ҳолларда темир-бетон элементнинг узилишдаги мустаҳкамлиги куйидаги шарт асосида текширилади

$$F(1 - h_s / h_0) \leq \sum R_{sw} \cdot A_{sw}, \quad (7.13)$$

бу ерда  $F$  - куч;  $h_s$  -  $F$  куч қўйилган жойдан бўйлама арматуранинг кўндаланг кесим оғирлик марказига ча бўлган масофа;  $\sum R_{sw} \cdot A_{sw}$  - узилиш зонасининг узунлиги  $a = 2 \cdot h_s + b$  бўйича қўйилган қўшимча кўндаланг стерженлардаги зўриқишларнинг йиғиндис;  $b$  - элемент эни.

### Такрорлаш учун саволлар

1. Маҳаллий сиқилиш қайси ҳолларда рўй беради?
2. Маҳаллий юклар таъсирдан бетоннинг сиқилишдаги мустаҳкамлигининг ошишига нима сабаб бўлади?
3. Бетоннинг маҳаллий сиқилишдаги (эзилишдаги) ҳисобий қаршилиги қандай топилади?
4. Ҳисобий эзилиш юзалари қандай топилади?
5. Маҳаллий сиқилишда бетон келтирилган қаршилиги қандай топилади?
6. Қанақа конструкциялар босилишга ҳисобланади?
7. Босилиш натижасида бузилиш қанақа характерга эга бўлади?
8. Қайси ҳолларда темирбетонда узилиш содир бўлади?

## 8. МУРАККАБ КУЧЛАНИШ ҲОЛАТИДА ИШЛАЙДИГАН ТЕМИР-БЕТОН КОНСТРУКЦИЯЛАРИНИНГ ЭЛЕМЕНТЛАРИНИ МУСТАҲКАМЛИК БЎЙИЧА ҲИСОБЛАШ

### 8.1. Элементларни қийшиқ эгилишга ҳисоблаш

Темир-бетон элементларда эгилиш текислиги симметрия текислиги билан мос тушмаса қийшиқ, эгилиш рўй беради. Қийшиқ эгилишга ишлайдиган элементларга ферма ва юқори тасмаси нишабли бўлган тўсинлар устига ўрнатиладиган прогонлар ва бошқа элементлар мисол бўлади (8.1а расм).

Одатда қийшиқ эгилишга ишлайдиган элементларнинг кўндаланг кесими қўштавр, тавр ва «Г» шаклида қабул қилинади. Ҳисоблашда қийшиқ эгиладиган кесимлар тўғри тўртбурчак шаклларга ажратилиб ҳар бир кесим ўз текислигида алоҳида ҳисобланади.

Тажрибаларнинг кўрсатишича I I, қийшиқ эгилишга ишлайдиган элементларни арматуралар билан жиҳозлашда бўйлама арматура кўндаланг кесимнинг оғирлик маркази 0-1 чизигида ётганда (8.1а расм) элемент арматура билан рационал равишда жиҳозланган деб ҳисобланади. Бунда алоҳида стерженлар мумкин даражада нейтрал ўқдан узоқ жойлашиши лозим.

Қийшиқ эгилишга ишлайдиган элементларни арматуралар билан бундай жиҳозланиши, кесимни арматура билан периметри бўйича жиҳозлашга нисбатан рационал бўлиб, 30% гача арматурани тежашга олиб келади.

Қийшиқ эгилишга ишлайдиган элементларни ҳисоблашда ташқи юклардан ҳосил бўладиган эгувчи  $M$  момент иккита,  $M_x$  ва  $M_y$  ташкил этувчиларга ажратилади ва куйидаги формулалардан аниқланади

$$M_x = M \cos \beta; \quad (8.1)$$

$$M_y = M \sin \beta. \quad (8.2)$$

Қийшиқ эгилишда элемент сиқилиш зонасининг юзаси учбурчак (8.1,б расм) ёки трапеция (8.1,в расм) шаклида бўлиши мумкин.

1. Сиқилиш зонасининг юзаси учбурчак бўлган ҳол учун (8.1, б расм) мувозанат тенгламаларини тузамиз:

$A_{sx}$  арматуранинг оғирлик марказига нисбатан моментлар тенгламаси

$$\begin{aligned} M_x &= M \cos \beta = \\ &= R_b \frac{1}{2} y_1 \cdot x_1 \left( h_o - \frac{1}{2} x_1 \right) - R_s \cdot A_{sy} C_x. \end{aligned} \quad (8.3)$$

$A_{sy}$  арматуранинг оғирлик марказига нисбатан моментлар тенгламаси

$$M_y = M \sin \beta =$$

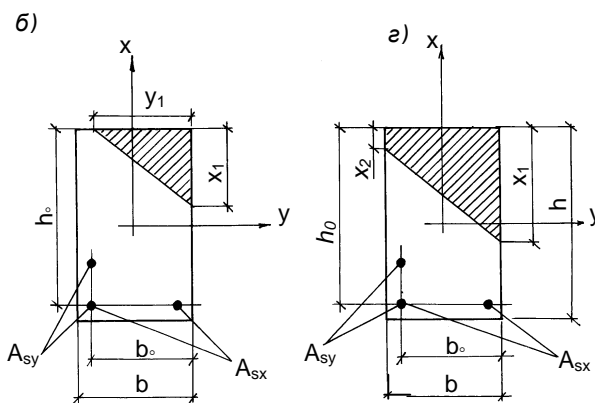
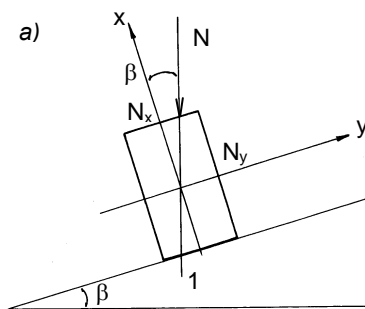
$$= R_b \frac{1}{2} y_1 \cdot x_1 \left( b_o - \frac{1}{2} x_1 \right) - R_s \cdot A_{sx} C_y. \quad (8.4)$$

Зўриқишларнинг элемент бўйлама ўқига проекциялари тенгламаси

$$R_b \frac{1}{2} y_1 \cdot x_1 = R_s (A_x + A_y) = R_s \cdot A_s \quad (8.5)$$

(8.3) ва (8.4) ифодалардан куйидаги нисбатни оламиз

$$C = \frac{M_x + R_s \cdot A_{sy} \cdot C_x}{M_y + R_s \cdot A_{sx} \cdot C_y} = \frac{h_o - \frac{1}{3} x_1}{b_o - \frac{1}{3} y_1} \quad (8.6)$$



8.1 расм. Элементларни қийшиқ эгилишга ҳисоблашга доир

(8.5) ва (8.6) тенгламаларни биргаликда ечиб сиқилиш зонасининг  $x_1$  ва  $y_1$  - ўлчамларини аниқлаймиз.  $x_1$  куйидаги квадрат тенгламадан

$$x_1^2 - 3(h_o - C \cdot b_o)x_1 - 2C \cdot C_1 \cdot b = 0, \quad (8.7)$$

$y_1$  эса, куйидаги формуладан аниқланади

$$y_1 = 2C_1 \frac{b}{x_1}. \quad (8.8)$$

$x_1 < h$  ва  $y_1 < b$  шартлар бажарилган тақдирда сиқилиш зонасининг юзаси учбурчак шаклида, акс холда эса трапеция шаклида бўлади.

2. Сиқилиш зонасининг юзаси трапеция шаклида бўлган хол учун (8.1, в расм) мувозанат тенгламаларини тузамиз:

$$M_x = b \cdot R_b \left[ x_2 (h_o - 0,5x_2) + \frac{x_1 - x_2}{2} \times \left( h_o - x_2 - \frac{x_1 - x_2}{3} \right) \right] - R_s A_{sy} C_x \quad (8.9)$$

$$M_y = R_b \cdot b \left[ x_2 (b_o - 0,5 \cdot b) + \frac{x_1 - x_2}{2} \times \left( b_o - \frac{b}{3} \right) \right] - R_s A_{sx} C_y \quad (8.10)$$

$$R_b \cdot b \frac{x_1 + x_2}{2} - R_s (A_{sx} + A_{sy}) = R_s A_s \quad (8.11)$$

(8.9) ва (8.10) муносабатлардан қуйидаги нисбатни оламиз

$$C = \frac{x_2 (h_o - 0,5x_2) + 0,5(x_1 - x_2) \left( h_o - x_2 \frac{x_1 - x_2}{3} \right)}{x_2 (b_o - 0,5b) + 0,5(x_1 - x_2) \left( b_o - \frac{b}{3} \right)} \quad (8.12)$$

(8.11) ва (8.12) тенгламаларни биргаликда ечиб сиқилиш зонасининг  $x_1$  ва  $x_2$  ўлчамларини аниқлаймиз.  $x_2$  ни аниқлан учун қуйидаги квадрат тенгламани оламиз

$$x_2^2 - A \cdot x_2 + B = 0, \quad (8.13)$$

бу ерда

$$A = c \cdot b + 2c_1; \quad (8.14)$$

$$B = 6 \left( b_o - \frac{b}{3} \right) C \cdot C_1 + 4C_1^2 - 6h_o. \quad (8.15)$$

Тажрибаларнинг кўрсатишича, агар

$$\frac{M_y}{M_x} \cdot \frac{h}{b} \geq 0,365 \quad (8.16)$$

шарт бажарилса элементнинг сиқилиш зонаси учбурчак шаклида, акс холда эса, трапеция шаклида бўлади.

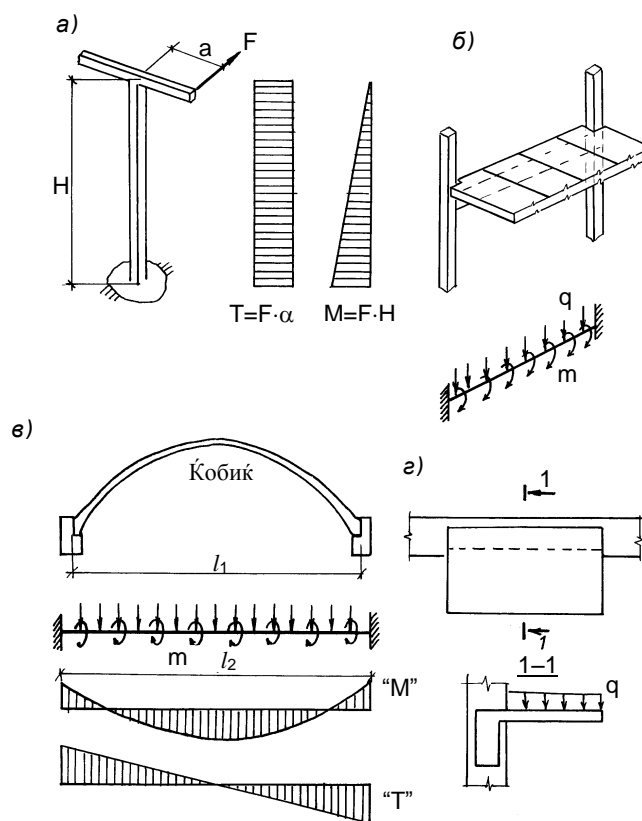
Қийшиқ эгилишга ишлайдиган элементларда арматуранинг кўндаланг кесим юзаси эгилишга ишлайдиган элементлардагидек 4 бобда келтирилган формулалардан хар бир текислик учун  $M_x$  ва  $M_y$  моментлардан алоҳида алоҳида аниқланиб, сўнг юқорида келтирилган (8.3) - (8.10) формулалар бўйича мустаҳкамлиги текширилади.

## 8.2. Буралишга ва буралиш билан эгилишга биргаликда ишлайдиган элементлар

Темир-бетон конструкцияларида буралиш соф холда кам учрайди. Лекин бурилишнинг эгилиш билан биргаликда содир бўлиши кўп ҳолларда учрайди. Темир-бетон конструкцияларнинг буралишга қаршилиги эгилишга нисбатан бир мунча кам бўлади. Шунинг учун ҳам буровчи моментнинг абсолют қиймати кам бўлишига қарамасдан у ҳисобга олиниши шарт.

Эгилиш билан буралишга биргаликда ишлайдиган элементларга мисол тариқасида бир томонлама кўндаланг куч билан юкланган матчаларни (8.2.а расм), қобикларнинг четки борт элементларини (8.2.б расм), синчли биноларнинг четки ригелларини (8.2, в расм), балкон плиталарнинг тўсинларини (8.2,г расм) ва бошқа элементларни мисол келтириш мумкин.

Темир-бетон тўсинда буровчи момент таъсиридан бош чўзувчи ва бош сиқувчи кучланишлар ҳосил бўлади. Бу кучланишлар элементнинг бўйлама ўқи билан  $45^\circ$  бурчак ташкил қилади. Ёриқлар пайдо бўлгунча элемент эластик ҳолатда ишлайди. Ёриқларнинг пайдо бўлиши ва уларнинг йўналиши бош кучланишларнинг миқдорига боғлиқ бўлади. Буровчи момент таъсиридан темир-бетон элементда спирал шаклидаги ёриқларнинг пайдо бўлиши характерлидир. Бунда ёриқлар элемент бўйлама ўқи билан  $45^\circ$  бурчак ташкил қилади.



8.2 расм. Эгилиш билан буралишга биргаликда ишлайдиган элементларга мисоллар

Бетоннинг чўзилишдаги қаршилиги унча катта бўлмаганлиги сабабли ёриқлар элементни дастлабки юклаш босқичида пайдо бўлади. Ёриқлар пайдо бўлганидан кейин бош чўзувчи зўриқишларни арматура қабул қилади, бош сиқувчи кучланишларни эса бетон қабул қилади. Элементнинг бузилиши чўзилган арматурадаги кучланишнинг оқиш чегарасига етиши натижасида содир бўлади.

Буралишга ишлайдиган элементлар асосан спирал шаклидаги арматуралар билан ёки кўндаланг ҳамда бўйлама арматуралар билан жиҳозланади (8.3 расм). Спирал шаклидаги арматура билан жиҳозлаш самарали бўлиб, бош кучланишларнинг йўналишига мос тушади. Лекин элементнинг буралиши икки қарама-қарши йўналишда рўй берадиган бўлса, элемент спирал арматура билан ҳам икки йўналишда жиҳозланиши лозим. Бу ҳолат ишлаб чиқариш шароитида кўп қийинчиликларни вужудга келтириши мумкин. Шунинг учун бураладиган элементларнинг кўндаланг кесимлари арматуралар билан кўндаланг ва бўйлама жиҳозланади.

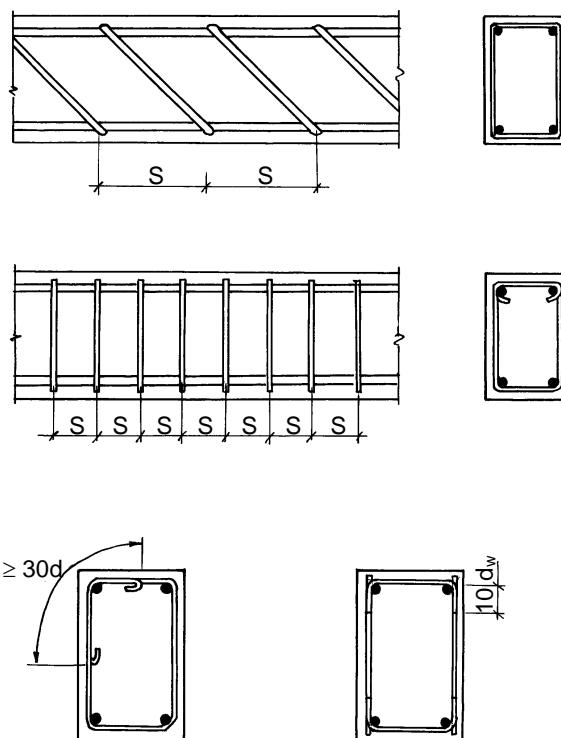
Буралишга ишлайдиган элементларда тўлик ҳисобий қаршилиги билан ҳисобга олинандиган бўйлама арматуралар бетонга маҳкам боғланиши шарт. Бунда арматура таянч қиррасидан  $l_{an}$  дан кам бўлмаган масофага ўтказилиши (I бобга қаранг) ёки махсус анкерлар билан жиҳозланиши лозим. Буралишга ишлайдиган элементларни кўндаланг арматуралар билан жиҳозлаганда, арматуралари бир-бирига боғланиб тайёрланандиган синчларнинг кўндаланг стерженларининг учлари бир-бирига  $30 \cdot d_w$  масофага ўтказилиб ёпилиши шарт (8.3, в расм). Пайвандлаб тайёрланандиган синчларда кўндаланг арматуралар бўйлама арматураларга пайвандланиши ёки кўндаланг стерженларнинг учлари қайрилиб бир-бирига узунлиги  $10 \cdot d_w$  га тенг бўлган пайванд чоки ҳосил қилиниб бириктирилади (8.3, в расм).

Темир-бетон элементларнинг эгувчи ҳамда буровчи моментлар таъсиридан кучланиш ҳолати жуда мураккаб бўлиб, шу вақтгача етарли ўрганилмаган. Шунинг учун элементнинг мустаҳкамлиги чегаравий мувозанат услуби бўйича ҳажмий ёриқ пайдо бўлиши шартдан тажрибалар асосида аниқланади. Элементнинг бузилиши чўзилган арматурадаги кучланишнинг оқиш чегарасига, сиқилган бетондаги кучланишларнинг призматик қаршилигига етиши натижасида содир бўлади. Элементнинг бузилиши фазовий кесим бўйича рўй беради. Бунда элемент кесимининг уч ёки чўзилиб, тўртинчи ёки сиқилади. Элементнинг бузилиш схемаси эгувчи момент  $M$ , буровчи момент  $T$  ва кесувчи куч  $Q$  нисбатларига боғлиқ бўлиб, учта схема бўйича содир бўлиши мумкин:

1 схема - сиқилиш зонаси эгувчи момент таъсирдан сиқиладиган ёқда жойлашган (8.4. а расм);

2 схема - сиқилиш зонаси эгувчи момент текислигига параллел бўлган ёқда жойлашган (8.4, б расм);

3 схема - сиқилиш зонаси эгувчи момент таъсирдан чўзиладиган ёқда жойлашган (8.4, в расм).



8.3 расм. Буралишга ишлайдиган элементларни арматуралар билан жиҳозлаш

Элементнинг I схема бўйича бузилиши эгувчи  $M$  ва буровчи  $T$  моментлар таъсиридан содир бўлади. Бунда пайдо бўлган ёриқ текисликда ёйилганда тўғри чизик ҳосил бўлади. Кесим учун мустаҳкамлик шarti сиқилиш зонасининг оғирлик марказидан ўтадиган ўққа нисбатан ташқи ва ички моментлар муносабатидан аниқланади.

Буровчи момент ва кесувчи куч таъсиридан элементнинг бузилиши 2 схема бўйича содир бўлади. Бунда элементнинг бир ён ёкида кўндаланг стерженлардаги кучланишларнинг оқиш даражасига етиши натижасида қия ёриқлар пайдо бўлади. Мустаҳкамлик шартини тузишда кўндаланг стерженлардаги зўриқишлар ҳам эътиборга олинади.

Элементнинг 3 схема бўйича бузилиши асосан буровчи момент  $T$  таъсиридан содир бўлган ҳолда содир бўлади.

**Мустаҳкамликни ҚМҚ 2.03.01-96 услуби бўйича ҳисоблаш.** Ҳисоблаш услубининг асосига куйидаги шартлар қабул қилинади:

бетоннинг чўзилишдаги қаршилиги нолга тенг қабул қилиб олинади;

фазовий кесимнинг сиқилиш зонаси шартли равишда элемент бўйлама ўқи билан бурчак ташкил қилган текислик деб, бетоннинг сиқилишдаги қаршилиги  $R_b \cdot \sin^2 \theta$  га тенг қабул қилинади ва сиқилиш зонаси бўйича тенг тарқалган деб қаралади;

қаралаётган фазовий кесимнинг чўзилган зонасини кесиб ўтган бўйлама ва кўндаланг армату-

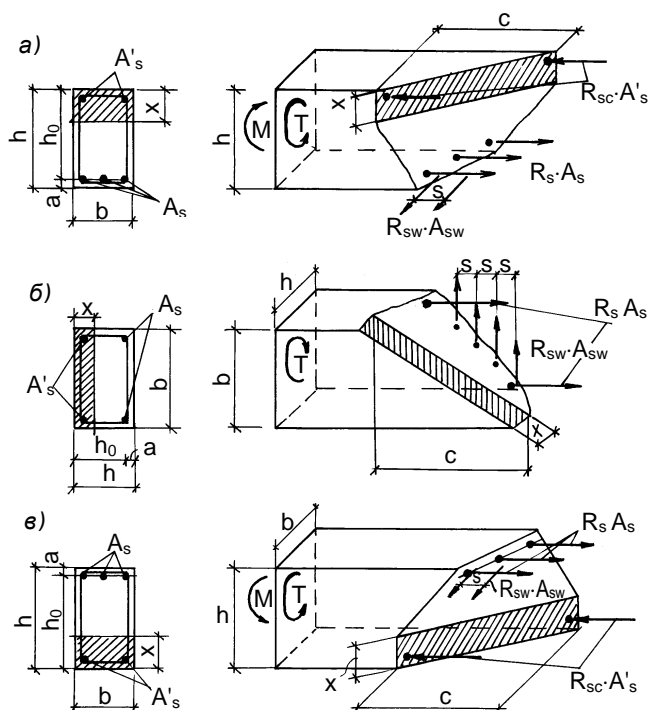
ралардаги кучланишлар мос равишда арматураларнинг ҳисобий қаршиликлари  $R_s$  ва  $R_{sw}$  га тенг қилиб олинади;

сиқилиш зонасида жойлашган арматурадаги кучланиш  $R_{sc}$  га тенг қабул қилинади.

Кўндаланг кесими тўғри тўртбурчак шаклида бўлган элементларни буралиш билан эгилишга ҳисоблаганда қуйидаги шарт бажарилиши лозим

$$T \leq 0,1 \cdot R_b b^2 \cdot h, \quad (8.17)$$

бу ерда  $h$ ,  $b$  - элемент ёқларининг катта ва кичик ўлчамлари.



**8.4 расм.** Буралиш билан эгилишга ишлайдиган элементларни мустаҳкамлик бўйича ҳисоблашда фазовий кесимлардаги зўриқишлар схемаси

Синфи В30 дан юқори бўлган бетонлардан тайёрланган элементларни ҳисоблашда (8.17) тенгсизликдаги  $R_b$  синфи В30 бўлган бетон қаршилигига тенг қилиб олинади.

Фазовий кесимнинг мустаҳкамлиги қуйидаги шартдан текширилади

$$T \leq R_s \cdot A_s \frac{1 + \varphi_w \cdot \delta \cdot \lambda^2}{\varphi_q \cdot \lambda + N} (h_0 - 0,5x) \quad (8.18)$$

Сиқилиш зонасининг баландлиги қуйидаги тенгламадан аниқланади

$$R_s A_s - R_{sc} A'_s = R_b \cdot b \cdot x \quad (8.19)$$

(8.18) формулада:

$$\delta = \frac{b}{2h + b}; \quad \lambda = \frac{c}{b};$$

$c$  - сиқилиш зонаси узунлигининг элемент бўйлама ўқига проекцияси; кетма-кет яқинлашиш

йўли билан аниқланади ва  $2h + b$  дан катта қабул қилинмайди.

(8.18) формулада таъсир қиладиган зўриқишлар орасидаги муносабатни ифодаловчи  $N$  ва  $\varphi_q$  қуйидагича қабул қилинади:

эгувчи момент бўлмаган ҳолда

$$N = 0 \quad \varphi_q = 1$$

1 схема бўйича ҳисоблаганда

$$N = \frac{M}{T} \quad \varphi_q = I$$

2 схема бўйича ҳисоблаганда

$$N = 0 \quad \varphi_q = I + \frac{Q \cdot h}{2T};$$

3 схема бўйича ҳисоблаганда

$$N = -\frac{M}{T} \quad \varphi_q = 1$$

Буровчи момент  $T$ , эгувчи момент  $M$  ва кўндаланг куч  $Q$ . фазовий кесим сиқилиш зонасининг оғирлик марказидан ўтиб элемент бўйлама ўқига нормал бўлган кесимда қабул қилинади.

Кўндаланг ва бўйлама арматуралар орасидаги муносабатни ифодаловчи  $\varphi_w$  коэффициент қуйидаги формуладан аниқланади

$$\varphi_w = \frac{R_{sw} \cdot A_{sw} \cdot b}{R_s \cdot A_s \cdot s}, \quad (8.20)$$

бу ерда  $A_{sw}$  - қаралаётган ҳисобий схема бўйича чўзилган ёқда жойлашган битта кўндаланг стерженнинг юзаси;  $s$  - кўндаланг стерженлар орасидаги масофа.

(8.20) формуладан аниқланадиган  $\varphi_w$  нинг қиймати

$$\varphi_{w,\min} = \frac{0,5}{I + M / (2 \cdot \varphi_w \cdot M)} \quad (8.21)$$

дан кам ва

$$\varphi_{w,\max} = 1,5 \left( 1 - \frac{M}{M_u} \right) \quad (8.22)$$

дан катта қабул қилинмайди. Бу ерда  $M$  - эгувчи момент, 2 схема учун нолга тенг, 3 схема учун " $-M$ " га тенг;  $M_u$  - элементнинг нормал кесими қабул қиладиган чегаравий эгувчи момент.

Агар (8.20) формуладан аниқланадиган  $\varphi_w$ , нинг қиймати  $\varphi_{w,\min}$  дан кичик бўлса, (8.18) ва (8.19) формулалардаги  $R_s \cdot A_s$  зўриқишнинг қиймати  $\varphi_w / \varphi_{w,\min}$  га кўпайтирилади.

Ҳисоблашларда

$$T \leq 0,5 \cdot Q \cdot b \quad (8.23)$$

шарт бажарилса, 2 схема бўйича ҳисоблаш ўрнига, ҳисоб қуйидаги шарт бўйича бажарилади

$$Q \leq Q_{sw} + Q_b - \frac{3T}{b}, \quad (3.24)$$

бу ерда  $Q_{sw}$  ва  $Q_b$  4 бобда келтирилган (136) ва (139) формулалардан аниқланади.

## Такрорлаш учун саволлар



1. Қийшиқ эгилиш қайси ҳолларда учрайди?
2. Қийшиқ эгилишда элементларнинг мустаҳ-

камлиги қандай ҳисобланади?

3. Буралишга ва буралиш билан эгилишга элементларнинг мустаҳкамлиги қандай ҳисобланади?

## 9. ОЛДИНДАН ЗҶУРИҚТИРИЛГАН ТЕМИР-БЕТОН КОНСТРУКЦИЯЛАРИНИ ЛОЙИҲАЛАШ ВА ҲИСОБЛАШ АСОСЛАРИ

### 9.1. Конструкцияларни олдиндан зўриқтиришнинг моҳияти

Темир бетон конструкцияларни тайёрлашда ишлатиладиган бетон ва арматура мустаҳкамликлари қанча юқори ўлса, конструкция кўндаланг кесим ўлчамлари шунча кам бўлади. Бу ҳолатда темир-бетон конструкциялари мустаҳкамлик бўйича қўйилган талабларга жавоб берган ҳолда, нормал эксплуатация қилиш талабларига (дарз кетишига чидамлик, ёриқларнинг очилиш кенглиги ва деформация бўйича) жавоб бермай қўйди. Чунки бетоннинг чўзилишдаги қаршилиги ҳамда чўзилувчанлиги кам бўлганлиги сабабли конструкцияларнинг чўзилган зоналарида ташқи юклар таъсирдан дарз кетиб ёриқлар пайдо бўлади. Пайдо булиши ва ёриқларнинг пайдо бўлиши ва очилиши конструкцияларнинг биқригини камайишига олиб келади ва конструкция эксплуатация қилиш талабларига жавоб бермайди.

Оддий темир-бетон элементларда бетоннинг чўзилувчанлиги ўрта ҳисобда  $E_{bt,u} = 15 \cdot 10^5$  га тенг. Арматура билан бетоннинг биргаликда ишлашини эътиборга олиб, элементда дарз кетиш ҳолатида арматурадаги кучланишни аниқлаймиз:  $\sigma_s = E_{bt,u} \cdot \epsilon_s = 15 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-5} = 30$  МПа. Демак, чўзилган арматурадаги кучланишнинг миқдори  $\sigma_s = 30$  МПа бўлганда элементда дарз кетиб ёриқлар, пайдо бўлади. Элементга таъсир қилаётган ташқи юк миқдорининг ошиши билан арматурадаги кучланишлар ҳам ошади ва ёриқларнинг очилиш кенглиги катталашади. Эксплуатация қилиш шароитида чўзилган арматурадаги кучланишларнинг миқдори (270...340) МПа дан ошмайди ва ёриқларнинг очилиш кенглиги ҳам рухсат этиладиган қийматидан катта бўлмайди, яъни  $a_{cr} \leq 0,3 \dots 0,4$  мм. Оддий темир-бетон элементларни жиҳозлаш учун юқори мустаҳкамликка эга бўлган арматуралар ишлатилганда, бетоннинг чўзилувчанлиги кам бўлганлиги сабабли, ёриқларнинг эрта пайдо бўлиши натижада юқори мустаҳкамликка эга бўлган арматуранинг мустаҳкамлигидан тўлиқ фойдаланиш имконияти яратилмайди. Натижада арматуранинг ортиқча харажатига йўл қўйилади.

Юқори мустаҳкамликка эга бўлган арматуранинг мустаҳкамлигидан тўлиқ фойдаланишга ҳарakat қилинадиган бўлса элементдаги ёриқларнинг очилиш кенглиги ва салқилиги рухсат этилган қийматларидан ошиб кетади.

Темир-бетон конструкцияларини тайёрлашда юқори мустаҳкамликка эга бўлган арматура ва бетонларни самарали равишда ишлатишнинг энг асо-

сий йўли, бу темир-бетон конструкцияларини тайёрлаш жараёнида арматурани олдиндан таранглашдан иборат. Бундай конструкциялар - олдиндан зўриқтирилган темир-бетон конструкциялари деб аталади. Олдиндан зўриқтирилган темир-бетон конструкцияларида ёриқларнинг пайдо бўлиши ташқи юкларнинг катта қийматларида содир бўлиб, эксплуатация қилиш шароитида чегаравий қийматларидан ошиб кетмайди. Шу билан бирга конструкциянинг салқилиги ҳам кам бўлиб, катта ўлчамдаги масофаларни ёпиш учун имконият яратилади.

Темир-бетон конструкцияларнинг ишлаш шароитига қараб арматуралар бир йўналиш бўйича (тўсинларда, фермаларда ва ҳоказо), икки йўналиш бўйича (плиталарда, қобикларнинг изораларида ва ҳоказо) ҳамда уч йўналиш бўйича (массив конструкцияларда) таранглаштирилиши мумкин.

Темир-бетон конструкцияларнинг такомиллашини таъминловчи омиллардан бири, бу олдиндан зўриқтирилган конструкцияларни ишлаб чиқаришга жорий қилишдан иборатдир. Олдиндан зўриқтирилган конструкцияларни қўллашда юқори мустаҳкамликка эга бўлган бетон ва арматура ҳисобига бетон ҳамда арматура сарфини камайтириш мумкин. Шу билан бирга конструкцияларнинг дарз кетишига чидамлиги ошади, салқилиги камаяди. Кўп марта қайта такрор таъсир қиладиган юкларга конструкциянинг чидамлиги ошади. Агрессив муҳитда ишлайдиган конструкцияларнинг хизмат муддати узаяди. Бетон ҳажмининг камайиши ҳисобига конструкцияларнинг хусусий оғирликлари камаяди ва темир-бетоннинг қўлланиш соҳаси кенгайди.

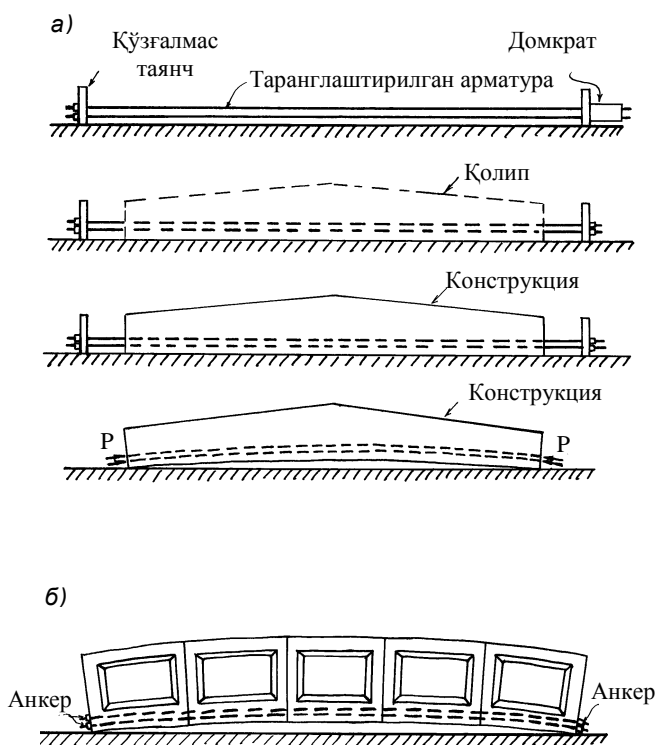
### 9.2. Темир-бетон конструкцияларини олдиндан зўриқтириш усуллари

Олдиндан зўриқтириладиган темир-бетон конструкциялари икки усулда тайёрланади. Биринчиси – таянчларга маҳкамлаб таранглаш усули деб айтилади. Иккинчиси – бетонга маҳкамлаб таранглаш усули деб айтилади.

Таянчларга маҳкамлаб таранглашда арматуранинг бир учи қўзғалмас таянчга маҳкамланиб, иккинчи учи иккинчи қўзғалмас таянчдан ўтказилиб, домкрат ёки бошқа ускуналар ёрдамида маълум кучланиш бериб таранглаштирилади ва қўзғалмас таянчга маҳкамланади (9.1 расм). Арматура таранглаштирилгандан сўнг қолип бетон қоришмаси билан тўлдирилади ва зичлаштирилади. Бетон маълум бир мустаҳкамликка эришгандан кейин таранглаштирилган арматура таянчлардан бўша-

тилади. Таянчлардан бўшатирилган арматура таранглаштирилгунча бўлган ҳолатига қайтишга (эластик деформацияларнинг тикланиши натижасида) ҳаракат қилади. Аммо, арматуранинг бетон билан яхши боғланганлиги сабабли, арматурадаги эластик деформацияларнинг тикланишига бетон қаршилиқ кўрсатади. Натижада таранглаштирилган арматура бетонни қиса бошлайди ва унда сиқувчи кучланишларни ҳосил қилади.

Таянчларга маҳкамлаб таранглаш усули билан кичик ўлчамдаги темир-бетон конструкциялари (плита, тўсин ва ҳоказолар) тайёрланади. Бетонга маҳкамлаб таранглашда таранглаштирилган арматура олдиндан тайёрланган бетон ёки кам миқдорда арматура билан жихозланган темир-бетон конструкциясининг танасида ҳосил қилинган каналлардан ўтказилиб, бир учи билан анкерлар ёрдамида бетонга маҳкамланади. Иккинчи учидан домкрат ёки бошқа ускуналар ёрдамида тортиб, арматурага маълум кучланиш бериб таранглаштирилади ва иккинчи учи ҳам бетонга маҳкамланади. Бунда арматуранинг таранглаш вақтидаги конструкция бетоннинг мустаҳкамлиги бетон синфининг яримидан кам бўлмаслиги шарт, яъни  $R_{bp} \geq 0,5B$ .



**9.1-расм.** Олдиндан зўриктириладиган конструкцияларни тайёрлаш: а) арматураси таянчларга маҳкамланиб б) арматураси бетонга маҳкамланиб таранглаштирилган конструкциялар

Таранглаштирилган арматуранинг бетонга маҳкам боғланишини таъминлаш мақсадида арматура таранглаштирилгандан кейин каналлар юқори босим остида цемент қоришмаси билан тўлдирилади. Бетонга маҳкамлаб таранглаш усули билан катта ўлчамдаги темир-бетон конструкциялари (ферма-

лар, кўприк тўсинлари ва ҳоказо) тайёрланади.

Арматуралар механик, электротермик, электротермомеханик ва кимёвий усуллар билан таранглаштирилади.

Арматураларни механик усулда таранглаштиришда домкратлар ва бошқа машина ёки ускуналар қўлланилади. Бунда таранглаштириладиган арматуранинг бир учи таянчларга маҳкамланиб, иккинчи учидан домкрат ёки бошқа механизмлар билан тортилади. Арматурада маълум кучланиш ҳосил қилингандан кейин унинг иккинчи учи ҳам қўзғалмас таянчларга бириктириб маҳкамланади.

Электротермик усул билан таранглаштирилганда арматуранинг узунлиги конструкция тайёрлаш учун мўлжалланган қолип узунлигидан қисқарок қилиб кесилади ва унинг икки учидан махсус машиналар ёрдамида қалпоқчалар ҳосил қилинади. Арматуранинг электр токи ёрдамида ( $300...350$ )<sup>0</sup>С гача қиздириш натижасида у узаяди. Қиздирилган арматура қолипга шундай жойлаштирилиши керакки, арматура учидан қалпоқчалар қолип таянчидан ташқарида жойлашсин. Қиздирилган арматуранинг атмосфера шароитида совуши натижасида унинг узунлиги қисқара бошлайди. Аммо, арматуранинг учларидаги қалпоқчалар қолип таянчларига маҳкамланиб қолганлиги сабабли таянчлар арматуранинг қисқаришига қаршилиқ кўрсатади. Натижада арматура таранглашиб, унда керакли бўлган кучланиш ҳосил бўлади.

Арматураларни электротермомеханик усулда таранглаштиришда механик ва электротермик усуллар биргаликда қўлланилади.

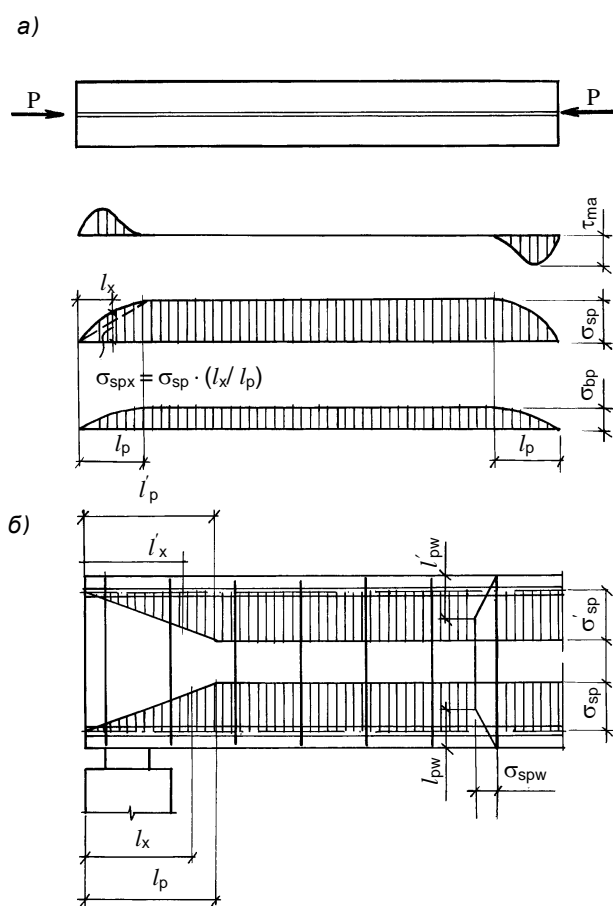
Кейинги вақтда темир-бетон конструкцияларни олдиндан зўриктиришда кенгайиш хоссасига эга бўлган цементлардан (ТЦ) тайёрланадиган бетонлар муваффақият билан қўлланилмоқда. Бундай цементлардан тайёрланадиган бетонлар қотиш. жараёнида ўз ҳажмини оширади ва арматура билан маҳкам боғланиши туфайли унда чўзувчи кучланишларни ҳосил қилади. Бетон билан яхши боғланган арматура эса, бетоннинг эркин кенгайишига тўскинлик қилади. Натижада, бетонда сиқувчи кучланишлар ҳосил бўлади. Бундай конструкцияларга ўз-ўзидан зўриқадиган конструкциялар деб айтилади.

Кенгаювчи цементлар асосида тайёрланадиган бетонларни темир-бетон конструкцияларида ишлатилиши олдиндан зўриктириладиган темир-бетон конструкцияларнинг тайёрлаш технологиясини соддалаштиради ва меҳнат сарфи ҳамда конструкция таннархисини камайтиради.

### 9.3. Таранглаштириладиган арматуранинг бетонга маҳкамлаш (анкерлаш)

Арматуралари таянчларга маҳкамлаб таранглаштирилган олдиндан зўриктирилган темир-бетон конструкцияларда бетон маълум бир мустаҳкамликка эришгандан сўнг таранглаштирилган арматуралар таянчлардан бўшатилади. Таянчлардан

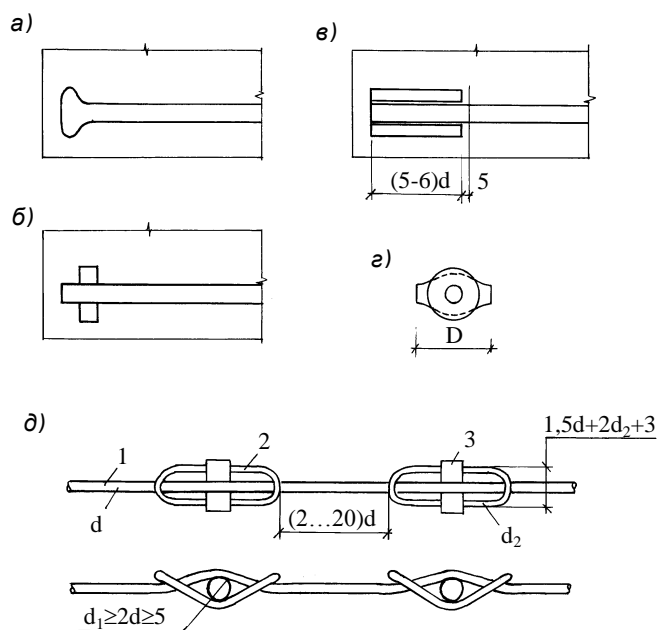
бўшатишган арматура ўзининг таранглашгунча бўлган ҳолатига қайтишга ҳаракат қилади. Арматура билан бетон бир-бирига яхши боғланганлиги сабабли бетон арматуранинг эркин қайтишига қаршилиқ кўрсатади. Натижада бетонда қисувчи кучланишлар ҳосил бўлиб, унинг миқдори конструкция узунлиги бўйича бир хил бўлмайди. Конструкциянинг икки четида қисувчи кучланишларнинг миқдори нолга тенг бўлиб, маълум  $l_p$  масофадан кейин қисувчи кучланишларнинг миқдори конструкция узунлиги бўйича ўзгармас бўлади (9.2 расм). Шунинг учун  $l_p$  масофа зўриқишларни узатиш зонаси деб айтилади. Зўриқишларни узатиш зонасида бетон билан арматуранинг боғланиши яхши таъминланмаган ёки бетоннинг мустаҳкамлиги кам бўлиб, сиқувчи зўриқиш катта бўлганда таранглаштирилган арматура бетон тана-сида сирпаниб кетиши ёки конструкцияда бўйлама ёриқлар пайдо бўлиши мумкин. Бу ҳолатда олдиндан зўриқтиришнинг самарадорлиги йўқолади.



**9.2-расм**, Элементнинг узунлиги бўйича таранглаштирилган арматура ва бетонда кучланишларнинг тарқалиши (а); бўйлама ва кўндаланг арматураларда олдиндан берилган кучланишларнинг тарқалиши (б)

Тажрибаларга асосланган ҳолда шуни айтиш мумкинки, арматуралари таянчларга маҳкамлаб таранглаштирилган ковуғали стерженлар ва аркон арматуралар билан жиҳозланган конструкцияларда арматура билан бетоннинг боғланиши яхши

таъминланган бўлиб, арматурани бетонга маҳкамлаш учун махсус жиҳоз- анкер талаб қилинмайди (9.2, а расм). Синфи В-II бўлган сирти текис симлар билан жиҳозланган конструкцияларда эса, арматура бетонга махсус анкерлар билан маҳкамланади (9.3, а расм). Арматураси бетонга маҳкамланиб таранглаштириладиган конструкцияларда арматурани бетонга маҳкамлаш учун анкерлар доимо қўлланилади. Қўлланиладиган анкерларнинг тузилиши таранглаштириладиган арматуранинг хилига ва таранглаштириладиган ускунага боғлиқ бўлади. Стерженли арматураларда анкер сифатида гайка (9.3, б расм), арматуранинг учига пайвандланган арматура парчалари (9.3, в расм) ва шайбалар (9.3, г расм) қўлланилиш мумкин. Аркон ва тутам шаклидаги арматураларни таранглаштиришда стакан шаклидаги (9.4, а расм) ва гильзали анкерлар (9.4, б расм) қўлланилади.



**9.3 расм** Таранглаштириладиган стерженли арматуралар учун вақтинчалик технологик анкерлар (а, б, в, г) ва юқори мустаҳкамликка эга бўлган сим арматураларни анкерлаш (д): 1-сирти текис бўлган симли арматура; 2-металл ҳалқа; 3-пона.

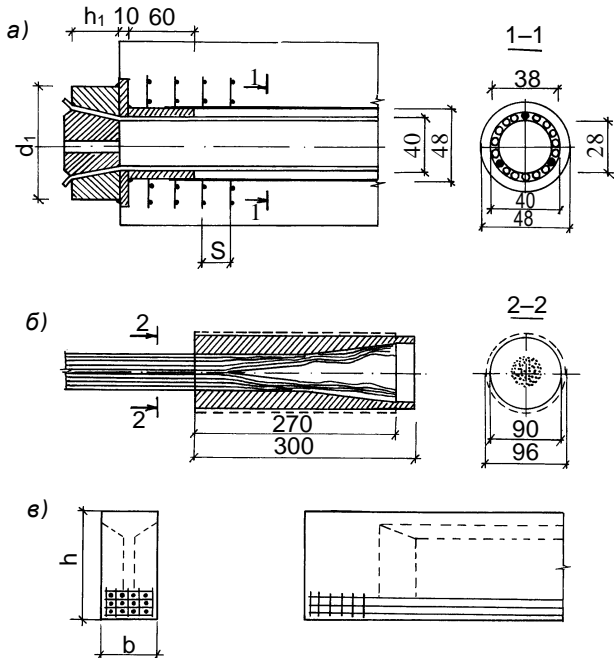
Таранглаштирилган арматураларни таянчлардан бўшатиш жараёнида конструкцияларнинг таянч зоналарида бўйлама ёриқларнинг пайдо бўлиши натижасида бетоннинг ёрилиши ва арматура билан бетоннинг боғланиши бузилиши мумкин. Бунинг олдини олиш мақсадида конструкциянинг таянч зоналари кўндаланг кесимининг ўлчамлари катталаштирилади ёки таянч зоналар кўндаланг ва қия арматуралар билан жиҳозланиб, мустаҳкамлиги оширилади (9.4, в расм).

Кучланишларни (зўриқишларни) арматуралардан бетонга узатиш зонасининг узунлиги  $l_p$ , қуйидаги формуладан аниқланади:

$$l_p = (\omega_p \sigma_{sp} / R_{bp} + \Delta\lambda_p) \cdot d, \quad (9.1)$$

бу ерда:  $\sigma_{sp}$  - арматуранинг таранглаштиришдаги дастлабки кучланиш;

$R_{bp}$  - таранглаштирилган арматураларни таянчлардан бўшатиш вақтдаги бетоннинг сиқилишдаги мустаҳкамлиги;  $d$  - таранглаштирилган арматуранинг диаметри;  $\omega_p$  ва  $\Delta\lambda_p$  коэффициентлар, 9.1 жадвалдан олинади.



9.4-расм. Анкер конструкциялари (а,б) ва зўриқтирилган элементларнинг четларини арматура (тўр) билан жиҳозлаб кучайтириш (в)

9.1 жадвал

Арматуранинг хили	Диаметр, мм	$\omega_p$	$\Delta\lambda_p$
Диаметри ихтиёрий бўлган қовурғали стержен арматуралар учун		0,25	10
Синфи Вр-II арматура учун	5	1,4	40
	4	1,4	50
	3	1,4	60
Аркон арматуралар учун: синфи К-7 бўлганда	15	1,0	25
	12	1,10	25
	9	1,25	30
	6	1,4	40
синфи К-19 бўлганда	14	1,0	25

Қовурғали стержен шаклидаги арматуралар учун узатиш зонасининг узунлиги  $l_p \geq 15 \cdot d$  дан кам қабул қилинмайди. Майда тўлдирувчилардан тайёрланган ғовакли енгил ва майдадонали бетоннинг Б группаси учун 9.1 жадвалда келтирилган  $\omega_p$  ва  $\Delta\lambda_p$  коэффициентларнинг қийматлари 1,25 марта, синфлари В7,5...В12,5 бўлган енгил бетонлар учун

эса, 1,4 марта кўпайтирилади. Таранглаштирилган стержен шаклидаги арматуралар таянчлардан бирданга бўшатишда,  $\omega_p$  ва  $\Delta\lambda_p$  коэффициентларнинг қийматлари 1,25 марта кўпайтирилади.

Таянчларга маҳкамлаб таранглаштирилган арматуранинг бетонга анкерланиш зонасининг бузилиши нафақат арматуранинг таянчлардан бўшатиш жараёнида, балки конструкцияни эксплуатация қилиш шароитида таъсир қиладиган ташқи юклардан конструкция таянч зоналарида пайдо бўладиган қия ёриқларнинг очилишидан ҳам содир бўлиши мумкин. Чунки кучланишларни узатиш зонасида ( $l_p$  масофада) таранглаштирилган арматурадаги кучланишнинг қиймати нолдан  $\sigma_{sp}$  гача чизикли равишда ўзгаради деб қабул қилинади, яъни  $\sigma_{spx} = \sigma_{sp} \cdot l_x / l_p$  (9.2,а расм). Конструкциянинг таянч зоналарида пайдо бўладиган қия ёриқлар арматуранинг бетонга анкерланиш зонаси  $l_p$  ни кесиб ўтадиган бўлса, у вақтда арматуранинг бетонга боғланиш мустаҳкамлиги таъминланмай қолади. Шунинг учун қурилиш меъёрлари ва қоидалари бўйича конструкцияларнинг таянч зоналари мустаҳкамлик ва дарз кетишига чидамлик бўйича эксплуатация қилиш шароитида ҳам ҳисобланиши талаб қилинади.

#### 9.4. Арматураларни таранглаштириш жараёнида бериладиган дастлабки кучланишлар ва уларнинг камайиши

Арматураларни таранглаштиришда бериладиган дастлабки кучланишларнинг миқдори пўлатнинг хилига ва арматуранинг таранглаш усулига боғлиқ бўлиб, кучланишларнинг миқдори қанча катта бўлса, конструкциянинг ишлаш шароитига унинг ижобий таъсири шунча юқори бўлади. Аммо, олдиндан бериладиган кучланишнинг миқдори жуда ҳам катта бўлганда, арматуранинг таранглаш жараёнида унинг узилиш хавфи ортади ва унда пластик деформациялар ҳосил бўлади. Шу билан бирга, олдиндан бериладиган кучланишнинг миқдори жуда ҳам кам бўлмаслиги даркор. Чунки жуда кам кучланиш бериб таранглаштирилган арматура бетонни қисгандан кейин ундаги дастлабки кучланишлар маълум бир омиллар таъсиридан камаяди. Натижада таранглаштирилган арматуранинг конструкция ишлашига ижобий таъсири йўқолади.

Шунинг учун қурилиш меъёрий ва қоидалари арматураларни таранглаш бериладиган дастлабки кучланишларнинг миқдорини тадқиқотлар ва олдиндан зўриқтирилладиган конструкцияларни тайёрлаш ва эксплуатация қилиш тажрибаларига асосланган ҳолда стержень ва сим шаклидаги арматуралар учун қуйидагича қабул қилишни тавсия этади;

$$\sigma_{sp} + p \leq R_{s,ser} \quad \text{ва} \quad \sigma_{sp} - p \geq 0,3 \cdot R_{s,ser}, \quad (9.2)$$

бу ерда,  $p$  - олдиндан бериладиган кучланиш учун

рухсат этиладиган чекланиш.

Арматуралар механик усулда таранглаштирилганда  $p = 0,05 \cdot \sigma_{sp}$ , электротермик усулда таранглаштирилганда эса,  $p = 360/l + 30$  (МПа) қабул қилинади,  $l$  - таранглаштирилайдиган арматуранинг узунлиги, м.

Арматураларни таранглаш жараёнида баъзи бир технологик сабабларга кўра олдиндан берилайдиган кучланишнинг ҳақиқий миқдори ҳисобий миқдордан фарқ қилиши мумкин. Бу ҳолат таранглаштиришнинг аниқлик коэффиценти орқали эътиборга олинади ва қуйидаги формуладан аниқланади

$$\gamma_{sp} = 1 \pm \Delta\gamma_{sp} \quad (9.3)$$

Бу ифодани иккинчи ҳади олдидаги «+» ишора олдиндан зўриктириш конструкциянинг ишлашига салбий таъсир кўрсатганда (олдиндан зўриктириш натижасида мустаҳкамлик камайса ва ёриқлар пайдо бўлишига олиб келса), «-» ишора эса, ижобий таъсир кўрсатганда олинади.

Арматуралар механик усулда таранглаштирилганда  $\Delta\gamma_{sp} = 0,1$  қабул қилинади, электротермик ва электротермомеханик усулда таранглаштирилганда эса, қуйидаги формуладан аниқланади:

$$\Delta\gamma_{sp} = 0,5 \frac{\rho}{\sigma_{sp}} \left( I + \frac{I}{\sqrt{n_p}} \right) \quad (9.4)$$

бу ерда,  $n_p$  - элемент қўндаланг кесимидаги таранглаштирилган стерженлар сони.

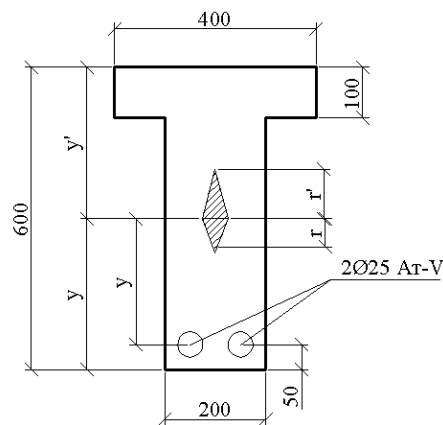
Арматураларни таранглаш жараёнида бериладиган дастлабки кучланишларнинг камайишини ҳисоблашда ҳамда элементларни ёриқларнинг очилиши ва деформация бўйича ҳисоблашда  $\Delta\gamma_{sp} = 0$  қабул қилиш рухсат этилади.

**Мисол 28.** Узунлиги 12 м бўлган олдиндан зўриктирилган балкани тайёрлашда унинг бўйлама арматурасини таранглаш учун талаб қилинадиган кучланиш миқдори аниқлансин. Тўсин арматураси таянчларга бириктирилиб, механик усулда тортиб зўриктирилади. Таранглаштирилган арматурани таянчлардан бўшатиш вақтидаги бетоннинг мустаҳкамлиги  $R_{bp} = 24$  МПа  $> 0,5 \cdot V > 11$  МПа.

Тўсинни тайёрлашда қуйидаги материаллар ишлатилган: оғир бетон, синфи В 40; олдиндан зўриктирилган арматура, синфи Ат-V; олдиндан зўриктирилмайдиган арматураларнинг синфлари - А-III ва Вр-I.

Тўсинни тайёрлаш учун ишлатиладиган материалларнинг (бетон ва арматураларнинг) механик характистикалари ва эластиклик модуллари кийматлари ҚМҚ га мувофиқ, қуйидагиларга тенг: синфи В 40 бўлган бетон учун (бетон атмосфера босими остида, иссиқлик таъсири остида қотади)  $R_b = 22$  МПа;  $R_{bt} = 1,4$  МПа;  $R_{b,ser} = 29$  МПа;  $R_{bt,ser} = 2,1$  МПа;  $E_b = 32,5 \cdot 10^3$  МПа; синфи Ат-V бўлган арматура учун  $R_s = 680$  МПа;  $R_{s,ser} = 785$  МПа;  $E_s = 1,9 \cdot 10^4$  МПа; А-III

учун -  $R_s = 365$  МПа (диаметри 10 мм дан катта бўлган ҳолда);  $E_s = 2,0 \cdot 10^5$  МПа; Вр-I учун -  $R_s = 360$  МПа (диаметри 5 мм бўлганда);  $E_s = 1,7 \cdot 10^5$  МПа.



28-мисолга доир

Арматура ва бетоннинг эластиклик модуллари нисбати: олдиндан зўриктирилган арматура учун -  $\alpha_p = E_{sp} / E_b = 1,9 \cdot 10^5 / 32,5 \cdot 10^3 = 5,85$ ; олдиндан зўриктирилмаган арматуралар учун -  $\alpha = E_s / E_b = 2,0 \cdot 10^5 / 32,5 \cdot 10^3 = 6,15$ ;  $\alpha = 1,7 \cdot 10^5 / 32,5 \cdot 10^3 = 5,23$ .

**Ечим.** Арматурани чўзиб таранглаштириш учун бериладиган дастлабки кучланиш қуйидаги шартлардан

$\sigma_{sp} + P \leq R_{s,ser}$  ва  $\sigma_{sp} - p \geq 0,3 \cdot R_{s,ser}$  аниқланади.

Арматура механик усулда чўзиб таранглаштирилганлиги учун  $p = 0,05 \sigma_{sp}$ ,  $\sigma_{sp} = 720$  МПа қабул қилиб юқоридаги шартлар текширилади:

$$\sigma_{sp} + P = 720 + 0,05 \times 720 = 756 \text{ МПа} \leq R_{s,ser} = 785 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{sp} - p \geq 720 - 0,05 \times 720 = 684 \text{ МПа} > 0,3 \cdot R_{s,ser} = 0,3 \times 785 = 235,5 \text{ МПа}.$$

Шартлар бажарилапти. Олдиндан бериладиган кучланиш тўғри қабул қилинган

**Арматураларни таранглаш бериладиган дастлабки кучланишларнинг камайиши (йўқолиши).** Тажрибаларнинг кўрсатишича, таранглаштирилган арматуралар таянчлардан бўшатиладиган сўнг ундаги дастлаб берилган кучланиш  $\sigma_{sp}$  доимий бўлиб қолмасдан вақт ўтиши билан камайиб боради. Бу жараён нафақат арматуралари таянчларга маҳкамлаб таранглаштирилганда, балки, арматуралар бетонга маҳкамлаб таранглаштирилганда ҳам содир бўлади. Таранглашган арматурадаги дастлабки кучланишларнинг камайишига бир неча омиллар сабаб бўлади. Бу омилларни қуйида қараб чиқамиз. Қуйида қараб чиқилайдиган омиллар таъсирдан таранглаштирилган арматурадаги дастлабки кучланишлар 30% гача камайиши мумкин. Умуман олганда, олдиндан зўриктирилган темирбетон конструкцияларни ҳисоблашда, жами кучланишларнинг камайиши 100 МПа дан кам

қабул қилинмайди.

Энди арматуралари таянчларга маҳкамланиб таранглаштирилган олдиндан зўриктирилган темир-бетон конструкцияларнинг арматураларида кучланишларнинг камайиш тартибини қараб чиқайлик.

Арматураларни таранглаш жараёнида таранглаштирувчи мосламадаги анкерларнинг деформацияланишидан дастлабки ҳисобий кучланишларнинг камайиши содир бўлади. Бу камайган кучланишнинг миқдори  $\sigma_3$  билан белгиланади ва куйидаги формуладан аниқланади [15]:

$$\sigma_3 = \frac{\Delta l}{l} \cdot E_s, \quad (9.5)$$

бу ерда,  $\Delta l = 2$  мм - исканжага олинган шайбанинг қисилиши ва арматурадаги қалпоқчаларнинг эзилиш деформацияси;  $l$  - таранглаштириладиган арматуранинг узунлиги.

Арматура таранглаштирилиб бўлингандан сўнг ундаги дастлаб берилган кучланиш вақт давомида кемайиб боради. Бу камайган кучланиш  $\sigma_1$  билан белгиланиб, миқдори куйидаги формуладан аниқланди [15]:

механик усулда таранглаштириладиган симли арматуралар учун -

$$\sigma_1 = \left( 0,22 \frac{\sigma_{sp}}{R_{s,ser}} - 0,1 \right) \sigma_{sp}; \quad (9.6)$$

механик усулда таранглаштириладиган стержень шаклидаги арматура учун -

$$\sigma_1 = 0,1 \cdot \sigma_{sp} - 20, \text{ (МПа)}; \quad (9.7)$$

арматуралар электротермик ва электротермомеханик усулда таранглаштирилганда: сим шаклидаги арматуралар учун

$$\sigma_1 = 0,05 \cdot \sigma_{sp}; \quad (9.8)$$

стержень шаклидаги арматуралар учун

$$\sigma_1 = 0,03 \cdot \sigma_{sp}. \quad (9.9)$$

Мабодо, арматуралар 9.5,а расмда кўрсатилганидек эгиб таранглаштириладиган бўлса, арматураларни эгиб турувчи мосламаларга ишқаланиши натижасида дастлабки кучланишларнинг камайиши кузатилади. Бу камайдиган кучланишни  $\sigma_4$  билан белгилаб, қиймати куйидаги формуладан аниқланади [15]:

$$\sigma_4 = \sigma_{sp} \left( 1 - \frac{l}{e^{\delta \theta}} \right), \quad (9.10)$$

бу ерда,  $e$  - натурал логарифмнинг асоси;  $\delta = 0,25$ ;  $\theta$  - арматура ўқи бурилиш бурчакларининг йиғиндиси, радиан ҳисобида.

Арматуралар таранглаштирилиб бўлгандан

кейин конструкция шаклидаги қолип бетон қоринмаси билан тўлдирилиб зичлаштирилади. Бетоннинг қотишини тезлаштириш мақсадида конструкцияга иссиқлик таъсирида ишлов берилади. Иссиқлик таъсиридан таранглашган арматура чўзилади. Арматура маҳкамланган таянчлар орасидаги масофа ўзгармаганлиги сабабли арматурадаги дастлабки кучланишлар янада камаяди. Бу кучланишнинг камайиши  $\sigma_2$  билан белгиланиб, миқдори куйидагича аниқланади [15]:

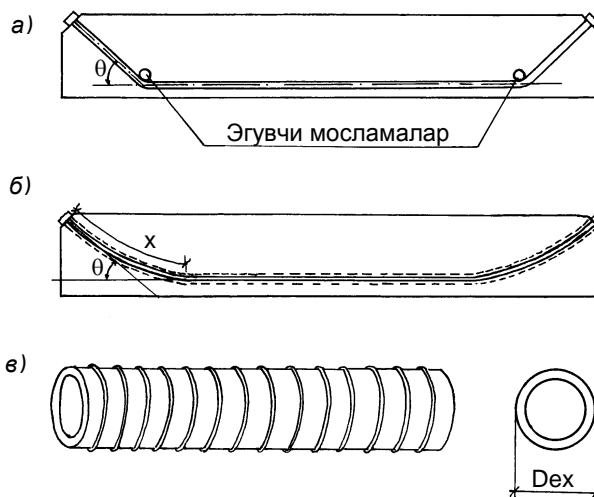
Конструкция синфлари В15...В40 бўлган бетонлардан тайёрланган бўлса

$$\sigma_2 = 1,25 \cdot \Delta t^0; \quad (9.11)$$

синфи В45 ва ундан юқори бўлган бетонлардан тайёрланган бўлса

$$\sigma_2 = 1,0 \cdot \Delta t^0, \quad (9.12)$$

бу ерда,  $\Delta t^0$  - иситиладиган арматура билан зўриктирувчи кучни қабул қилувчи кўзғалмас таянчлар орасидаги температуралар фарқи. Аниқ маълумотлар бўлмаган тақдирда  $\Delta t = 65^\circ\text{C}$  қабул қилинади.



9.5-расм. Таранглаштирилган арматурадаги дастлабки кучланишларнинг камайишини ҳисоблашга доир.

Конструкцияга иссиқлик таъсирида ишлов берилиб бетон маълум бир мустаҳкамликка эришгандан сўнг таранглашган арматура таянчлардан бўшатилади. Таянчлардан бўшаган арматура бетонни қиса бошлайди ва унда қисувчи кучланишларни ҳосил қилади. Қисувчи  $\sigma_{sp}$  кучланишлар таъсиридан бетонда қисқа вақт ичида сирпанувчанлик деформацияси ҳосил бўлади, яъни таранглашган арматуранинг узунлиги маълум бир миқдорга камаяди. Бу ўз навбатида арматурадаги дастлабки кучланишнинг камайишига олиб келади. Бетоннинг қисқа вақт ичида сирпанувчанлигидан арматурадаги кучланишнинг камайиши  $\sigma_6$  билан белгиланади ва унинг миқдори бетоннинг қотиш

шароитига, бетонни қисиш вақтидаги унинг муштаҳкамлигига ҳамда қисилишдан ҳосил бўлган бондаги кучланишга боғлиқ бўлади.

Табиий шароитда қотадиган бетонлар учун

$$\frac{\sigma_{bp}}{R_{bp}} \leq \alpha \text{ бўлганда } \sigma_6 = 40 \frac{\sigma_{bp}}{R_{bp}}; \quad (9.13)$$

$$\frac{\sigma_{bp}}{R_{bp}} \leq \alpha \text{ бўлганда эса, } \sigma_6 = 40 \cdot \alpha + 0,85\beta \left( \frac{\sigma_{bp}}{R_{bp}} - \alpha \right). \quad (9.14)$$

Бетоннинг қотишини тезлаштириш мақсадида унга иссиқлик таъсирида ишлов берилган бўлса, (9.13) ва (9.14) формулалардан аниқланадиган кучланишларнинг миқдорлари 0,85 коэффициентга кўпайтирилади.

(9.13) ва (9.14) формулаларда  $\alpha$  ва  $\beta$  коэффициентларнинг қийматлари қуйидаги формулалардан топилади:

$$\alpha = 0,25 + 0,025 \cdot R_{bp} \leq 0,8;$$

$$\beta = 5,25 - 0,185 \cdot R_{bp} \quad (1,1 \leq \beta \leq 2,5).$$

Ҳисоблаш формулаларида бетоннинг қисилишидан ҳосил бўладиган кучланиш таранглаштирилган арматуранинг оғирлик марказида топилади.

Олдиндан зўриқтириладиган конструкцияларнинг арматуралари конструкция тайёрлаш учун қўлланиладиган пўлат қолипларга тортиб таранглаштириладиган бўлса, қолипларнинг деформацияланиши натижасида арматурадаги дастлабки кучланишлар камайдими. Бу кучланишлар  $\sigma_5$  билан белгиланиб қуйидаги формуладан аниқланади:

$$\sigma_5 = \eta \frac{\Delta l}{l} \cdot E_s \quad (9.15)$$

Коэффициент  $\eta$  қуйидагича аниқланади:

- арматура домкратлар ёрдамида таранглаштирилганда

$$\eta = \frac{n-1}{2 \cdot n};$$

- электротермомеханик усулда таранглаштирилганда (бунда 50% зўриқиш юк осиб ҳосил қилинади)

$$\eta = \frac{n-1}{4 \cdot n};$$

$n$  - алоҳида ҳолда таранглаштириладиган стерженлар группасининг сони; қолип таянчларининг зўриқтирувчи  $P$  куч таъсир чизиғи бўйича яқинлашиши, қолипнинг деформацияланишини ҳисоблашдан аниқланади;

$l$  - қолип таянчларининг ташқи қирралари орасидаги масофа.

Қолипнинг шакли ва конструкцияни тайёрлаш технологияси тўғрисида маълумот берилмаган ҳолларда,  $\sigma_5$  - 30 МПа қабул қилинади.

Олдиндан зўриқтирилган темирбетон конструкциялар тайёрланиб бўлганидан сўнг ташқи юклар билан юклангунча зўриқтирувчи  $P$  куч ва муҳит таъсири остида бўлади. Муҳит таъсиридан бетонда чўкиш деформациялари ҳосил бўладиган бўлса, зўриқтирувчи  $P$  куч таъсиридан эса, бетонда давомли сирпаниш деформациялари ҳосил бўлади. Бу деформациялар таъсиридан таранглашган арматурадаги дастлабки кучланишларнинг миқдори янада камайдими.

Бетоннинг чўкишидан кучланишларнинг камайиши  $\sigma_8$  билан белгиланиб, қуйидагича қабул қилинади [15]:

табиий шароитда қотадиган бетонлар учун:

синфи В35 ва ундан паст бўлганда  $\sigma_8 = 40$  МПа;

синфи В40 бўлганда  $\sigma_8 = 50$  МПа;

синфи В45 ва ундан юқори бўлганда эса,  $\sigma_8 = 60$  МПа.

Бетонларга атмосфера босими остида иссиқлик таъсирида ишлов берилганда, синфи В35 ва ундан паст бўлган бетонлар учун  $\sigma_8 = 35$  МПа; синфи В40 бўлган бетонлар учун  $\sigma_8 = 35$  МПа ва синфи В45 ва ундан юқори бўлган бетонлар учун эса,  $\sigma_8 = 40$  МПа қабул қилинади.

Зўриқтирувчи  $P$  куч таъсиридан бетоннинг давомли сирпаниши натижасида арматурадаги дастлабки кучланишларнинг камайиши қуйидаги формулалардан аниқланади

$$\frac{\sigma_{bp}}{R_{bp}} \leq 0,75 \text{ бўлганда, } \sigma_9 = 150 \cdot \alpha \frac{\sigma_{bp}}{R_{bp}}, \quad (9.16)$$

$$\frac{\sigma_{bp}}{R_{bp}} > 0,75 \text{ бўлганда эса, } \sigma_9 = 300\alpha \left( \frac{\sigma_{bp}}{R_{bp}} - 75 \right), \quad (9.17)$$

бу ерда,  $\alpha$  - бетоннинг қотиш шароитини эътиборга оладиган коэффициент: табиий шароитда қотадиган бетонлар учун  $\alpha = 1,0$ ; атмосфера босими остида иссиқлик таъсирида ишлов бериладиган бетонлар учун эса,  $\alpha = 0,85$ .

Бетонни зўриқтирувчи  $P$  куч билан давомли қисгунча ҳосил бўладиган кучланишларнинг камайиши, **биринчи группа камайишларни** ташкил қилади, яъни

$$\sigma_{loss,1} = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 + \sigma_4 + \sigma_5 + \sigma_6 = \quad (9.18)$$

Бетонни зўриқтирувчи  $P$  куч билан давомли қисгандан кейин ҳосил бўладиган кучланишларнинг камайиши, **иккинчи группа камайишларни** ташкил қилади, яъни

$$\sigma_{loss,2} = \sigma_8 + \sigma_9. \quad (9.19)$$

Олдиндан таранглаштирилган арматурадаги дастлабки кучланишларнинг жами камайиши

$$\sigma_{loss} = \sigma_{loss,1} + \sigma_{loss,2}. \quad (9.20)$$

Энди арматураси бетонга маҳкамланиб таранг-

лаштирилган олдиндан зўриктирилган темир-бетон конструкциясининг арматурасидаги дастлабки кучланишларнинг камайишини қараб чиқамиз.

Бетонга маҳкамлаб таранглаштирилган арматурадаги дастлабки кучланишлар камайишининг биринчи группасига, арматура таранглаштириб бўлгунча кучланишларнинг камайиши киради, яъни

$$\sigma_{loss,1} = \sigma_3 + \sigma_4 \quad (9.21)$$

Таранглаштирувчи ускунада жойлашган анкерларнинг деформациланишидан камаядиган кучланиш  $\sigma_3$  куйидаги формуладан аниқланади:

$$\sigma_3 = \frac{\Delta l_1 + \Delta l_2}{l} \cdot E_s, \quad (9.22)$$

бу ерда,  $\Delta l_1 = 1$  мм, - анкер ва бетон элемент орасида жойлашадиган шайба ва қистирмаларнинг қисилишидан ҳосил бўладиган деформация;  $\Delta l_2 = 1$  мм, - стакан шаклидаги анкернинг деформацияси;  $l$  - таранглаштириладиган арматуранинг узунлиги, мм.

Таранглаш жараёнида арматуранинг канал деворлари ва конструкциянинг бетон сирти билан ишқаланишидан камаядиган кучланиш  $\sigma_4$  куйидаги формуладан аниқланади:

$$\sigma_4 = \sigma_{sp} \left( 1 - \frac{1}{e^{\omega \cdot x + \delta \cdot \theta}} \right), \quad (9.23)$$

бу ерда  $e$  - натурал логарифмнинг асоси;  $\omega$ ,  $\delta$  – 9.2 жадвалдан аниқланадиган коэффициентлар;  $x$  - таранглаштирувчи ускунадан ҳисобий кесимгача бўлган масофа, м (9.5,б расмга қаранг);  $\theta$  - арматура ўқининг бурилиш бурчаклари йиғиндиси, радиан ҳисобида;  $\sigma_{sp}$  - дастлабки таранглаш кучланиши, кучланишларнинг камайишини ҳисобга олинмаган ҳолда қабул қилинади.

Кучланишлар камайишининг иккинчи группасига арматура таранглаштирилиб бўлгандан кейин камаядиган кучланишлар киради, яъни

$$\sigma_{loss,2} = \sigma_7 + \sigma_8 + \sigma_9 + \sigma_{10} + \sigma_{11}. \quad (9.24)$$

Арматурадаги кучланишнинг релаксацияланишидан камаядиган кучланиш  $\sigma_7 = \sigma_1$  (9.6) ва (9.7) формулалардан аниқланади.

Бетоннинг чўкишидан арматурадаги дастлабки кучланишларнинг камайиши, бетоннинг қандай шароитда қотишидан қатъий назар, синфи В35 ва ундан паст бўлган бетонлар учун  $\sigma_8 = 30$  МПа, синфи В40 бўлган бетон учун -  $\sigma_8 = 35$  МПа ва синфи В45 ва ундан юқори бўлган бетонлар учун эса,  $\sigma_8 = 40$  МПа қабул қилинади.

Бетоннинг давомли сирпанувчанлигидан таранглашган арматурадаги дастлабки кучланишларнинг камайиши  $\sigma_9$  (9.16) ва (9.17) формулалардан аниқланади.

9.2 жадвал.

Канал ёки сирт	Арматуранинг ишқаланишидан камаядиган кучланишларни аниқлаш учун коэффицентлар		
	аркон арматура, $\omega$	$\delta$	
		Аркон арматура ва сим тутамлари учун	Қовурғали стерженлар учун
Каналнинг сирти металл бўлганда	0,003	0,35	0,4
каналнинг сирти бетон бўлиб, канал бикр канал ҳосил қилувчи материалдан ясалган бўлса		0,55	0,65
каналнинг сирти бетон бўлиб, канал эгилувчи материалдан ҳосил қилинган бўлса	0,0015	0,55	0,65
2. Бетон сирт учун	0	0,55	0,65

Кўндаланг кесимлари ҳалқа ва айлана шаклида бўлган темир-бетон конструкцияларни (қувурлар ва ҳоказо) олдиндан зўриктиришда таранглаштириладиган арматуралар ҳалқа ёки бурама чизик бўйлаб жойлаштирилади. Бу ҳолатда арматура остидаги бетоннинг эзилишидан ундаги дастлабки кучланишлар камаяди. Камаядиган кучланиш куйидаги формуладан аниқланади

$$\sigma_{10} = 70 - 0,22 \cdot d_{ext} \quad (\text{МПа}), \quad (9.25)$$

бу ерда  $d_{ext}$  - конструкция кўндаланг кесимининг ташқи диаметри, м.

Олдиндан зўриктириладиган конструкциялар алоҳида-алоҳида қисмлардан тайёрланадиган бўлса, арматуранинг таранглашидан бетон қисмлар ўртасидаги чокларнинг қисилиши натижасида дастлабки кучланишлар камаяди. Бу ҳолатда камаядиган кучланиш куйидаги формуладан аниқланади

$$\sigma_{11} = \frac{n \cdot \Delta l}{l} \cdot E_s, \quad (9.26)$$

бу ерда  $n$  - таранглаштириладиган арматуранинг узунлиги бўйича конструкциядаги чокларнинг сони;  $\Delta l$  - бетон қисмларнинг бирикиш жойлари қисилишидан ҳосил бўладиган деформация: бетон қисмлар оралари бетон билан тўлдирилган бўлса,  $\Delta l = 0,3$  мм; бетон қисмлар бир-бирига зич туташтирилган бўлса,  $\Delta l = 0,5$  мм;  $l$  - таранглашган арматуранинг узунлиги.

Олдиндан зўриктирилган темир-бетон конструкцияларнинг сиқилиш зонасига жойлаштириладиган таранглаштирилган арматуралардаги кучланишларнинг камайиши ҳам юқорида келтирилган формулалардан аниқланади.



### Таранглаштирилган арматурадаги кучланишларнинг камайишини аниқлаш

**Мисол 30.** 28 ва 29 мисолларда берилганлардан фойдаланиб таранглаштирилган арматурадаги дастлабки кучланишларнинг камайиши ҳисоблансин.

**Ечим.** Тўсин тайёрлангунча зўриктирилган арматурадаги кучланишларнинг камайиши (биринчи группа камайишлар):

арматурадаги кучланишнинг релаксацияси натижасида,

$$\sigma_1 = 0,1 \sigma_{sp} - 20 = 0,1 \cdot 720 - 20 = 52 \text{ МПа};$$

2) температуранинг фарқи натижасида,

$$\sigma_2 = 1,25 \cdot \Delta t = 1,25 \cdot 65 = 81,25 \text{ МПа};$$

3) арматурани тортиб таранглаштириш учун ишлатиладиган ускунада жойлашган анкерларнинг деформацияланиши натижаси,

$$\sigma_3 = \frac{\Delta l}{l} \cdot E_s = \frac{5,45}{13000} = 1,9 \cdot 10^{-5} = 79,7 \text{ МПа}$$

бу ерда,  $\Delta l = 1,25 + 0,15 \cdot 28 = 5,45$  мм.  $l$  - таранглаштириладиган арматура узунлиги.

4) бетоннинг қисқа вақт ичида сирпанувчанлигидан арматурадаги дастлабки кучланишларнинг камайишини топиш учун, олдиндан зўриктирувчи кучнинг қиймати аниқланади;

$$P = 9,82 (1,0 \cdot 720 - 52 - 81,25 - 79,7) = 4979 \text{ МПа} \cdot \text{см}^2 = 497,9 \text{ кН}.$$

$P$  куч қўйилган нуқтадан элементнинг келтирилган кесим юзасининг оғирлик марказигача бўлган масофа  $e_{op} = 32,44 - 5 = 27,44$  см. Зўриктирувчи  $P$  куч таъсиридан тўсиннинг таранглашган арматураси жойлашган сатҳда бетондаги кучланиш:

$$\sigma_{bp} = \frac{497,9(10)}{1457,45} + \frac{497,9(10) \times 27,44 - 65,88 \times 10^3}{513416} \cdot 27,44 \approx 7,2 \text{ МПа},$$

бу ерда тўсин хусусий оғирлигидан ҳосил бўлган эгувчи момент  $M_{x.o.} = q_{x.o.} \times l^2 / 8 = 3,66 \times 12,0^2 / 8 = 65,88$  кНм;

$$q_{x.o.} = 0,14 \times 1,0 \rho_{т.б.} \gamma_f \gamma_n = 0,14 \times 1,0 \times 25,0 \times 1,1 \times 0,95 = 3,66 \text{ кН/м}.$$

$\sigma_{bp} / R_{bp} = 7,2 / 24 = 0,3 < \alpha = 0,25 + 0,025 \times 24 = 0,85$  бўлганлиги учун,

$$\sigma_6 = 0,8540 \times 0,3 = 10,2 \text{ МПа}.$$

Тўсин тайёрлангунча арматурадаги дастлабки кучланишларнинг жами камайиши (биринчи группа камайишлар):

$$\sigma_{loss,1} = 52 + 81,25 + 79,7 + 10,2 = 223,15 \text{ МПа}.$$

Тўсин тайёрлангандан сўнг арматурадаги дастлабки кучланишларнинг камайиши (иккинчи группа ка-

майишлар):

5) бетоннинг қотиши натижасида ҳажмий қисқаришидан (бетонга атмосфера босими остида, иссиқлик таъсирида ишлов берилади) синфи. В 40 бўлган бетон учун

$$\sigma_8 = 40 \text{ МПа};$$

6) бетоннинг давомли сирпанувчанлигидан арматурадаги дастлабки кучланишларнинг камайишини топиш учун, олдиндан зўриктирувчи  $P$  кучнинг қиймати аниқланади:

$$P = 9,82 \cdot (1,0 \times 720 - 223,15) = 4879,0 \text{ МПа} \cdot \text{см}^2 = 487,9 \text{ кН}.$$

Таранглашган арматура сатҳидаги бетондаги кучланиш

$$\sigma_{bp} = \frac{487,9(10)}{1457,45} + \frac{487,9(10) \times 27,44 - 65,88 \times 10^3}{513416} \cdot 27,44 = 6,974 \text{ МПа}.$$

$\sigma_{bp} / R_{bp} = 6,974 / 24 = 0,29 < \alpha = 0,75$  бўлганлиги учун,

$$\sigma_9 = 150 \times 0,85 \times 0,29 \approx 37,0 \text{ МПа}.$$

Тўсин тайёрлангандан сўнг арматурадаги кучланишларнинг жами камайиши (иккинчи группа камайишлар):

$$\sigma_{loss,2} = 40 + 37 = 77 \text{ МПа};$$

кучланишларнинг умумий камайиши эса,

$$\sigma_{loss} = 223,15 + 77 \approx 300 \text{ МПа}.$$

### 9.5. Зўриктирувчи куч ва унинг таъсиридан бетондаги кучланишлар

Олдиндан зўриктирилган темирбетон конструкцияларда арматураларни таранглаштиришдан ҳосил бўладиган олдиндан зўриктирувчи  $P$  куч таранглаштирилган ва таранглаштирилмаган арматураларда ҳосил бўладиган зўриқишларнинг йиғиндисига тенг бўлади (9.6 расм), яъни

$$P = \sigma_{sp} A_{sp} + \sigma'_{sp} \cdot A'_{sp} + \sigma_s \cdot A_s + \sigma'_s A'_s, \quad (9.27)$$

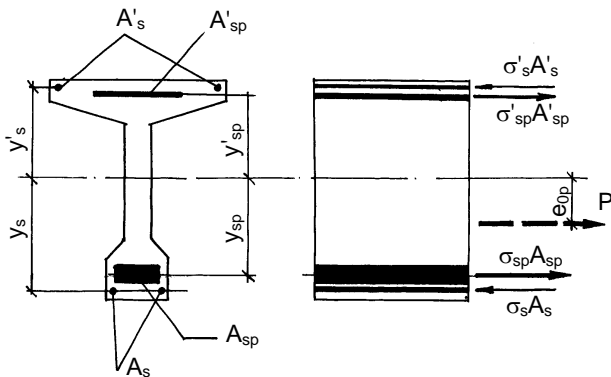
бу ерда  $\sigma'_{sp}$  ва таранглаштирилган  $A_{sp}$  ва  $A'_{sp}$  арматуралардаги дастлабки кучланишлар;  $\sigma_s$  ва  $\sigma'_s$  таранглаштирилмаган  $A_s$  ва  $A'_s$  арматуралардаги бетоннинг чўкиши ва давомли сирпанувчанлигидан ҳосил бўладиган кучланишлар.

Марказий чўзиладиган элементларда олдиндан зўриктирувчи  $P$  куч элемент кўндаланг кесими келтирилган юзасининг оғирлик марказига жойлашадиган бўлса, марказмас сиқиладиган ва марказмас чўзиладиган ҳамда эгиладиган элементларда эса, оғирлик марказига нисбатан маълум елка билан қўйилган бўлади. Бу ҳолатда олдиндан

зўриктирувчи  $P$  кучнинг елкаси қуйидаги формуладан аниқланади

$$e_{op} = \frac{\sigma_{sp} A_{sp} y_{sp} + \sigma'_s A'_s y'_s - \sigma'_{sp} A'_{sp} y'_{sp} - \sigma_s A_s y_s}{P}, \quad (9.28)$$

бу ерда  $y_{sp}$ ,  $y'_{sp}$ ,  $y_s$  ва  $y'_s$  - келтирилган кесим юзасининг оғирлик марказидан мос равишда таранглаштирилган ва таранглаштирилмаган арматуралар оғирлик марказларигача бўлган масофалар (9,6 расм).



9.6-расм. Зўриктирувчи куч ва унинг елкасини аниқлашга доир

Олдиндан зўриктирилган темир-бетон конструкцияларни ҳисоблашда олдиндан зўриктирувчи  $P$  куч таъсиридан бетон ва арматурада ҳосил бўладиган кучланишларни топиш талаб қилинади. Бетон ва арматурадаги кучланишларни аниқлашда бетон эластик ҳолатда деформацияланади деб материаллар қаршилигининг формулаларидан фойдаланилади.

Бетон ва арматуранинг физик ва механик хоссалари ҳар хил бўлганлиги сабабли ҳисобларда элемент кўндаланг кесимининг келтирилган юзаси қўлланилади. Бунда арматураларнинг кўндаланг кесим юзалари муқобил бўлган бетон юзалари билан олмоштирилади. Арматура билан бетоннинг боғланиши яхши таъминланганлиги сабабли арматура билан бетон бирга деформацияланади, яъни  $\epsilon_b = \epsilon_s$ . Гук қонунидан фойдаланиб арматура ва бетоннинг нисбий деформацияларини кучланишлар билан ифода қилган бўлсак қуйидаги тенгликни оламир

$$\sigma_b / E_b = \sigma_s / E_s. \quad (9.29)$$

Бу ифодадан арматурадаги кучланиш қуйидагига тенг бўлади

$$\sigma_s = \frac{E_s}{E_b} \sigma_b = \alpha \cdot \sigma_b. \quad (9.30)$$

Демак, арматуранинг ҳар бир бирлик кўндаланг кесим юзаси бетонга нисбатан  $\alpha$  марта кўп кучланишни қабул қилади. Шунинг учун арматуранинг кўндаланг кесим юзаси бетон билан олмоштирилади ва арматуранинг кўндаланг кесим юзаси  $\alpha$  ко-

эффицентга кўпайтирилади.

**Келтирилган кўндаланг кесим геометрик хarakterистикалари:**

келтирилган кесим юзаси

$$A_{red} = A_b + \alpha (A_{sp} + A'_{sp} + A_s + A'_s) \quad (9.31)$$

келтирилган кесим юзасининг чўзиладиган қиррасига нисбатан олинган статик момент

$$S_{red} = S_b + \alpha [A_{sp} \cdot a_p + A'_{sp} (h_o - a'_{sp}) + A_s \cdot a_s + A'_s (h_o - a'_s)] \quad (9.32)$$

келтирилган кесим юзасининг оғирлик марказидан чўзиладиган қиррагача бўлган масофа

$$y = \frac{S_{red}}{A_{red}}; \quad (9.33)$$

сиқиладиган қиррасигача бўлган масофа

$$y' = h - y; \quad (9.34)$$

келтирилган кесим юзасининг оғирлик марказига нисбатан инерция моменти

$$J_{red} = J_b + \alpha (A_{sp} y_{sp}^2 + A'_{sp} y'_{sp}{}^2 + A_s \cdot y_s^2 + A'_s \cdot A_{sp} \cdot a_p + A'_{sp} y_s^2) \quad (9.35)$$

Олдиндан зўриктирувчи куч  $P$  таъсиридан бетонда ҳосил бўладиган зўриқишлар қуйидаги формулалардан аниқланади:

элемент марказий қисилганда

$$\sigma_{bp} = \frac{P}{A_{red}}; \quad (9.36)$$

элемент марказмас қисилганда

$$\sigma_{bp} = \frac{P}{A_{red}} + \frac{P_{lop}}{J_{ped}} \cdot y_i. \quad (9.37)$$

Олдиндан зўриктирувчи  $P$  куч таъсиридан ҳосил бўладиган бетондаги  $\sigma_{bp}$  кучланиш элементни тайёрлаш жараёнида аниқландиган бўлса, зўриктирувчи  $P$  куч қуйидаги формуладан аниқланади

$$P = (\sigma_{sp} - \sigma_{loss,1}) A_{sp} + (\sigma'_{sp} - \sigma'_{loss,1}) A'_{sp} + \sigma_s A'_s - \sigma'_s A_s, \quad (9.38)$$

бу ерда  $\sigma_s$  ва  $\sigma'_s$  - қисилиш ҳолатида таранглаштирилмаган  $A_s$  ва  $A'_s$  арматуралардаги сиқувчи кучланишлар, миқдор жиҳатдан бетоннинг қисқа вақт ичида сирпанувчанлигидан камаядиган кучланишларга тенг қилиб олинади, яъни  $\sigma_s = \sigma_6$  ва  $\sigma'_s = \sigma'_6$ .

Бетондаги  $\sigma_{bp}$  кучланиш эксплуатация шароитида аниқландиган бўлса

$$P = (\sigma_{sp} - \sigma_{loss})A_{sp} + (\sigma'_{sp} - \sigma'_{loss})A'_{sp} - \sigma_s A_s - \sigma'_s A'_s, \quad (9.39)$$

бу ерда  $\sigma_s = \sigma_6 + \sigma_8 + \sigma_9$ ;  $\sigma'_s = \sigma'_6 + \sigma'_8 + \sigma'_9$ .

Олдиндан зуриктирилган темир-бетон конструкцияларни тайёрлаш жараёнида арматуранинг таранглаш учун бериладиган кучланиш (зўриқиш) ўлчов асбоблари орқали назорат қилинади. Таянчларга маҳкамлаб таранглаштириладиган арматурадаги назорат қилинадиган кучланиш қуйидаги формуладан аниқланади

$$\begin{aligned} \sigma_{con,1} &= \sigma_{sp} - \sigma_3 - \sigma_4; \\ \sigma'_{con,1} &= \sigma'_{sp} - \sigma'_3 - \sigma'_4; \end{aligned} \quad (9.40)$$

бу ерда  $\sigma_3, \sigma_4$  ва  $\sigma'_3, \sigma'_4$  - арматураларни таранглашда анкерларнинг деформацияланиши ва арматуранинг эгувчи мосламага ишқаланишидан камаядиган кучланишлар.

Бетонга маҳкамлаб таранглаштириладиган арматурадаги назорат қилинадиган кучланиш қуйидаги формулалардан аниқланади

$$\sigma_{con2} = \sigma_{sp} - \alpha \cdot \sigma_{bp}; \quad \sigma'_{con2} = \sigma'_{sp} - \alpha \cdot \sigma'_{bp}, \quad (9.41)$$

бу ерда  $\sigma_{bp}$  ( $\sigma'_{bp}$ )-кисувчи  $P$  куч таъсиридан чўзиладиган ва сиқиладиган арматураларнинг оғирлик марказлари сатҳларида бетондаги кучланишлар, кучланишларнинг биринчи группа камайишини эътиборга олиб топилади.

Олдиндан зуриктириладиган темир-бетон конструкцияларни тайёрлаш жараёнида зуриктирувчи  $P$  куч таъсиридан бетонда ҳосил бўладиган кисувчи  $\sigma_{bp}$  кучланишларнинг миқдори чегараланади. Чунки бетон жуда катта миқдордаги кучланиш билан қисилганда, таранглашган арматурадаги дастлабки  $\sigma_{bp}$  кучланишнинг бетон сирпанувчанлигидан камайиши шунча кўп бўлади. Шунинг учун ташки юклар таъсиридан бетондаги кисувчи кучланишнинг миқдори камайса ёки ўзгармаса,  $\sigma_{bp} \leq (0,85 \dots 0,95)R_{bp}$  кўпайганда эса,  $\sigma_{bp} \leq (0,6 \dots 0,7) R_{bp}$  қабул қилинади,  $R_{bp}$  - конструкцияни зуриктириш вақтдаги бетоннинг мустаҳкамлиги, МПа.

Конструкцияни зуриктириш вақтдаги бетоннинг мустаҳкамлиги  $R_{bp} \geq 11$  МПа миқдорда тайинланади. Агар конструкция синфлари А-VI бўлган стерженли арматура, К-7 ва К-19 бўлган арқон арматура, ҳамда учларида қалпоқчалар ҳосил қилинмаган симли арматуралар билан жиҳозланган бўлса,  $R_{bp} \geq 15,5$  МПа қабул қилинади. Бундан ташқари  $R_{bp}$  нинг қиймати қабул қилинган бетон синфининг 50% дан кам бўлмаслиги шарт.

Олдиндан зуриктирилган конструкцияларда таранглашган арматура жойлашган бетоннинг синфи, арматураларнинг синфларига мос равишда 9.3 жадвалда келтирилган қийматлардан кам қабул қилинмайди.

Таранглашган арматуранинг хили ва синфи	Шу қийматдан кам бўлмаган бетоннинг синфи
1. Симли арматура:	
синфи В-II учун (анкерлар бўлганда)	В20
Вр-II синф учун (анкерлар бўлмаганда) диаметри:	
5 мм бўлганда	В20
6 мм бўлганда	В30
К-7 ва К-19 синфлар учун	В30
2. Стерженли арматура (анкерлар бўлмаганда): диаметри 10 мм.дан 18 мм гача бўлган	
А-IV синф учун	В15
А-V синф учун	В20
А-VI синф учун	В30

#### Кесим геометрик характеристикаларини аниқлаш

**Мисол 29.** 25 мисолда келтирилган маълумотлардан фойдаланиб тўсиннинг геометрик характеристикаларини аниқлансин.

**Ечим.** Тўсиннинг келтирилган кўндаланг кесим юзаси (расмга қаранг)

$$A_{red} = (40 - 20)10 + 20 \cdot 60 + 5,85 \cdot 9,82 = 1457,45 \text{ см}^2.$$

Четки чўзиладиган толаларга нисбатан олинган, тўсин келтирилган кесим юзасининг статик моменти:

$$S_{red} = (40 - 20)10(60-5) + 20 \cdot 60 \cdot 30 + 5,85 \cdot 9,82 \cdot 5 = 47287,2 \text{ см}^3.$$

Келтирилган кесим юзасининг оғирлик марказидан четки чўзиладиган толаларгача бўлган масофа

$$y = 47287,2 / 1457,45 = 32,44 \text{ см},$$

сиқилган толаларгача бўлган масофа эса,

$$y' = h - y = 60 - 32,44 = 27,56 \text{ см}.$$

Келтирилган кесим юзасининг оғирлик марказидан  $A_{sp}$  ва  $A'_s$  арматураларнинг оғирлик марказларигача бўлган масофалар

$$y_{sp} = 32,44 - 5 = 27,44 \text{ см}.$$

Тўсин келтирилган кесим юзасининг оғирлик марказига нисбатан олинган инерция моменти:

$$J_{red} = (40-20) \frac{10^3}{12} + (40-20)10(55-32,44)^2 + 20 \cdot 60^3 / 12 + 20 \cdot 60(30-32,44)^2 + 5,85 \cdot 9,72 \cdot 27,44^2 = 513416,16 \text{ см}^4.$$

Тўсин чўзилган зонаси бўйича, келтирилган кесим юзасининг эластик момент қаршилиги

$$W_{red} = 513416,16 / 32,44 = 15826,6 \text{ см}^3,$$

сиқилган зонаси бўйича бўлса,

$$W'_{red} = 513416,16 / 27,56 = 18629,0 \text{ см}^3.$$

Тўсин келтирилган кесим юзасининг оғирлик

марказидан, кесимнинг чўзилган зонасидан энг узок жойлашган шартли ядро нуктасигача бўлган масофа

$$r = \varphi \frac{W_{red}}{A_{red}} = 1,0 \cdot \frac{158266}{145745} \approx 10,86, \text{ см.}$$

сиқилган зонадан энг узок жойлашган шартли ядро нуктасигача бўлган масофа эса,

$$r = 1,0 \cdot \frac{18629}{145745} = 12,78 \text{ см}$$

бу ерда,  $\varphi = 1,0$  деб қабул қилинади

Тўсин кўндаланг кесим юзасининг чўзилган зонаси бўйича эластик-пластик қаршилик моменти:

$$W_{pl} = 1,75 \cdot 15826,6 = 27696,55 \text{ см}^3$$

сиқилган зонаси бўйича бўлса,

$$W_{pl}^I = 1,5 \cdot 18629,0 = 27943,5 \text{ см}^3.$$

### 9.6. Олдиндан зўриқтирилган конструкциянинг ташқи юклар таъсиридан кучланиш ҳолатларининг ўзгариши

Арматураси таянчларга маҳкамланиб таранглаштирилган олдиндан зўриқтирилган конструкциянинг ташқи юклар таъсиридан кучланиш ҳолатларини қараб чиқамиз.

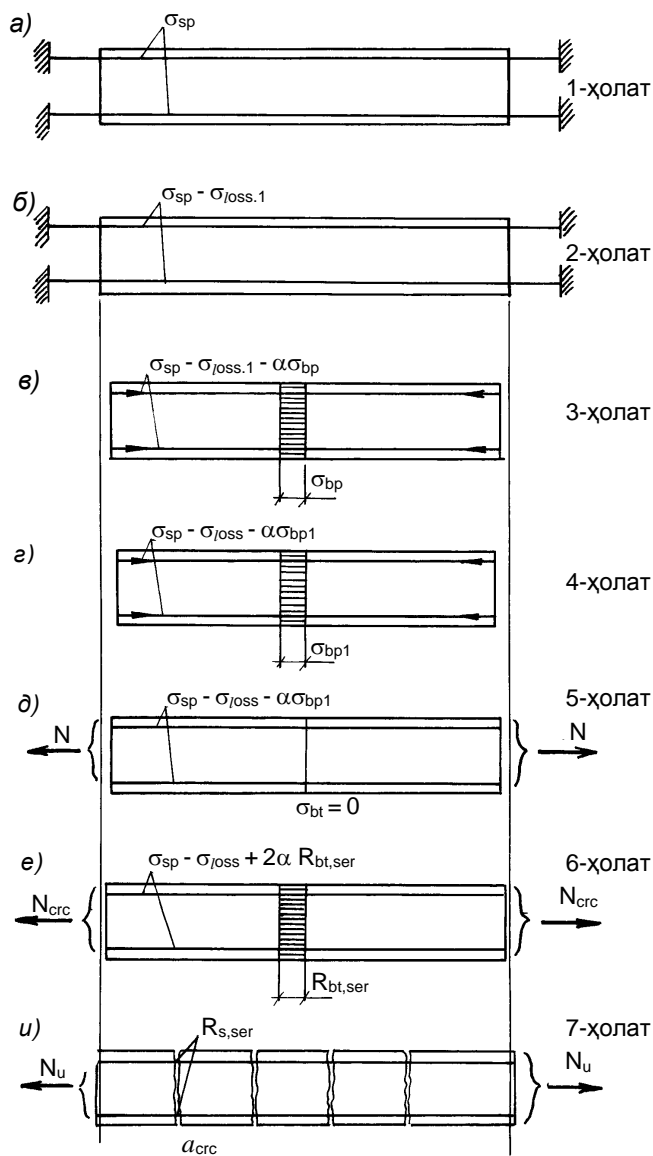
**Марказий чўзиладиган элементлар.** Марказий чўзиладиган элементларда қуйидаги кучланиш ҳолатларини учратиш мумкин.

**1 ҳолат** (9.7, а расм). Элементнинг кўндаланг кесим юзаси таранглаштирилган  $A_{sp}$  арматура билан жиҳозланган бўлиб, арматурадаги кучланиш  $\sigma_{sp}$  ни ташкил қилади.

**2 ҳолат** (9.7, б расм). Қолипни бетон қоришмаси билан тўлдириш, уни зичлаштириш ва қотиши жараёнида таранглаштирилган арматурадаги дастлабки  $\sigma_{sp}$  кучланишнинг миқдори таранглаштурувчи конструкциядаги анкерларнинг деформацияланиши, таянчларнинг деформацияланиши, кучланишларнинг релаксацияланиши ва температураларнинг фарқи (агар бетонга иссиқлик таъсирида ишлов берилган бўлса) натижасида камаяди.

**3 ҳолат** (9.7, в расм). Бетоннинг мустаҳкамлиги  $R_{bp}$  га етгандан кейин таранглаштирилган арматура таянчлардан бўшатилади. Таянчлардан бўшатирилган арматура таранглаштирилгунча бўлган ҳолатига қайтишга ҳаракат қилади. Аммо арматура бетонга яхши боғланганлиги сабабли арматуранинг дастлабки ҳолатига қайтишига бетон тўскинлик қилади. Натижада арматура бетонни қисиб унда қисувчи кучланишларни ҳосил қилади. Элементнинг кўндаланг кесими арматура билан симметрик равишда жиҳозланганлиги сабабли унинг кўндаланг кесими бир текисда қисилади. Элементни қисиб жараёнида бетонда қиска вақт ичида сирпанувчанлик деформацияси ҳосил бўлади, қайсиқим таранглашган арматурадаги дастлабки кучланишнинг камайиши-

га олиб келади. Бундан ташқари элементнинг эластик ҳолатда қисилиши натижасида ҳам арматурадаги дастлабки кучланишлар камаяди. Натижада, элемент қисилиб бўлинганидан кейин таранглашган арматурадаги кучланиш қуйидагига тенг бўлади ( $\sigma_{sp} - \sigma_{loss,1} - \alpha \cdot \sigma_{bp}$ ).



9.7 расм Марказий қисиб зўриқтирилган элементнинг марказий чўзилишдаги кучланиш ҳолатлари

**4 ҳолат** (9.7, г расм). Вақт ўтиши билан бетоннинг чўкиши ва давомли сирпанувчанлигидан таранглашган арматурадаги кучланишлар яна ҳам камаяди, яъни кучланишлар камайишининг иккинчи группаси содир бўлади. Таранглашган арматурадаги кучланишларнинг камайиши ҳисобига қисилган бетондаги кучланишлар ҳам камайиб,  $\sigma_{bp,1}$  ни ташкил қилади. Бу ҳолатда таранглашган арматурадаги кучланиш қуйидагига тенг бўлади

$$\sigma_{sp} - \sigma_{loss} - \alpha \sigma_{bp,1} .$$

**5 ҳолат** (9.7, д расм). Элементга ташқи юклар таъсир қилганда унда қисилишга тесқари бўлган чўзувчи кучланишлар ҳосил бўлади. Ташқи юк-

нинг миқдори ошган сари қисилишдан ҳосил бўлган кучланишлар камайиб боради. Ташқи юкнинг шундай бир қийматида бетондаги кучланиш нолга тенг бўлади. Арматурадаги кучланиш эса оша бориб  $\sigma_{sp} - \sigma_{loss}$  га тенг бўлади.

**6 ҳолат** (9.7, е расм). Элементга таъсир қилаётган юкнинг миқдори янада ошиши натижасида бетон чўзила бошлайди ва юкнинг шундай бир  $N_{crc}$  қийматида бетондаги чўзувчи кучланишлар  $R_{bt,ser}$  га тенг бўлади. Бу кучланишга мос бўлган бетондаги деформация эса, Гук қонунига асосан,  $E_{bt,u} = R_{bt,ser} / E_{bt,pl} = 2 \cdot R_{bt,ser} / E_b$  га тенг бўлади. Арматура билан бетоннинг биргаликдаги деформацияланишини ( $\epsilon_{bt} = \epsilon_s$ ) эътиборга оладиган бўлсак, арматурадаги кучланиш  $\Delta\sigma_s = E_s E_{bt,u} \cdot E_s = 2 \cdot R_{bt,ser} \cdot E_s / E_b = 2 \cdot \alpha R_{bt,ser}$  миқдорга ошади ва қуйидагига тенг бўлади  $\sigma_s = \sigma_{sp} - \sigma_{loss} + 2\alpha R_{bt,ser}$ .

**7 ҳолат** (9.7, расм). Агар, элементга таъсир қилаётган юкнинг миқдори яна бир оз ошириладиган бўлса, бетонда дарз кетиб ёриқлар очилади. Ёриқлар пайдо бўлган кесимларда ҳамма чўзувчи зўриқишларни арматуралар қабул қилади.

**8 ҳолат** Арматурадаги кучланишларнинг чегаравий  $R_{s,ser}$  қаршилигига етгандан кейин элемент бузилиш ҳолатига келиб қолади.

Олдиндан зўриктирилган элементнинг кучланиш ҳолатларига эътибор берадиган бўлсак, элементда дарз кетиш ҳолатида (6 ҳолат) арматурадаги кучланиш оддий элементнинг арматурасидаги кучланишдан  $\sigma_{sp} - \sigma_{loss}$  га кўп бўлади. Олдиндан зўриктирилган конструкцияларнинг дарз кетишига чидамлилигининг юқори бўлиши мана шу билан изоҳланади.

**Эгиладиган элементлар** Эгиладиган элементларда ҳам чўзиладиган элементлардагидек қуйидаги кучланиш ҳолатларининг 8 ҳолати учрайди.

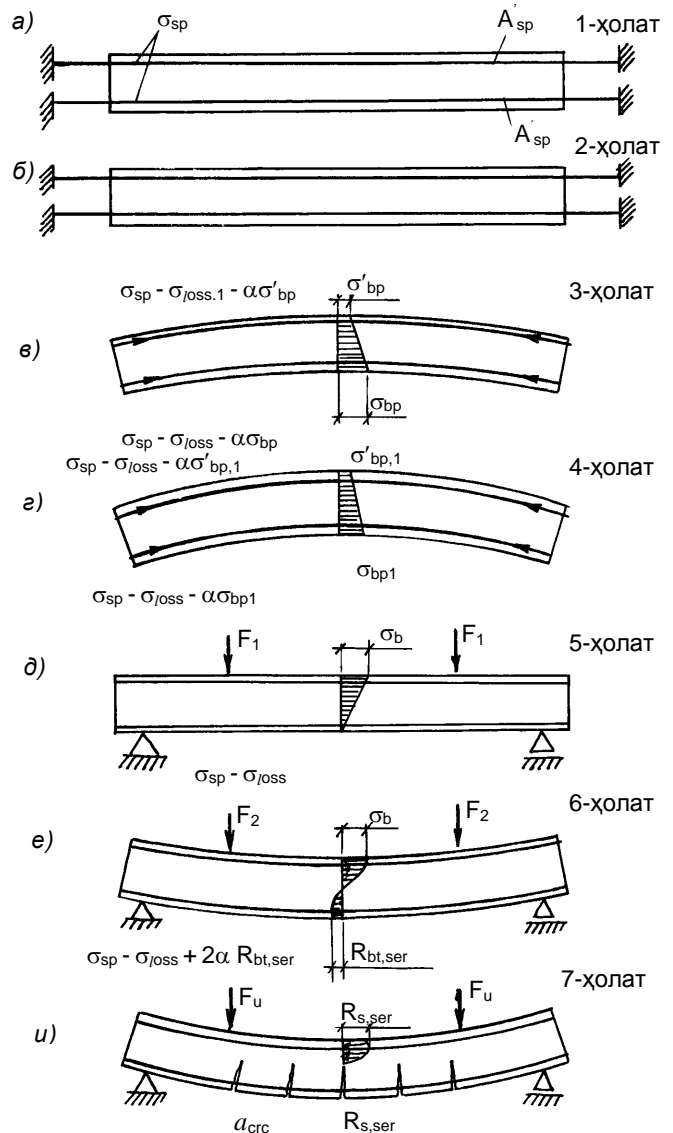
**1 ҳолат** (9.8, а расм). Эгиладиган элементларнинг кўндаланг кесим юзаси арматуралар билан носимметрик равишда жиҳозланади. Ташқи юклар таъсиридан чўзиладиган зоналарга эса  $A_{sp}$  арматура, сиқиладиган зоналарга эса,  $A'_{sp}$  арматура жойлаштирилади.  $A'_{sp}$  арматура элементнинг сиқиладиган зоналарида зўриктирувчи  $P$  куч таъсиридан дарз кетиб ёриқлар пайдо бўлмаслик шартидан қўйилади. Шунинг учун  $A_{sp} > A'_{sp}$  қабул қилинади.

$A_{sp}$  ва  $A'_{sp}$  арматуралар таянчларга маҳкамланиб таранглаштирилади ва улардаги дастлабки кучланишлар мос равишда  $\sigma_{sp}$  ва  $\sigma'_{sp}$  ни ташкил қилади.

**2 ҳолат** (9.8, б расм). Таранглаштирилган арматуралар таянчлардан бўшатишгунча,  $A_{sp}$  ва  $A'_{sp}$  арматураларда содир бўладиган жараёнлар худди марказий чўзилган элементларнинг арматурасидегидек кечади.

**3 ҳолат** (9.8, в расм). Бетоннинг мустаҳкамлиги  $R_{bp}$  га етгандан сўнг таранглаштирилган арматура

таянчлардан бўшатилади. Таянчлардан бўшатишган арматура дастлабки, таранглашгунча бўлган ҳолатини эгаллашга ҳаракат қилади. Лекин бетон билан яхши боғланганлиги сабабли бетонни (элементни) қисади. Элемент арматуралар билан носимметрик равишда жиҳозланганлиги учун ( $A_{sp} > A'_{sp}$ ) элемент марказмас қисилади ва юқорига қараб букилади. Бу ҳолатда элементнинг кўндаланг кесими тўла қисилиши ёки юқори толалари қисман чўзилиши мумкин. Қисилган бетонда қисқа вақт ичида сирпанувчанлик деформациясининг ривожланиши натижасида таранглашган арматурадаги дастлабки кучланиш камайди. Бунга элементни эластик ҳолатда қисилишдан кучланишларнинг камайиши қўшилади. Натижада  $A_{sp}$  арматурадаги кучланиш  $\sigma_{sp} - \sigma_{loss,1} - \alpha\sigma_{bp}$  га,  $A'_{sp}$  арматурадаги кучланиш эса,  $\sigma'_{sp} - \sigma'_{loss,1} - \alpha\sigma'_{bp}$  га тенг бўлади.



**9.8 расм** Марказмас қисиб зўриктирилган элементнинг эгилишдаги кучланиш ҳолатлари

**4 ҳолат** (9.8, г расм). Вақт ўтиши билан бетоннинг чўкиши ва давомли сирпанувчанлигидан таранглашган арматурадаги кучланишлар яна ҳам

камаяди, яъни кучланишлар камайишининг иккинчи группаси содир бўлади. Таранглашган арматурадаги кучланишларнинг камайиши ҳисобига қисилган бетондаги кучланишлар ҳам камаяди ва  $\sigma_{bp}$  га тенг бўлади. Элементнинг юқорига қараб букилиши ошади. Бу ҳолатда  $A_{sp}$  арматурадаги кучланиш  $\sigma_{sp} - \sigma_{loss,1} - \alpha\sigma_{bp}$  га  $A'_{sp}$  арматурадаги кучланиш эса,  $\sigma'_{sp} - \sigma'_{loss,1} - \alpha\sigma'_{bp}$  га тенг бўлади.

**5 ҳолат** (9.8, д расм). Ташқи юклар таъсиридан элементнинг  $A'_{sp}$  арматура жойлашган юқори зонаси сиқилиб,  $A_{sp}$  арматура жойлашган пастки зонаси чўзилади. Натижада  $A'_{sp}$  арматура жойлашган зонада бетондаги қисувчи кучланишлар кўпайиб,  $A_{sp}$  арматура жойлашган зонадаги бетонда эса, қисувчи кучланишлар камайиб боради. Ташқи юкларнинг маълум бир қийматида  $A_{sp}$  арматура сатҳида бетондаги кучланиш нолга тенг бўлади. Арматурадаги кучланиш эса,  $\alpha\sigma_{bpl}$  га кўпаяди, ва  $\sigma_{sp} - \sigma_{loss}$  га тенг бўлади.

Олдиндан зўриктирилган элементларнинг бундан кейинги ишлаш ҳолатлари оддий (арматураси таранглаштирилмаган) элементларнинг ишлаш ҳолатларидан фарқ қилмайди. Бунда ҳам кучланиш ҳолатининг уч босқичи элементнинг ишлаши билан характерланади.

**6 ҳолат** (9.8, е расм). Ташқи юк миқдорининг ошишидан элементнинг  $A_{sp}$  арматура жойлашган зонасидаги бетон чўзила бошлайди ва ташқи юкларнинг маълум бир қийматида ундаги кучланиш  $R_{bt,ser}$  га тенг бўлади, деформацияси эса,  $\varepsilon_{bt,u} = R_{bt,ser} / E_{bt,pl} = 2 \cdot R_{bt,ser} / E_b$  га тенг бўлади. Арматура билан бетоннинг биргаликда деформацияланишидан ( $\varepsilon_{bt} = \varepsilon_s$ )  $A_{sp}$  арматурадаги кучланишлар  $\Delta\sigma_s = \varepsilon_{bt} \cdot E_s = 2 \cdot \alpha \cdot R_{bt,ser}$  га ошади ва  $\sigma_{sp} - \sigma_{loss} + 2 \cdot \alpha \cdot R_{bt,ser}$  га тенг бўлади (I а босқич).

**7 ҳолат** (9.8, расм). Ташқи юкнинг ошишидан чўзилган зоналарда дарз кетиб, ёриқлар пайдо бўлади (II босқич). Ёриқлар пайдо бўлган кесимларда чўзувчи зўриқишларнинг ҳаммасини арматуралар қабул қилади. Шу билан бирга сиқилган зонадаги бетонда ҳам кучланишлар кўпаяди.

**8 ҳолат.**  $A_{sp}$  арматурадаги кучланишлар чегаравий  $R_{s,ser}$  қийматга, сиқилган бетондаги кучланишлар эса, чегаравий қийматга эришганда, элемент бузилиш ҳолатига келади (III босқич).

Юқорида келтирилган кучланиш ҳолатларидан кўриниб турибдики, темир-бетон конструкцияларда арматураларни олдиндан таранглаштириш уларнинг мустаҳкамлигига амалий таъсир кўрсатмайди.

Арматуралари бетонга маҳкамлаб таранглаштирилган олдиндан зўриктирилган конструкцияларнинг кучланиш ҳолатлари ҳам юқорида келтирилгандек ўзгаради. Лекин бу усул билан тайёрланган конструкцияларда арматурани таранглашда назорат қилинадиган кучланишларни ва дастлабки кучланишнинг камайишини аниқлаш ҳамда уларнинг вужудга келиш тартиби ўзига хос бўлган ху-

сусиятларга эга.

## 9.7. Олдиндан зўриктирилган конструкцияларни мустаҳкамлик бўйича ҳисоблаш

### а) мустаҳкамликни нормал кесим бўйича ҳисоблаш

Олдиндан зўриктирилган темир-бетон конструкцияларини бўйлама ўқига нормал бўлган кесимлар бўйича мустаҳкамлигини ҳисоблашда оддий темир-бетон конструкцияларини ҳисоблаш учун 4-8 бобларда келтириб чиқарилган ҳисоблаш формулаларидан фойдаланилади. Лекин, ҳисоблаш формулаларида олдиндан зўриктирилган конструкцияларнинг ўзига хос бўлган хусусиятлари эътиборга олинади. Бу хусусиятлар шундан иборатки, оддий темир-бетон конструкцияларини ҳисоблаш учун келтирилган формулаларда кўшимча равишда таранглаштирилган  $A_{sp}$  ва  $A'_{sp}$  арматураларда ҳосил бўладиган зўриқишлар эътиборга олинади. Юқори мустаҳкамликка эга, синфлари А-IV, А-V, А-VI, В-II, Вр-II, К-7, ва К-19 бўлган таранглаштирилган арматуралар билан жиҳозланган элементларни мустаҳкамлик бўйича ҳисоблашда  $\xi \leq \xi_R$  - шарт бажарилган ҳолатларда, таранглаштирилган арматуранинг ҳисобий қаршилиги  $\gamma_{s6} \leq \eta$  коэффициентга кўпайтирилади. Бу коэффициентнинг қиймати куйидаги формуладан аниқланади

$$\gamma_{s6} = \eta - (\eta - 1) \left( 2 \frac{\xi}{\xi_R} - 1 \right), \quad (9.42)$$

бу ерда  $\eta$  коэффициентнинг қиймати куйидагича қабул қилинади: синфи А-IV бўлган арматура учун  $\eta = 1, 2$ ; синфлари А-V, В-II, Вр-II, К-7 ва К-19 бўлган арматуралар учун  $\eta = 1,15$ ; синфи А-VI бўлган арматура учун эса  $\eta = 1,1$ .

Олдиндан зўриктирилган темирбетон конструкцияларнинг яна бир хусусияти шундан иборатки, сиқиладиган зонасига жойлаштирилган таранглашган  $A'_{sp}$  арматурадаги кучланиш  $\sigma_{sc,u} - \sigma'_{sp} > 0$  бўлганда конструкциянинг мустаҳкамлиги камаймайди, аксинча,  $\sigma_{sc,u} - \sigma'_{sp} < 0$  бўлганда эса, конструкциянинг мустаҳкамлиги

$$\Delta M = (\sigma_{sc,u} - \sigma'_{sp}) A'_{sp} (h_0 - a'_{sp})$$

миқдорга камаяди. Шунинг учун олдиндан зўриктириладиган конструкцияларнинг сиқиладиган зонасига жойлаштириладиган  $A'_{sp}$  арматурани, таранглашда бериладиган дастлабки кучланиш  $\sigma'_{sp}$  мумкин қадар кам қабул қилиниши ва  $\sigma_{sc,u} - \sigma'_{sp} \geq 0$  шарт бажарилиши лозим.

Олдиндан зўриктирилган конструкцияларни ҳисоблашда ҳам сиқилиш зонасининг чегаравий нисбий баландлиги  $\xi_R$  (4.28) формуладан аниқланади. (4.28) формулада, синфлари А-Шв, Вр-I, А-IV, А-V ва А-VI бўлган арматуралар учун

$\sigma_{sR} = R_s + 400 - \sigma_{sp} - \Delta\sigma_{sp}$ ; синфлари В-II, Вр-II, К-7 ва К-19 бўлган арматуралар учун эса,  $\sigma_{sR} = R_s + 400 - \sigma_{sp}$  қабул қилинади;  $R_s$ - арматуранинг ишлаш шароитини мос равишда эътиборга оладиган  $\gamma_{si}$  коэффициентларга ( $\gamma_{s6}$  коэффициент бундан мустасно) кўпайтириб олинadиган арматуранинг ҳисобий қаршилиги;  $\sigma_{sp}$  - дастлабки кучланиш,  $\gamma_{sp} < 1$  бўлган ҳол учун қабул қилинади.

Арматуралар механик, автоматик равишда электротермик ва электротермомеханик усуллар билан таранглаштирилганда, синфлари А-IV, А-V ва А-VI бўлган арматуралар учун

$$\Delta\sigma_{sp} = 1500 \frac{\sigma_{sp}}{R_s} - 1200 \geq 0, \quad (9.43)$$

колган ҳолларда эса,  $\Delta\sigma_{sp} = 0$  қабул қилинади.

$\sigma_{sc,u}$  кучланишни аниқлаш тартиби 55 бетда келтирилган.

Олдиндан зўриктирилган сиқиладиган конструкцияларни мустаҳкамлик бўйича ҳисоблашда ҳам, оддий темир-бетон конструкцияларнинг мустаҳкамлигини ҳисоблаш учун 5 бобда келтирилган формулалардан фойдаланилади. Фақат, (5.38) формуладан шартли критик  $N_{cr}$  кучни аниқлашда,  $\varphi_p$  коэффициент куйидаги формуладан аниқланади

$$\varphi_p = 1 + 12 \frac{\sigma_{bp}}{R_b} \cdot \frac{e_o}{h}; \quad (9.44)$$

бу ерда  $\sigma_{bp}$  - дастлабки кучланиш,  $\gamma_{sp} < 1$  бўлган ҳол учун қабул қилинади;  $R_b$  -бетоннинг ҳисобий қаршилиги, ишлаш шароитини эътиборга оладиган  $\gamma_{bi}$  коэффициентларни эътиборга олмасдан қабул қилинади. (5.38) формулада  $e_o/h \leq 1,5$  дан катта қабул қилинмайди.

#### **б) мустаҳкамликни қия кесим бўйича ҳисоблаш**

Олдиндан зўриктирилган конструкцияларнинг бўйлама ўқига қия бўлган кесимлар бўйича мустаҳкамлигини ҳисоблаш услуби, оддий конструкцияларни қия кесимлар бўйича ҳисоблаш услубидан фарқ қилмайди. Фақат ҳисоблаш формулаларида таранглаштирилган бўйлама  $A_{sp}$ , эгилган  $A_{s,inc}$  ва кўндаланг  $A_{sw}$  арматураларда ҳосил бўладиган зўриқишлар кўшимча равишда эътиборга олинади. Бундан ташқари, олдиндан зўриктирилган конструкцияларда олдиндан зўриктирувчи  $R$  кучнинг қия кесим мустаҳкамлигига таъсири эътиборга олинади. Бу куйидаги формуладан аниқланадиган

$$\varphi_n = 0.1 \frac{P}{R_{bt} \cdot b \cdot h_o} \leq 0,5 \quad (9.45)$$

коэффициенти орқали амалга оширилади. Бунда, оддий темир-бетон конструкцияларни ҳисоблаш учун 4 бобда келтирилган ҳисоблаш формулаларида  $(1 + \varphi_f)$  қиймат  $(1 + \varphi_f + \varphi_n) \leq 1,5$  билан алмаштирилади.

#### **Такрорлаш учун саволлар**

1. Темир-бетон конструкцияларни олдиндан зўриктиришнинг моҳияти нимадан иборат?

2. Нима учун оддий темир-бетон конструкцияларда юқори мустаҳкамликка эга бўлган арматура ва бетонни ишлатиш самарасиз ҳисобланади?

3. Темир-бетон конструкциялар қанақа усуллар билан зўриктирилади?

4. Олдиндан зўриктирилган конструкцияларда арматуралар қанақа усуллар билан таранглаштирилади? Хар бир усул тўғрисида гапиринг.

5. Олдиндан зўриктирилган конструкцияларда арматура билан бетоннинг маҳкам боғланиши қандай таъминланади? Зўриқишларни узатиш зонаси қандай аниқланади?

6. Махсус анкерлар қачон қўлланилади?

7. Нима учун олдиндан зўриктириладиган конструкцияларнинг таянч зоналари кўндаланг арматуралар билан кўшимча жиҳозланади?

8. Арматураларни таранглаш учун берилadиган дастлабки кучланишлар қандай қабул қилинади?

9. Нима учун таранглаштирилган арматурадаги дастлабки кучланишлар камаяди? Сабабларини айтинг.

10. Зўриктирувчи  $R$  куч ва унинг елкаси қандай аниқланади? Формулаларини ёзинг.

11. Келтирилган кесим юзасининг геометрик хarakterистикалари қандай аниқланади? Формулаларини ёзинг.

12. Зўриктирувчи  $R$  куч таъсирдан бетондаги кучланишлар қандай аниқланади? Формулаларини ёзинг.

13. Арматураларни таранглашда назорат қилинадиган кучланиш қандай аниқланади?

14. Олдиндан зўриктирилган марказий чўзилadиган темир-бетон конструкциянинг ташқи юқлар таъсирдан кучланиш ҳолати қандай ўзгаради?

15. Эгиладиган конструкциянинг кучланиш ҳолати қандай?

16. Олдиндан зўриктирилган темир-бетон конструкцияларни мустаҳкамлик бўйича ҳисоблашнинг хусусиятлари нималардан иборат?

# ТЕМИР-БЕТОН КОНСТРУКЦИЯЛАРИНИНГ ЭЛЕМЕНТЛАРИНИ ЧЕГАРАВИЙ ҲОЛАТЛАРИНИНГ ИККИНЧИ ТУРКУМИ БЎЙИЧА ҲИСОБЛАШ

## 10. ТЕМИР-БЕТОН КОНСТРУКЦИЯЛАРИНИНГ ЭЛЕМЕНТЛАРИНИ ДАРЗ КЕТИШИГА ЧИДАМЛИЛИК ВА ДЕФОРМАЦИЯ БЎЙИЧА ҲИСОБЛАШ

### 10.1. Умумий ҳолатлар

Темир-бетон конструкциялари мустаҳкамлик бўйича қўйиладиган талаблар билан бирга эксплуатация қилиш жараёнида унга қўйиладиган талабларга (дарз кетишига чидамлилик, ёриқларнинг очилиш кенглиги ва элементларнинг салқилигини чегаралаш) ҳам жавоб бериши, яъни эксплуатация қилишга яроқли бўлиши шарт. Тажрибаларнинг кўрсатишича, кўп ҳолларда мустаҳкамлиги таъминланган конструкцияларда дарз кетиб ёриқларнинг пайдо бўлиши уларни эксплуатация қилиш учун яроқсиз ҳолатга олиб келади.

Дарз пайдо бўлиб, ёриқлар очилиши рухсат этиладиган конструкцияларда эса, ёриқлар очилиш кенглиги ва салқиликларнинг чегаравий миқдорларини катта бўлиши уларни эксплуатация қилиш имконини беради. Шунинг учун ҳам темир-бетон конструкцияларининг элементлари чегаравий ҳолатларнинг иккинчи туркуми бўйича, дарз кетишига чидамлигини таъминлаш ва салқиликларни чегаралаш мақсадида ҳисобланади.

Темирбетон конструкцияларнинг дарз кетишига чидамлиги деб, уларнинг дарз кетиши ва дарз кетиши натижасида ёриқларнинг очилишига кўрсатадиган қаршилигига айтилади.

Темир-бетон конструкцияларнинг ишлаш шариоити ва уларни жиҳозлаш учун ишлатилган арматуранинг хилига қараб, дарз кетишига чидамлилик уч тоифага бўлинади.

**Биринчи тоифага** мансуб бўлган темирбетон конструкцияларда дарз кетиши рухсат этилмайди. Бундай конструкцияларга суюқлик ва газ босими остида, ҳамда ер остида ишлайдиган конструкциялар киради. Бу тоифага мансуб бўлган конструкцияларнинг ҳаммаси олдиндан зўриқтириб тайёрланади.

**Иккинчи тоифага** мансуб бўлган конструкцияларда муваққат юклар таъсиридан дарз кетиши ва ёриқларнинг очилиши рухсат этилади. Лекин муваққат юкларнинг таъсири йўқолганда ёриқлар маҳкам ёпилиши шарт. Бу тоифага сочма хом ашёлар (буғдой, цемент ва ҳоказолар) сақланадиган омборларнинг конструкциялари, краности тўсинлар, кўприк конструкциялари ва электр энергиясини узатиш учун қўлланиладиган таянчлар киради. Бу конструкциялар ҳам олдиндан зўриқтириб тай-

ёрланади. Қўлланилган арматуранинг синфи ва диаметрига қараб, муваққат юклар таъсиридан очиладиган ёриқларнинг кенглиги 0,2 мм гача рухсат этилади.

**Учинчи тоифага** мансуб бўлган конструкцияларда ҳам муваққат, давомли ва доимий юклар таъсиридан дарз кетиши ва ёриқларнинг очилиши рухсат этилади. Лекин ёриқларнинг очилиш кенглиги арматуранинг зангламаслик шартидан чегараланади ва юкларнинг таъсири йўқолганда ёпилиши шарт эмас. Бу тоифага ҳамма олдиндан зўриқтирилмаган ҳамда стерженли арматура билан жиҳозланган олдиндан зўриқтирилган конструкциялар киради. Бу конструкцияларда доимий юклар таъсиридан ёриқларнинг очилиш кенглиги 0,3 мм.гача, муваққат юклар таъсиридан эса, 0,4 мм.гача рухсат этилади.

Темир-бетон конструкцияларни дарз кетишига чидамлилик бўйича ҳисоблашда ташқи юкларнинг миқдорлари дарз кетишга чидамлиликнинг тоифасига қараб олинади. Биринчи ва иккинчи тоифага мансуб бўлган конструкцияларни дарз кетишига чидамлилик бўйича ҳисоблашда юкларнинг ҳисобий қиймати олинади. Бунда юк бўйича ишончлилик (пухталиқ) коэффиценти худди мустаҳкамликни ҳисоблашдагидек бирдан катта қабул қилинади, яъни  $\gamma_f > 1$ . Учинчи тоифага мансуб бўлган конструкцияларни ҳисоблашда эса,  $\gamma_f = 1$  қабул қилинади.

Конструкцияларни ёриқларнинг очилиши ва ёпилиши бўйича ҳисоблашда ҳисобий юклар қабул қилиниб, юк бўйича ишончлилик (пухталиқ) коэффиценти бирга тенг қилиб олинади ( $\gamma_f = 1$ ).

### 10.2. Дарз кетишига чидамлиликни элемент бўйлама ўқига нормал бўлган кесимлар бўйича ҳисоблаш

Темир-бетон элементларнинг дарз кетишига чидамлиги деб, уларнинг кучланиш ва деформацияланиш ҳолатининг 1а босқичида (2 бобнинг 2.2 параграфига қаранг) дарз кетишига кўрсатадиган қаршилигига айтилади.

Темир-бетон конструкциялари элементларининг дарз кетишига чидамлигини ҳисоблашда қуйидаги шартлар қабул қилинади:

1) элементнинг кўндаланг кесими деформациялангунча текис ҳолатда бўлса, деформациялан-



гандан кейин ҳам текис ҳолатда қолади, яъни Бернулли фарази ўринли деб қабул қилинади;

2) эгиладиган элементларнинг сиқилиш зонасидаги бетон эластик ҳолатда деформацияланади (оддий темир-бетон элементлар учун);

3) марказмас сиқилдиган ва олдиндан зўриктирилган эгиладиган элементларнинг сиқилиш зонасидаги бетон пластик ҳолатда деформацияланади;

4) элементнинг чўзилган зонасида бетондаги кучланишларнинг эпюраси тўғри тўртбурчак шаклида қабул қилиниб, кучланишнинг миқдори  $R_{bt,ser}$  га тенг қабул қилинади;

5) таранглаштирилмаган арматурадаги кучланишларнинг миқдори

$$\sigma_s = -(\sigma_{sh} + \sigma_{sc}) + 2 \cdot \alpha \cdot R_{bt,ser}, \quad (10.1)$$

таранглаштирилган арматурадаги кучланишларнинг миқдори эса,

$$\sigma_{sp} = \gamma_{sp} \cdot \sigma_{sp} - \sigma_{loss} + 2 \cdot \alpha \cdot R_{bt,ser} \quad (10.2)$$

қабул қилинади, бу ерда  $\sigma_{sh}$  - бетоннинг чўкиши натижасида ҳажмий қисқаришидан ҳосил бўладиган арматурадаги кучланиш;  $\sigma_{sc}$  - юкларнинг давоми ва доимий таъсирдан бетон сирпанувчанлиги натижасида ҳосил бўладиган арматурадаги кучланиш;  $2 \cdot \alpha \cdot R_{bt,ser}$  - арматурани қўршаган бетон деформациясининг ошишига мос бўлган чўзувчи кучланиш.

Юқорида қабул қилинган шартлар асосида олдиндан зўриктирилган марказий чўзиладиган элементнинг кучланиш ҳолати 10.1-расмда кўрсатилган. Бу элемент учун статиканинг мувозанат тенгламасини тузамиз:

$$N - N_{crc} = 0, \quad (10.3)$$

бу ерда  $N$  - ташқи юклардан ҳосил бўлган зўриқиш;  $N_{crc}$  - элемент бўйлама ўқига нормал бўлган кесимнинг дарз кетиш ҳолатида қабул қиладиган зўриқиш, куйидаги формуладан аниқланади

$$\begin{aligned} N_{crc} = & A'_s (-\sigma'_{sh} - \sigma_{sc} + 2 \cdot \alpha \cdot R_{bt,ser}) + \\ & + A_s (-\sigma_{sh} - \sigma_{sc} + 2 \cdot \alpha \cdot R_{bt,ser}) + \\ & + A_b \cdot R_{bt,ser} + A'_{sp} (\gamma_{sp} \cdot \sigma'_{sp} - \sigma'_{loss} + \\ & + 2 \cdot \alpha \cdot R_{bt,ser}) + A_{sp} (\gamma_{sp} \cdot \sigma_{sp} - \sigma_{loss} + \\ & + 2 \cdot \alpha \cdot R_{bt,ser}). \end{aligned} \quad (10.4)$$

Марказий чўзиладиган элементларда  $A'_s = A_s$  ва  $A'_{sp} = A_{sp}$  эканлигини эътиборга оладиган бўлсак, (10.4) ифода соддалаштирилгандан кейин куйидаги кўринишни олади

$$N_{crc} = R_{bt,ser} (A_b + 2 \cdot \alpha \cdot A_s) + P - (\sigma_{sh} + \sigma_{sc}) \cdot A_s \quad (10.5)$$

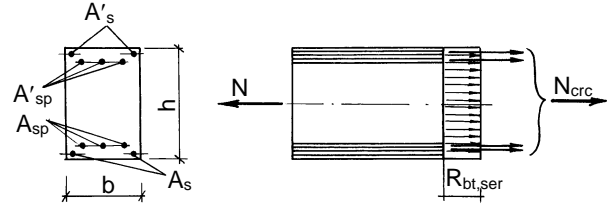
бу ерда  $P$  - элементни олдиндан зўриктирувчи куч.

(10.3) мувозанат тенгламадан куйидаги шартни оламиз

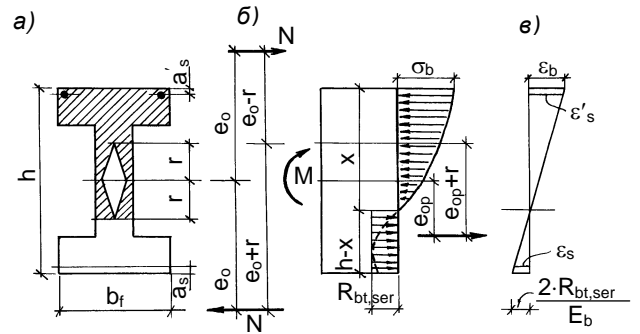
$$N \leq N_{crc} \quad (10.6)$$

Агар (10.6) шарт бажарилса, ташқи юклар таъсирдан элементда дарз кетмайди. Акс ҳолда дарз кетиб ёриқлар очилади.

Олдиндан зўриктирилган элементлар таранглаштирилган ва таранглаштирилмаган арматуралар билан бирга жиҳозланган бўлса, бетоннинг чўкиши ва сирпанувчанлигидан элементнинг дарз кетишига чидамлилиги камаяди [10.5 формулага эътибор бериб қаранг].



10.1 расм. Марказий чўзиладиган элементларни дарз кетишга чидамlilik бўйича ҳисоблашга доир



10.2 расм. Эгиладиган, марказмас сиқилдиган ва марказмас чўзиладиган элементларни дарз кетишга чидамlilik бўйича ҳисоблашга доир

Арматуралари таранглаштирилмаган элементларни дарз кетишига чидамlilik бўйича ҳисоблаганда зўриктирувчи  $P$  кучнинг қиймати нолга тенг қилиб олинади.

**Эгиладиган элементлар** Эгиладиган элементда ташқи юклар таъсирдан дарз кетиши ҳолатида кучланиш ва деформацияланиш ҳолатлари 10.2 расмда кўрсатилган.

Олдиндан зўриктирилган эгиладиган элементларни дарз кетишига чидамlilik бўйича ҳисоблашда арматураларни таранглаштиришдан ҳосил бўладиган зўриктирувчи  $P$  куч ташқи куч сифатида элемент келтирилган кесим юзасининг оғирлик марказига нисбатан  $e_{op}$  елка билан кўйилган деб қабул қилинади.

Ҳисоблаш формуларини топиш учун мувозанат тенгламаларини тузамиз: ядровий кесимнинг юқори нуктасига (10.2 расмга қаранг) нисбатан тузилган моментлар тенгламаси:

$$\begin{aligned} M - P(e_{op} + r) - R_{bt,ser} \cdot A_{bt} \left( \frac{h-x}{2} + r \right) - \\ - \sigma_s \cdot A_s (h_o - x + r) - \\ - \sigma'_s \cdot A'_s \left( x - a^1 - r \right) - \sigma_b \frac{b \cdot x}{2} \left( \frac{2 \cdot x}{3} - r \right) = 0; \end{aligned} \quad (10.7)$$

бурчак деформацияларининг тенглигидан тузилган тенглама (10.2, в расмга қаранг)

$$\frac{2 \cdot R_{bt,ser}}{E_b(h-x)} = \frac{E_s}{h_o - x} = \frac{E'_s}{x - a'} = \frac{E_b}{x}; \quad (10.8-10.10)$$

бўйлама кучлар ва зўриқишлар проекцияларининг тенграмаси (бунда зўриктирувчи Р куч эътиборга олинмайди)

$$R_{bt,ser} \cdot A_{bt} + \sigma_s \cdot A_s - \sigma'_s \cdot A'_s - \sigma_b \cdot \frac{b \cdot x}{2} = 0. \quad (10.11)$$

Бетон ва арматурадаги деформацияларни мос бўлган кучланишлар билан ифодалаб, (10.8) - (10.10) тенграмалардан бетон ва арматуралардаги кучланишларни аниқлаймиз:

$$\sigma_b = 2 \cdot R_{bt,ser} \cdot \frac{x}{h-x}; \quad (10.12)$$

$$\sigma_s = 2 \cdot \alpha \cdot R_{bt,ser} \cdot \frac{h_o - x}{h-x}; \quad (10.13)$$

$$\sigma'_s = 2 \cdot \alpha \cdot R_{bt,ser} \cdot \frac{x - a'}{h-x}. \quad (10.14)$$

Топилган кучланишларни (10.17) мувозанат тенгламага кўйиб, баъзи бир соддалаштиришлар қилганимиздан сўнг, куйидаги ифодани оламиз

$$M_{crc} = R_{bt,ser} \cdot W_{pl} + P(e_{op} + r) - \frac{2 \cdot R_{bt,ser}}{h-x} \cdot S_{b0}^0 \cdot r. \quad (10.15)$$

Келтирилган кесим юзасининг оғирлик марказига нисбатан олинган статик моменти  $S_{b0}^0 = 0$  эканлигини эътиборга оладиган бўлсак (10.15) формула куйидаги кўринишни олади

$$M_{crc} = R_{bt,ser} \cdot W_{pl} + P(e_{op} + r), \quad (10.16)$$

бу ерда  $W_{pl}$  - келтирилган кесим юзасининг четки чўзилган толалари учун (чўзилган бетоннинг пластик деформацияланишини эътиборга олиб) қаршилик моменти. Бу қаршилик момент бўйлама N куч ва зўриктирувчи Р кучларни эътиборга олмасдан куйидаги формула орқали аниқланади

$$W_{pl} = \frac{2(J_{bo} + \alpha \cdot J_{s0} + \alpha \cdot J_{s0}^1)}{h-x} + S_{b0}. \quad (10.17)$$

Бетон ва арматуралардаги кучланишларни (10.12) - (10.14) ифодалардан (10.11) мувозанат тенгламага кўйиб, баъзи бир соддалаштиришлардан кейин нейтрал ўқнинг ҳолатини аниқлаш учун куйидаги тенграмани оламиз

$$S_{b0}' + \alpha \cdot S_{s0}' - \alpha \cdot S_{s0} = \frac{(h-x) \cdot A_{bt}}{2}. \quad (10.18)$$

Ташқи юклар таъсиридан элементда дарз кетиши ва кетмаслиги куйидаги шарт асосида текширилади

$$M_r \leq M_{crc} = R_{bt,ser} \cdot W_{pl} + M_{rp}, \quad (10.19)$$

бу ерда  $M_r$  - дарз кетишига чидамлилиги текшири-лаётган чўзилган зонадан энг узоқ жойлашган ядровий нуқтадан ўтган ўққа нисбатан ташқи юклардан олинган момент.

Темир-бетон элементларнинг дарз кетишига чидамлилиги уларни тайёрлаш жараёнида текшириладиган бўлса

$$M_{rp} = P(e_{op} - r); \quad (10.20)$$

эксплуатация қилиш шароитида текшириладиган бўлса

$$M_{rp} = P(e_{op} + r) \quad (10.21)$$

қабул қилинади.

Эгиладиган темирбетон элементларни дарз кетишига чидамлилигини ҳисоблаш учун юқорида келтирилган формулалар марказмас сиқиладиган ва марказмас чўзиладиган элементларни ҳисоблаш учун ҳам қўлланилиши мумкин. Бунда  $M_r$  моментнинг киймати куйидаги формулалар бўйича аниқланади:

марказмас сиқиладиган элементлар учун-

$$M_r = N(e_0 - r) \quad (10.22)$$

марказмас чўзиладиган элементлар учун эса

$$M_r = N(e_0 + r). \quad (10.23)$$

(10.22) ва (10.23) формулаларида:  $r$  - келтирилган кесим юзасининг оғирлик марказидан дарз кетишига чидамлилиги текширилаётган чўзилган зонадан энг узоқ жойлашган ядро нуқтасигача бўлган масофа.

Марказмас сиқиладиган, олдиндан зўриктирилган эгиладиган ҳамда марказмас чўзиладиган элементлар учун

$$N \leq P \quad (10.24)$$

шарт бажарилса,  $r$  миқдори куйидаги формуладан аниқланади

$$r = \varphi \cdot \frac{W_{red}}{A_{red}}; \quad (10.25)$$

марказмас чўзиладиган элементлар учун (10.24) шарт бажарилмас,  $r$  миқдори куйидаги формуладан аниқланади

$$r = \frac{W_{pl}}{A + 2 \cdot \alpha \cdot (A_s + A'_s)}; \quad (10.26)$$

арматуралари таранглаштирилмаган эгиладиган элементлар учун

$$r = \frac{W_{red}}{A_{red}}. \quad (10.27)$$

(10.25) формулада  $\varphi$  коэффициентнинг миқдори

куйидаги формуладан аниқланади

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_b}{R_{b,ser}} \quad (10.28)$$

ва 0,7 дан кичик, 1 дан эса, катта қабул қилинмайди.

(10.28) формулада:  $\sigma_b$  - ташқи юклар ва зўриктирувчи  $P$  куч таъсиридан сиқиладиган бетондаги энг катта кучланиш. Умумий ҳол учун  $\sigma_b$  кучланиш эластик жисмлардагидек келтирилган кесим бўйича куйидаги формуладан аниқланади

$$\sigma_b = \frac{P + N}{A_{red}} + \frac{M + N \cdot e - P \cdot e_{0p}}{J_{red}} \cdot y. \quad (10.29)$$

Эгиладиган элементларни ҳисоблашда (10.29) формулада  $N = 0$  қабул қилинадиган бўлса, марказмас сиқиладиган ва марказмас чўзиладиган элементларни ҳисоблаш учун  $M = 0$  қабул қилинади. (10.29) формулада  $N$  куч олдидаги "+" ишора элемент марказмас сиқилганда, "-" ишора эса, марказмас чўзилганда қабул қилинади.

Темир-бетон элементларни тайёрлаш жараёнида ташқи юклар таъсиридан сиқиладиган зоналарида зўриктирувчи  $P$  куч таъсиридан дарз кетиб ёриқларнинг очилиши руҳсат этиладиган бўлса, чўзиладиган зоналарининг дарз кетишига чидамлилиги куйидаги формуладан ҳисобланади

$$M_{crc} = (1 - \lambda)(R_{bt,ser} \cdot W_{pl} + M_{rp}), \quad (10.30)$$

бу ерда

$$\lambda = \left(1,5 - \frac{0,9}{\delta}\right)(1 - \varphi_m) \quad (10.31)$$

(10.31) формуладан аниқланадиган  $\lambda$  коэффициентининг миқдори нолдан кичик бўлган тақдирда,  $\lambda = 0$  қабул қилинади;  $\varphi_m$  коэффициентининг миқдори (10.56) формуладан аниқланади ва  $\varphi_m \geq 0,45$  қабул қилинади;

$$\delta = \frac{y}{h - y} \cdot \frac{A_s}{A_s + A_s^1} \leq 1,4. \quad (10.32)$$

### 10.3. Дарз кетишига чидамлилиқни элемент бўйлама ўқига қия бўлган кесимлар бўйича ҳисоблаш

Материаллар қаршилиги курсидан маълумки, кўндаланг эгиладиган тўсинларнинг эгувчи момент ва кесувчи кучнинг биргалиқда таъсир қиладиган таянч зоналарида бош сиқувчи  $\sigma_{mc}$  ва бош чўзувчи  $\sigma_{mt}$  кучланишлар ҳосил бўлади (4.24-расмга қаранг). Бош чўзувчи  $\sigma_{mt}$  кучланиш таъсиридан тўсиннинг таянч зоналарида унинг бўйлама ўқига қия бўлган кесимлар бўйича дарз кетиб ёриқлар ҳосил бўлиши мумкин. Шунинг учун элементларнинг бўйлама ўқига қия бўлган кесимлар бўйича

дарз кетишига чидамлилиги бош чўзувчи  $\sigma_{mt}$  кучланиш таъсир зоналарида текширилади.

Элементнинг бўйлама ўқига қия бўлган кесимлар бўйича дарз кетиши ёки кетмаслиги куйидаги шартдан текширилади

$$\sigma_{mt} \leq \gamma_{b4} \cdot R_{bt,ser}, \quad (10.33)$$

бу ерда  $\gamma_{b4}$  - икки ўк бўйича мураккаб, "сиқилиш-чўзилиш" кучланиш ҳолатининг бетон мустаҳкамлигига таъсирини эътиборга оладиган коэффициент, куйидаги формуладан аниқланади

$$\gamma_{b4} = \frac{1 - \sigma_{mc} / R_{bt,ser}}{0,2 + \alpha\beta} \leq 1. \quad (10.34)$$

Бу ерда  $\alpha$  коэффициентининг қиймати куйидагича қабул қилинади: оғир бетонлар учун  $\alpha = 0,01$ ; енгил, ғовакли ва майдадонали бетонлар учун  $\alpha = 0,02$ ; В - бетоннинг сиқилишдаги мустаҳкамлиги бўйича синфи.

(10.34) формулада  $\alpha \cdot V$  кўпайтманиннг қиймати 0,3 дан кам қабул қилинмайди.

Бетонда ҳосил бўладиган бош чўзувчи ва бош сиқувчи кучланишларнинг қийматлари куйидаги формуладан аниқланади

$$\sigma_{mc} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \sqrt{\frac{(\sigma_x - \sigma_y)^2}{2} + \tau_{xy}^2}, \quad (10.35)$$

бу ерда  $\sigma_x$  - ташқи юклар ва олдиндан зўриктирувчи  $P$  куч таъсиридан элементнинг бўйлама ўқига перпендикуляр бўлган юза бўйича бетонда ҳосил бўладиган нормал кучланиш, эгиладиган элементлар учун куйидаги формуладан аниқланади

$$\sigma_x = \frac{M - P \cdot e_{0p}}{J_{red}} y - \frac{P}{A_{red}}; \quad (10.36)$$

$\sigma_y$  - таянч реакцияси, тўпланган куч ва тенг тарқалган юк таъсиридан, ҳамда кўндаланг арматураларни таранглаш натижасида элемент бўйлама ўқига параллел бўлган юзада ҳосил бўладиган бетондаги кучланиш, куйидаги формуладан аниқланади

$$\sigma_y = \sigma_{y,wi} + \sigma_{y,loc}, \quad (10.37)$$

$\sigma_{y,wi}$  - кўндаланг ва эгри арматураларни таранглашдан ҳосил бўладиган бетондаги кучланиш:

$$\sigma_{y,wi} = \frac{\sigma_{pw} \cdot A_{pw}}{S \cdot b} + \frac{\sigma_{pi} \cdot A_{pi} \cdot \sin \alpha}{S_i \cdot b}, \quad (10.38)$$

бу ерда  $A_{pw}$  - қаралаётган участка бўйича бир текисликда жойлашган олдиндан таранглаштирилган кўндаланг арматураларнинг кесим юзаси;  $A_{pi}$  қаралаётган "0 - 0" кесимга нисбатан симметрик равишда жойлашган  $U_0 = h/2$  участкадаги (10.3 расмга қаранг) олдиндан таранглаштирилган эгри арматураларнинг кесим юзаси;  $\sigma_{pw}$ ,  $\sigma_{pi}$  - кўндаланг ва эгри арматураларни таранглаштиришда берила-

диган кучланишларнинг (кучланишларнинг камайишини эътиборга олган ҳолда) миқдорлари;  $\alpha$  - эгри арматура билан элемент бўйлама ўқи орасидаги бурчак;

$\sigma_{y,loc}$  - маҳаллий сиқилиш натижасида бетонда ҳосил бўладиган кучланиш (10.3 расмга қаранг), қуйидаги формуладан аниқланади

$$\sigma_{y,loc} = \frac{F}{b \cdot h} \cdot \frac{\beta^2}{1,57} \left[ \frac{3 - 2\beta}{(1 + \alpha^2)^2} - \frac{\beta}{(\alpha^2 + \beta^2)^2} \right], \quad (10.39)$$

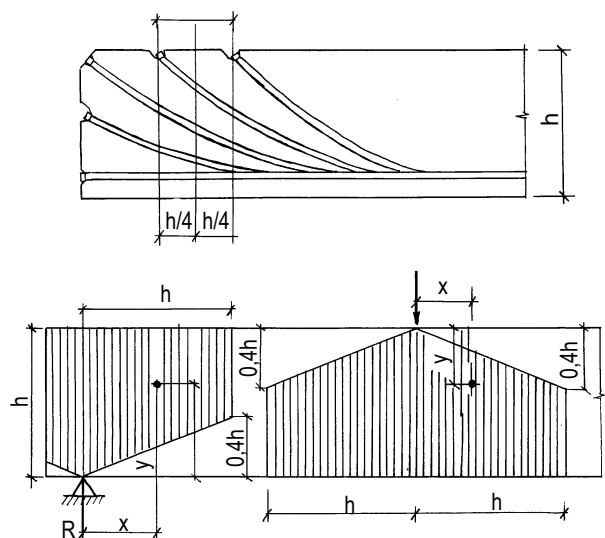
бу ерда  $F$  - тўпланган куч ёки таянч реакцияси;  $\beta = y/h$  ва  $\alpha = x/h$  - кучланиш миқдори аниқланадиган нуқтанинг нисбий координаталари.

Маҳаллий сиқилишдан ҳосил бўладиган кучланишлар тўпланган куч қўйилган нуқтадан ҳар иккала томонга  $x = 0,7 \cdot h$  масофадан ўтган кесимларда аниқланади.

Уринма кучланишларнинг миқдори қуйидаги формуладан аниқланади

$$\tau_{xy} = \frac{(Q - \sum P_i \cdot \sin \alpha)}{J_{red} \cdot b} \cdot S_{red}, \quad (10.40)$$

бу ерда  $Q$  - кўндаланг куч;  $\sum P_i$  - таянчда ёки таянч билан "0 - 0" кесимдан  $h/4$  масофада ўтадиган кесим орасида тугайдиган эгри арматураларни таранглаштириш натижасида ҳосил бўладиган зўриктирувчи куч;  $S_{red}$  - элемент кесим юзаси силжийдиган қисмининг неграл ўққа нисбатан статик моменти.



**10.3 расм.** Дарз кетишга чидамлилиқни элемент бўйлама ўқига қия бўлган кесимлар бўйича ҳисоблашга доир

(10.33) шарт бўйича текшириш элемент келтирилган кесими юзасининг оғирлик марказида, ҳамда тавр ва қўштавр кесимларнинг рафи билан девори бирикадиган жойларда бажарилади.

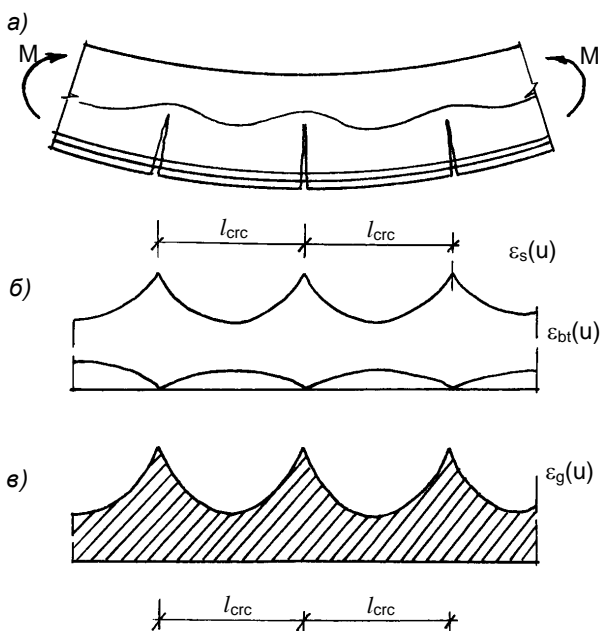
Олдиндан таранглаштирилган арматуралар би-

лан жиҳозланган элементларни ҳисоблашда, агар арматура анкерлар билан жиҳозланмаган бўлса, дастлабки  $\sigma_{sp}$  ва  $\sigma_{sp}$  кучланишларнинг кучланишларни узатиш зонаси  $l_p$  бўйича камайиши  $\gamma_{s5}$  коэффициентга кўпайтирилиб эътиборга олинади [15].

#### 10.4. Темир-бетон элементларни ёриқларнинг очилиши бўйича ҳисоблаш

Темир-бетон элементларнинг чўзилган зоналарида дарз кетгандан кейин ташқи юкнинг миқдори яна бир оз оширилганда ёриқлар очилади ва элемент кучланиш ва деформацияланиш ҳолатининг II босқичи бўйича ишлайди.

Тажрибаларнинг кўрсатиши бўйича элементнинг ёриқлар пайдо бўлган зоналарида чўзилган бетон ва арматурадаги деформациялар нотекис тарқалади (2.3 расмга қаранг). Ёриқлар пайдо бўлган кесимларда арматурадаги деформациялар ўзининг энг катта қийматига эришиб, ёриқлардан узоқлашган сари камайиб боради. Чўзилган бетондаги деформациялар эса, ёриқлар пайдо бўлган кесимларда нолга тенг бўлиб, ёриқлардан узоқлашган сари қиймати ошиб боради. Арматура ва чўзилган бетонда деформацияларнинг нотекис тарқалишига арматура билан бетон боғланган сирт бўйича ҳосил бўладиган уринма кучланишлар сабаб бўлади. Бу кучланишлар ёрдамида ёриқлар орасидаги бетон ишга жалб қилинади.



**10.4 расм.** Эгиладиган элемент чўзилиш зонасидаги арматура ва бетондаги чўзилиш деформациялари (б) ва силжиш деформацияларининг (в) эпюралари

Элементнинг ёриқлар пайдо бўлган участкаларида арматура ва бетон деформацияларининг фарқи арматуранинг бетонга нисбатан силжиш деформациясини беради (10.4, в расм), яъни

$$\varepsilon_g = \varepsilon_s(u) - \varepsilon_{bt}(u). \quad (10.41)$$

Ёриқнинг очилиш кенлиги  $a_{crс}$  ёриқдан ҳар иккала томонга жойлашган арматура билан бетоннинг актив боғланиш зоналарида силжиш деформацияларининг йиғиндисига тенг, яъни

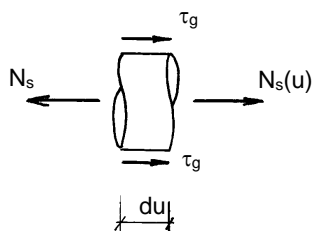
$$a_{crс} = 2 \int_0^{0,5l_{crс}} \varepsilon_g(u) du. \quad (10.42)$$

Арматуранинг деформациясини аниқлаш учун бетон билан қўршалган стерженда бетоннинг таъсирини уринма кучланишлар билан алмаштириб, унинг мувозанат ҳолатини қараймиз (10.5 расм). Стержень учун зўриқишлар мувозанат тенгламасини тузамиз

$$-N_s + N_s(u) + \int \tau_g \cdot P_s \cdot du = 0 \quad (10.43)$$

ва бу мувозанат тенгламада зўриқишларни деформациялар орқали ифодалаб, арматуранинг деформациясини аниқлаймиз

$$\varepsilon_s(u) = \varepsilon_s - \frac{P_s}{E_s \cdot A_s} \int \tau_g du. \quad (10.44)$$



**10.5 расм.** Чўзилган арматура стерженининг мувозанат ҳолати

Бетонда ҳосил бўладиган зўриқиш уринма кучланишлар йиғиндисига тенг бўлади (10.6 расм), яъни

$$N_{bt}(u) - T = P_s \int \tau_g \cdot du. \quad (10.45)$$

Бетондаги зўриқишни деформация орқали ифодалаб, (10.45) формуладан бетоннинг деформациясини аниқлаймиз

$$\varepsilon_{bt}(u) = \frac{N_{bt}(u)}{\nu \cdot E_{bt} \cdot A_{bt}} = \frac{P_s}{\nu E_b \cdot A_{bt}} \int \tau_g du. \quad (10.46)$$

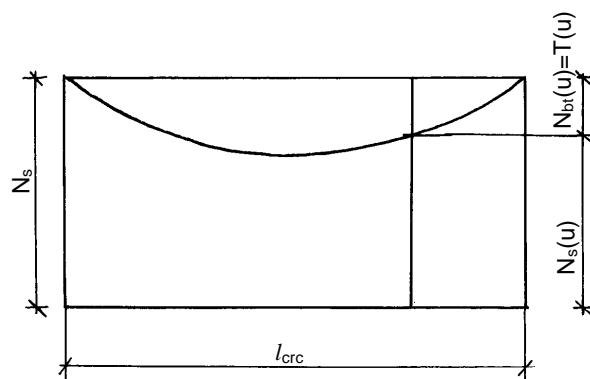
Топилган арматура ва бетон деформацияларини (10.41) ифодага қўйиб, арматуранинг бетонга нисбатан силжиш деформациясини аниқлаймиз

$$\varepsilon_g(u) = \varepsilon_s - \frac{P_s}{E_s \cdot A_s} \left( 1 + \frac{E_s \cdot A_s}{\nu \cdot E_b \cdot A_{bt}} \right) \int \tau_g du. \quad (10.47)$$

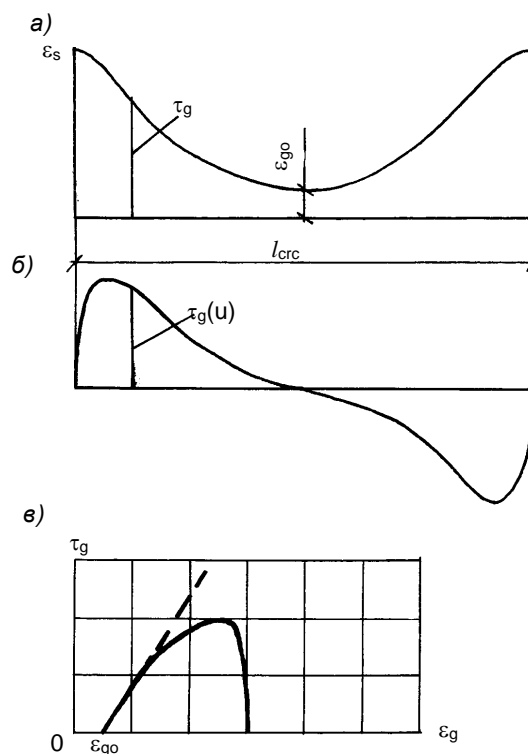
Силжиш деформацияси билан уринма кучланишлар орасидаги боғланишни ифодалаш учун 10.7 - расмда келтирилган силжиш деформацияси  $\varepsilon_g$  ва  $\tau_g$  уринма кучланиш эпюраларидан фойдаланамиз. Умумий ҳолда  $\tau_g = f(\varepsilon_g)$  боғланиш эгри

чизикли бўлиб, амалий ҳисоблашларда тўғри чизикли боғланиш билан алмаштириши мумкин (10.7, в расм):

$$\tau_g(u) = G [\varepsilon_g(u) - \varepsilon_{g0}]. \quad (10.48)$$



**10.6 расм** Чўзилган арматура ва бетонда зўриқишларнинг тақсимланиши



**10.7 расм.** Силжиш деформацияси билан уринма кучланиш орасидаги боғланишни ифодалашга доир:

Бу уринма кучланишни (10.47) тенгламага қўйиб, унинг ҳар иккала томонини "u" бўйича дифференциаллаймиз ва қуйидаги дифференциал тенгламани оламиз

$$\varepsilon_g'(u) + B \cdot \varepsilon_g(u) = B \cdot \varepsilon_{g0}, \quad (10.49)$$

бу ерда

$$B = \frac{P_s \cdot G \cdot K}{A_s \cdot E_s}, \quad (10.50)$$

$$K = 1 + \frac{E_s \cdot A_s}{\nu E_b \cdot A_{bt}} = 1 + \frac{\alpha \cdot \mu_{st}}{\nu}. \quad (10.51)$$

Бошлангич шартни эътиборга олган ҳолда ( $u=0$  бўлганда  $\varepsilon_g(u) = \varepsilon_s$  дифференциал тенгламанинг ечимини аниқлаймиз

$$\varepsilon_g(u) = (\varepsilon_s - \varepsilon_{go})e^{-B \cdot u} + \varepsilon_{go}. \quad (10.52)$$

(10.52) формуладан аниқланган силжиш деформациясини (10.42) формулага қўйиб, ёриқнинг очилиш кенглигини аниқлаймиз

$$a_{crc} = \frac{\varepsilon_s - \varepsilon_{go}}{0,5 \cdot B} (1 - e^{-0,5B \cdot l_{crc}}) + \varepsilon_{go} \cdot l_{crc}. \quad (10.53)$$

Ёриқнинг очилиш кенглигини аниқлаш боскичида (эксплуатация қилиш ҳолатида) актив боғланиш зонасининг узунлиги ёриқлар орасидаги масофанинг ярмига тенг бўлади, яъни  $l_{an} = 0,5 \cdot l_{crc}$ .

Ёриқлар орасидаги масофа  $l_{crc}$  аниқлаш учун куйидаги шартдан фойдаланамиз: ёриқлар, ораллигининг ўрта кесимида, яъни  $u = 0,5 \cdot l_{crc}$  бўлганда, уринма кучланишнинг миқдори  $\tau_g = G \cdot \varepsilon_{go}$  га тенг бўлади. Бу шартга асосан ёриқлар орасидаги масофа

$$l_{crc} = \frac{1}{0,5 \cdot B} \ln \frac{\varepsilon_{go}}{\varepsilon_s - \varepsilon_{go}}. \quad (10.54)$$

Ёриқлар орасидаги  $l_{crc}$  масофани (10.53) формулага қўйиб, баъзи бир соддалаштиришлар ва қискартиришларни бажарганимиздан кейин ёриқнинг очилиш кенглигини ҳисоблаш учун куйидаги формулани оламиз

$$a_{crc} = \frac{2 \cdot \sigma_s \cdot A_s}{P_s \cdot G \cdot K} \quad (10.55)$$

ёки

$$a_{crc} = 0,5 \frac{d}{K} \cdot \frac{\sigma_s}{G}. \quad (10.56)$$

Тажрибаларнинг кўрсатишича ёриқ, очилиш кенглигининг максимал ва ўртача қийматларининг нисбати 1,6 ни ташкил қилади. У вақтда ёриқ очилиш кенглигининг максимал қиймати куйидаги формуладан аниқланади

$$a_{crc}^{\max} = 0,8 \frac{d}{K} \cdot \frac{\sigma_s}{G}, \quad (10.57)$$

бу ерда  $G$  - ёриқлар ўртасидаги участкада арматуранинг бетонга нисбатан силжиш модули, куйидаги формуладан аниқланади

$$G = \varphi_g \cdot E_b, \quad (10.58)$$

$\varphi_g$  - бетоннинг синфига ва элементни зўриқтиришдан бетоннинг қисилиш даражаси  $\sigma_{bp}/R_{bp}$  га боғлиқ бўлган коэффициент [12];

$K$  - элементнинг кучланиш ҳолати, арматуранинг миқдори, ҳамда бетон ва арматуранинг эла-

стик модулларини эътиборга оладиган коэффициент, куйидагича аниқланади:

марказий чўзиладиган ва марказмас чўзиладиган элементлар учун  $e_{0,tot} < 0,8 \cdot h_0$  бўлганда

$$K = \frac{1}{1 + 2 \cdot \alpha \mu_s}; \quad (10.59)$$

эгиладиган марказмас сиқиладиган ва марказмас чўзиладиган элементлар учун  $e_{0,tot} \geq 0,8 \cdot h_0$  бўлганда

$$K = \frac{1}{1 + 4 \cdot \alpha \mu_s} \quad (10.60)$$

бу ерда  $\alpha = E_s / E_b$ ;  $\mu_s = A_s / b \cdot h_0$ .

Чўзилган арматурадаги кучланиш (ёки кучланишнинг ошиши)  $\sigma_s$  куйидаги формулалардан аниқланади:

марказий чўзиладиган элементлар учун

$$\sigma_s = \frac{N - P}{A_s}; \quad (10.61)$$

эгиладиган элементлар учун

$$\sigma_s = \frac{M - P(z - e_{sp})}{A_s \cdot z}; \quad (10.62)$$

марказмас сиқиладиган ва марказмас чўзиладиган элементлар учун  $e_{0,tot} \geq 0,8 \cdot h_0$  бўлганда

$$\sigma_s = \frac{N(e_s \pm z) - R(z - e_{sp})}{A_s - z}; \quad (10.63)$$

марказмас чўзиладиган элементлар учун  $e_{0,tot} > 0,8 \cdot h_0$  бўлганда эса,

$$\sigma_s = \frac{N(e_s \pm Z_s) - R(Z - e_{sp})}{A_s - Z}, \quad (10.64)$$

бу ерда  $z_s - S_s$  ва  $S'_s$  арматуралар кўндаланг кесимлари оғирлик марказлари орасидаги масофа.

(10.62) - (10.63) формулаларда  $z$  нинг қиймати куйидаги формуладан аниқланади

$$z = h_0 \left[ 1 - 0,67 \frac{3 \frac{h_f'}{h_0} \varphi_f + (1 + \lambda + \lambda^2) \xi^2}{2 \varphi_f + (1 + \lambda) \xi} \right] \quad (10.65)$$

Сиқилиш зонасининг баландлиги  $x$  (11.36) тенгламадан аниқланади. (10.57) формуладан кўриниб турибдики, элементни жиҳозлаш учун ишлатилган арматуранинг диаметри қанча кичик бўлса ва арматуранинг бетонга нисбатан силжиш модули қанча катта бўлса, ёриқларнинг очилиш кенглиги шунча кичик бўлади.

Кўп марта такрорланадиган, ҳамда давомли ва

доимий юклардан ёриқларнинг очилиш кенглигини ҳисоблашда (10.57) формуладан аниқланадиган  $a_{crc}$  нинг миқдори  $\varphi_1$  коэффициентга кўпайтирилади.

Қурилиш меъёрлари ва қоидалари [15] элемент бўйлама ўқига нормал бўлган ёриқларнинг очилиш кенглигини ҳисоблаш учун қуйидаги формуладан фойдаланишни тавсия қилади

$$a_{crc} = \delta \cdot \varphi_l \cdot \eta \frac{\delta_s}{E_s} 20 \cdot (3,5 - 100\mu_s) \sqrt[3]{d}, \text{ мм}, \quad (10.66)$$

бу ерда  $\delta$  - элементнинг кучланиш ҳолатини эътиборга оладиган коэффициент: эгиладиган ва марказмас сиқиладиган элементлар учун  $\delta = 1$ ; чўзиладиган элементлар учун эса,  $\delta = 1,2$ ;  $\varphi_1$  - юкларнинг қисқа ва узок вақт таъсир қилишини эътиборга оладиган коэффициент: доимий ва давомли юклар қисқа вақт таъсир қилганда, ҳамда қисқа вақт таъсир қиладиган юклар учун  $\varphi_1 = 1$ ; кўп марта такрорланадиган, ҳамда доимий ва давомли юклар учун қуйидаги формуладан аниқланади

$\varphi_1 = 1,60 - 15\mu_s$ ;  $\eta$  - арматуранинг сиртига боғлиқ бўлган коэффициент: стерженли арматураларнинг сирти қовурғали бўлганда  $\eta = 1$ ; текис бўлганда эса,  $\eta = 1,3$ ; сирти қовурғали бўлган симли арматуралар учун  $\eta = 1,2$ ; сирти текис бўлганда эса,  $\eta = 1,4$ ;  $\mu_s$  - арматура билан жиҳозланиш коэффициенти,  $\mu_s \leq 0,02$  қабул қилинади;  $d$  - арматура кўндаланг кесим юзасининг диаметри, мм.

Чўзилган арматурадаги  $\sigma_s$  кучланиш (ёки кучланишларнинг ошиши) (10.61) - (10.64) формулалардан аниқланади,  $z$  нинг қиймати эса (10.65) формуладан аниқланади.

Элементларнинг бўйлама ўқига қия бўлган ёриқларнинг очилиш кенглиги  $a_{crc}$  юқорида келтирилган услуб бўйича, баъзи бир ўзгартиришлар киргизиб олинган қуйидаги формуладан аниқланади:

элемент унинг бўйлама ўқига перпендикуляр бўлган кўндаланг арматура билан жиҳозланганда,

$$a_{crc} = \varphi_l \frac{0,6 \cdot \sigma_{sw} \cdot d_w \cdot \eta}{E_s \frac{d_w}{h_0} + 0,15 \cdot E_b (1 + 2 \cdot \alpha \eta_w)}, \quad (10.67)$$

бу ерда  $\varphi_l$  ва  $\eta$  коэффициентларнинг қийматлари нормал ёриқларнинг очилиш кенглигини ҳисоблагандагидек қабул қилинади;  $d_w$  - кўндаланг стерженларнинг диаметри;  $\mu_w = A_{sw} / b \cdot s$ .

Кўндаланг арматурадаги  $\sigma_{sw}$  кучланиш қуйидаги формуладан аниқланади

$$\sigma_{sw} = \frac{Q - Q_{bl}}{A_{sw} \cdot h_0} \cdot S \quad (10.68)$$

ва  $R_{s,ser}$  қийматдан катта қабул қилинмайди;  $Q$  - элементнинг қаралаётган кесимидаги ташқи юклардан ҳосил бўлган кўндаланг куч

$$Q_{bl} = \frac{0,8 \cdot \varphi_{b4} (1 + \varphi_n) R_{bt,ser} \cdot b \cdot h_0^2}{C}. \quad (10.69)$$

(10.69) формулада  $R_{bt,ser}$  қаршиликнинг миқдори синфи В30 бўлган бетоннинг чўзилишдаги қаршиликдан катта қабул қилинмайди.

## 10.5. Темир-бетон элементларни ёриқларнинг ёпилиши бўйича ҳисоблаш

Дарз кетишига чидамликнинг иккинчи тоифасига мансуб бўлган олдиндан зўриктирилган темир-бетон конструкцияларида ташқи юкларнинг барчасидан (муваққат, давомли ва доимий) дарз кетиб ёриқларнинг чекланган очилиши рухсат этилади. Лекин конструкцияга таъсир қиладиган юкнинг муваққат қисми йўқолганда, доимий ва давомли юклар таъсиридаги конструкциядаги ёриқлар маҳкам ёпилиши шарт. Чунки бундай конструкциялар учун ёриқларнинг узок вақт давомида очилиб туриши арматуранинг занглаш хавфини оширади.

Доимий ва давомли юклар таъсиридан элемент бўйлама ўқига нормал бўлган ёриқларнинг маҳкам ёпилишини таъминлаш учун қуйидаги талаблар бажарилиши шарт:

а) муваққат, доимий ва давомли юклар таъсиридан олдиндан таранглаштирилган арматурада пластик (қолдик) деформациялар ҳосил бўлмаслиги лозим. Бу қуйидаги шарт бажарилган ҳолда таъминланади

$$\sigma_{sp} + \sigma_s \leq 0,8 \cdot R_{s,ser}, \quad (10.70)$$

бу ерда  $\sigma_s$  - таранглаштирилган арматурадаги кучланишнинг ошиши, (10.61) - (10.64) формулалардан аниқланади;

б) муваққат, доимий ва давомли юклар таъсиридан элементнинг ёриқлар пайдо бўлган кесимлари доимий ва давомли юклар таъсиридан қисилган бўлиши шарт. Бу ҳолатда қисувчи  $\sigma_b$  кучланишнинг ташқи юклар таъсиридан чўзилган зона четки қиррасидаги миқдори 0,5 МПа дан кам бўлмаслиги лозим. Қисувчи  $\sigma_b$  кучланишнинг миқдори ташқи юклар ва зўриктирувчи  $P$  куч таъсиридан эластик жисмлардагидек аниқланади, яъни

$$\sigma_b = \frac{P \cdot (e_{0p} + r) - M_r}{W_{red}} \geq 0,5 \text{ МПа}. \quad (10.71)$$

Элементнинг сиқилган зоналарида дастлабки ёриқлар пайдо бўлганда (10.70) формуладаги  $\sigma_{sp}$  кучланишнинг миқдори  $(1 - \lambda)$  коэффициентга кўпайтирилади, (10.71) формуладаги зўриктирувчи  $P$  куч эса,  $1,1 \cdot (1 - \lambda) \leq 1$  коэффициентга кўпайтирилади. Бу ерда  $\lambda$  коэффициентнинг қиймати (10.31) формуладан аниқланади.

Элементларнинг бўйлама ўқига қия бўлган ёриқларнинг маҳкам ёпилиши учун доимий ва давомли юклар таъсиридан элемент келтирилган кесим юзасининг оғирлик марказида (10.35) формуладан аниқланадиган бош чўзувчи  $\sigma_{mt}$  ва бош сиқувчи  $\sigma_{mc}$  кучланишлар қисувчи бўлиб, қийматлари 0,5 МПа дан кам бўлмаслиги шарт. Бу шарт

бажарилиши учун кўндаланг арматураларни олдиндан таранглаш лозим.

### Такрорлаш учун саволлар

1. Темир-бетон элементларни дарз кетишига чидамлик ва ёриқларнинг очилиши бўйича ҳисоблашдан мақсад нима?

2. Дарз кетишига чидамлик тоифаларини тавсифлаб беринг.

3. Дарз кетишига чидамлик ва ёриқларнинг очилиши бўйича ҳисоблашда ҳисобий юклар қандай қабул қилинади?

4. Дарз кетишига чидамлик бўйича ҳисоблашда қандай шартлар қабул қилинади?

5. Марказий чўзиладиган элементларнинг дарз кетишига чидамлиги қандай ҳисобланади?

6. Згиладиган элементларни дарз кетишига чидамлик бўйича ҳисоблаш формулаларини келтириб чиқаринг.

7. Элемент бўйлама ўқига қия бўлган кесимлар бўйича дарз кетишига чидамлик қандай ҳисобланади?

8. Элементларни ёриқларнинг очилиши бўйича ҳисоблашда қанақа шартлар қабул қилинади? Нормал ёриқларнинг очилиш кенглигини ҳисоблаш формуласини келтириб чиқаринг.

9. Ёриқларнинг очилиш кенглигига қанақа омиллар таъсир кўрсатади?

10. Олдиндан зўриктирилган элементларни ёриқларнинг ёпилиши бўйича ҳисоблашнинг моҳияти нимадан иборат?

### Кесимларни дарз кетишга текшириш

**Мисол 31.** Юқорида, 27 мисолда келтирилган маълумотлардан фойдаланиб тўсин нормал кесим бўйича дарз кетишга текширилсин. Ташқи юк таъсирдан ҳосил бўладиган эгувчи момент қиймати  $M_r = 169,8$  кН·м.

**Ечим.** Арматурага берилган дастлабки кучланишларнинг умумий камайишини эътиборга олиб ва арматуранинг тартиб таранглашдаги аниқлик коэффициентини  $\gamma_{sp} = 1,0$  қабул қилиб, олдиндан зўриктирувчи  $P$  кучнинг қиймати:

$$P = 9,82(1,0 \times 720 - 300) = 4124,4 \text{ МПа} \cdot \text{см}^2 = 412,44 \text{ кН}.$$

Зўриктирувчи  $P$  куч таъсиридан, тўсин кўндаланг кесимининг чўзилган зонасидан энг узоқ жойлашган шартли ядро нуқтасига нисбатан олинган момент (10.16) формуладан

$$M_{rp} = 412,44 (10,86 + 27,44) = 15796,4 \text{ МПа} \cdot \text{см}^2 \approx 15796 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Тўсин бўйлама ўқига нормал бўлган кўндаланг кесим юзаси қабул қиладиган ва дарз кетиш ҳолатига мос келадиган эгувчи моментнинг қиймати (7) формуладан топилади:

$$M_{cre} = 2,1 \cdot 27696,55 \cdot 10^2 + 157960 \cdot 10^2 =$$

$$= 216122 \text{ Н} \cdot \text{см} = 216,1 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

(10.19) шарт бажарилганлиги учун ( $M_r = 169,8$  кН·м <  $M_{cre} = 216,1$ ), тўсиннинг чўзилган зоналарида дарз кетмайди.

Тўсинни тайёрлашда зўриктирувчи  $P$  куч таъсиридан унинг юқори, чўзилган толаларида дарз кетиш кетмаслигини қуйидаги формуладан текширилади:

$$P(e_{op} - r) - M_a \leq R_{bt,ser} \cdot W'_{pb}$$

$$412,44 (27,44 - 12,78) - 65,88 \cdot 10^2 = -541,6 \text{ кН} \cdot \text{см} < 1,87 \times 27943,5 \cdot (10^{-1}) = 5225,4 \text{ кН} \cdot \text{см};$$

шарт бажарилганлиги учун,  $P$  зўриктирувчи куч таъсиридан тўсиннинг юқори чўзилган толаларида дарз кетмайди. Юқори келтирилган шартда  $R_{bt,p}$  нинг қиймати  $R_{bp}$  нинг қийматига қараб олинади;  $R_{bp} = 24$  МПа,  $R_{bt,p} = 1,87$  МПа.

**Мисол 32.** Юқорида, 27 мисолда келтирилган маълумотлардан фойдаланиб тўсин қия кесими бўйича дарз кетишга чидамлиги текширилсин.

**Ечим.** Тўсиннинг қия кесими бўйича дарз кетишга чидамлиги тўсин четларида, кучланишларни узатиш зонаси  $l_p$  чегарасида олдиндан берилган  $\sigma_{sp}$  кучланишнинг камайишини ҳисобга олиб тўсин келтирилган кесим юзасининг оғирлик марказида текширилади.

Зўриктирилган арматуранинг бетонга анкерланиш зонасининг узунлиги  $l_p$  қуйидаги формуладан топилади:

$$l_p = \left( \omega_p \frac{\sigma_{sp}}{R_{bp}} + \lambda_p \right) d = \left( 0,25 \frac{507}{24} + 10 \right) 25 = 382 \text{ мм}$$

бу ерда,  $\sigma_{sp} = 720 - (52 + 81,25 + 79,7) \approx 507$  МПа;  $\omega_p = 0,25$ ;  $\lambda_p = 10$  – қовурғали арматура учун.

Тўсиннинг таянч реакцияси

$$G = \frac{3 \cdot (2,9 + 0,5) \cdot 1,84 \times 0,95 \times 1,0}{2} = 53,36 \text{ кН},$$

таянчдан  $x = 180$  мм <  $l_p = 382$  мм масофадаги кесувчи кучнинг қиймати эса,

$$Q = 57,36 - 3(2,9 + 0,5) \times 0,18 \times 95 \times 1,0 = 55,62 \text{ кН}.$$

Таянчдан  $x = 180$  мм масофада тўсин қовурғасининг кўндаланг кесимидаги зўриктирувчи кучнинг қиймати ҳисобланади

$$P_x = P_2 \frac{x}{l_p} = 41244 \cdot \frac{180}{382} = 194,3 \text{ кН}.$$

Бу кучнинг таъсиридан нормал кучланишнинг қиймати, (10.36) формуладан,

$$\sigma_x = \frac{-1943(10)}{145745} = -1,33 \text{ МПа}.$$

Тўсин келтирилган кесим юзасининг оғирлик марказига нисбатан, силжийдиган қисми кесимининг



статик моменти:

$$S_{red} = (b'_f - b)h'_f (y - h'_f/2) + b y^2/2 = (40 - 20) \cdot 10 \times (27,56 - 10/2) + 20 \cdot 27,56^2/2 = 12107,5 \text{ см}^3.$$

Тўсин қовурғасининг кўндаланг кесимидаги уринма кучланишнинг қиймати (10.40) формуладан:

$$\tau_{xy} = \frac{55,62 \times (10) \times 12107,5}{20 \times 513416} = 0,65 \text{ МПа}.$$

Тўпланган куч (тўсиннинг таянч реакциясидан) таъсирдан маҳаллий кучланишни топиш учун қуйидагилар ҳисобланади:  $\alpha = x/h = 18/60 = 0,3$ ;  $\beta = y/h = 27,56/60 = 0,46$ .

Маҳаллий кучланишнинг қиймати (10.39) формуладан:

$$\delta_{y.loc} = \frac{57,3 \cdot (10) \cdot (0,46)^2}{20 \times 60 \cdot 1,57} \times \left| \frac{3 - 2 \times 0,46}{(1 + 0,3^2)^2} - \frac{0,46}{(0,3^2 + 0,46^2)^2} \right| = -0,21 \text{ МПа}.$$

Бош чўзувчи ва бош сиқувчи кучланишларнинг қийматлари (10.35) формуладан:

$$\sigma_{mc}^{mt} = \frac{-1,33 - 0,21}{2} \pm \sqrt{\frac{(-1,33 + 0,21)^2}{4} + 0,65^2} = (-0,77 \pm 0,86) \text{ МПа}.$$

бош чўзувчи кучланиш

$$\sigma_{mt} = -0,77 + 0,86 = 0,09 \text{ МПа};$$

бош сиқувчи кучланиш

$$\sigma_{mc} = -0,77 - 0,86 = -1,63 \text{ МПа}.$$

(10.33) шартга мувофиқ,

$$\sigma_{mt} = 0,09 \text{ МПа} < 1,0 \times 2,1 = 2,1 \text{ МПа}$$

бўлганлиги учун, тўсин қовурғасининг қия кесими бўйича дарз кетмайди.

Бу ерда, (10.34) формуладан

$$\gamma_{b4} = \frac{1 - 1,68/29}{0,2 + 0,01 \times 40} = 1,57 > 1,0$$

бўлганлиги учун,  $\gamma_{b4} = 1,0$  деб қабул қилинади.

## 11. ТЕМИР-БЕТОН КОНСТРУКЦИЯЛАРИНИНГ ЭЛЕМЕНТЛАРИНИ ДЕФОРМАЦИЯ БЎЙИЧА ҲИСОБЛАШ

### 11.1. Умумий ҳолатлар

Темир-бетон конструкцияларни тайёрлашда юқори мустаҳкамликка эга бўлган материалларнинг кенг қўламда қўлланилиши ва конструкцияларни ҳисоблаш услубининг такомиллаши натижасида элемент кўндаланг кесими ўлчамларининг камайиши кузатилмоқда. Бу ўз навбатида конструкцияларнинг бикрликларини камайтириб, салқиликларнинг ошишига олиб келмоқда. Шунинг учун ҳам темир-бетон конструкцияларини деформация бўйича ҳисоблаш муҳим аҳамиятга эгадир.

Темирбетон конструкция элементларининг салқиликлари технологик, конструктив (амалий) ва эстетик талаблар бўйича чегараланади. Технологик ва конструктив талаблар бўйича элементларнинг салқиликлари доимий, давомли ва муваққат юқлар таъсирдан аниқланади. Эстетик талаблар бўйича эса, доимий ва давомли юқлар таъсирдан аниқланади.

Темир-бетон конструкцияларнинг элементларини деформация бўйича ҳисоблашда ҳисобий юқларнинг миқдори юқ бўйича ишончлилик коэффициенти  $\gamma_f$  нинг бирга тенг бўлган қийматида аниқланади.

Конструкцияларни деформация бўйича ҳисоблашнинг моҳияти ташқи юқлар таъсирдан ҳосил бўладиган салқиликларни чеклашдан иборат, яъни

$$f_m \leq f_u, \quad (11.1)$$

бу ерда  $f_m$  - ҳисобий ташқи юқлар таъсирдан элемент салқилиги;

$f_u$  - қурилиш меъёрлари ва қоидалари рухсат этган чегаравий салқилик [16].

Темир-бетон элементларни деформация бўйича ҳисоблашда, уларнинг салқиликлари ташқи юқ таъсирдан чўзиладиган зоналарида дарз кетиб ёриқларнинг пайдо бўлиши ёки бўлмаслигига қараб аниқланади.

Олдиндан зўриктирилган темир-бетон конструкцияларнинг чўзиладиган зоналарида ташқи юқлар таъсирдан ёриқлар пайдо бўлмаган, ёки пайдо бўлган тақдирда ҳам маҳкам ёпилган бўлса, салқилик эластик жисмлардагидек Мор формуласидан аниқланади

$$f_m = \sum \int_0^l \bar{M} \frac{M \cdot dx}{EJ} + \sum \int_0^l \bar{N} \frac{N dx}{EA} + \sum \int_0^l \bar{Q} \frac{Q dx}{GA} \eta, \quad (11.2)$$

бу ерда  $\bar{M}$ ,  $\bar{N}$  ва  $\bar{Q}$  - салқилиги аниқланаётган йўналиш бўйича қуйилган бирлик куч таъсирдан  $x$  кесимдаги эгувчи момент, кесувчи ва бўйлама кучлар;  $M$ ,  $Q$  ва  $N$  - ташқи юқлар таъсирдан  $x$  кесимда эгувчи момент, кесувчи ва бўйлама кучлар;  $EJ$ ,  $GA$  ва  $EA$  - элементнинг эгилиш, силжиш ва сиқилиш ёки чўзилишдаги бикрликлари.

Эгиладиган элементлар узунликларининг баландликларига нисбати 10 дан катта бўлган

( $l/h > 10$ ) ҳолларда, кесувчи  $Q$  кучнинг салкиликка таъсирини эътиборга олмаслик мумкин. У вақтда (11.2) формула куйидаги кўринишни олади

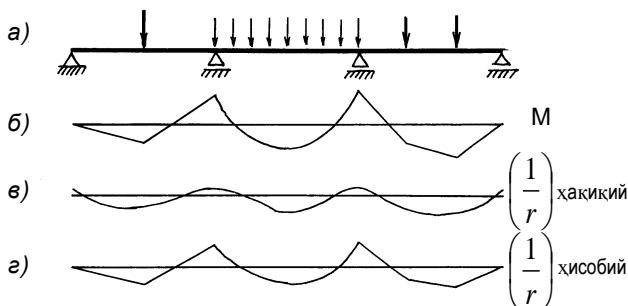
$$f_m = \sum \int_0^l \frac{\bar{M} \cdot M \cdot dx}{EJ}. \quad (11.3)$$

Узунлиги бўйича бикрлиги ўзгармайдиган статик аниқ элементларнинг салкилиги куйидаги формуладан ҳам аниқланиши мумкин

$$f_m = S \frac{M}{EJ} l_o^2, \quad (11.4)$$

бу ерда  $S$ - элементларни таянчларга бирикиши ва юклаш схемаларини эътиборга оладиган коэффициент, қиймати 11.1 жадвалда келтирилган;  $\frac{M}{EJ}$  - элементнинг эгрилиги;  $l_o$  - элементнинг ҳисобий узунлиги.

Элементларни юклаш схемаси	$S_m$	Элементларни юклаш схемаси	$S_m$
	$\frac{5}{48}$		$\frac{1}{8} - \frac{a^2}{6l^2}$
	$\frac{1}{12}$		$\frac{1}{3}$
	$\frac{1}{8}$		$\frac{1}{4}$



**10.1 расм** Кесими ўзгармас бўлган темир-бетон элемент учун эгувчи момент ва эгрилик эпюралари:

а) юклар жойлашиш схемаси; б) эгувчи момент эпюраси; в) ҳақиқий эгриликлар эпюраси; г) ҳисобий эгриликлар эпюраси.

Ёриқлар пайдо бўлгунча ташқи юклар таъсирига элемент тўлиқ, кесими билан қаршилик кўрсатиб, унинг бикрлиги  $B = EJ$  га тенг бўладиган бўлса, ёриқлар пайдо бўлгандан кейин унинг бикрлиги узунлиги бўйича ўзгаради. Пайдо бўлган нормал ёриқлар элементнинг ўрта қисмини бўлақларга (қисмларга) ажратади. Бу қисмлар паст томондан чўзилган арматура билан боғланган бўлса, юқори томондан эса, сиқилган бетон билан боғланган бўлади. Демак, элементнинг ўрта қисмидаги бикрлиги унинг бошқа қисм бикрликларига нисбатан

кам бўлади. Шунинг учун ҳам элемент ёриқ пайдо бўлган участкаларининг бикрликларини аниқлаш жуда катта қийинчиликларни вужудга келтиради. Бундан ташқари темир-бетон элементларнинг бикрликларига бетоннинг ҳажмий қисқариши (чўкиши), сирпанувчанлиги ва бошқа омиллар таъсир кўрсатади.

Ташқи юклар таъсирдан чўзиладиган зоналарида ёриқлар пайдо бўлган элементларнинг салкиликлари ҳам қурилиш механикасининг қоидаларига биноан Мор формуласидан ёки (11.4) формуладан аниқланади. Бунда элемент сиқилиш зонасидаги сиқилган бетоннинг пластик деформацияланиши эътиборга олиниб, ҳақиқий эгрилиги куйидаги формуладан аниқланади

$$\frac{1}{r} = \frac{\epsilon_{sm} + \epsilon_{bm}}{h_o}, \quad (11.5)$$

бу ерда  $\epsilon_{sm}$  - чўзилган бўйлама арматуранинг ўртача нисбий деформацияси;  $\epsilon_{bm}$  сиқилиш зонасининг четки толаси сатҳида бетоннинг нисбий деформацияси;  $h_o$  - элементнинг ишчи баландлиги.

Чўзилган зоналарида ёриқлар пайдо бўлган элементларнинг узунлиги бўйича эгрилиги ташқи юклардан ҳосил бўлган моментларга пропорционал равишда ўзгармайди (11.1 расм). Шунинг учун элемент узунлиги бўйича эгрилик эпюраси бир неча қисмларга (6 дан кам бўлмаган) бўлиниб, салкилик куйидаги формуладан аниқланади

$$f_m = \frac{l^2}{12 \cdot n^2} \left\{ \left( \frac{1}{r} \right)_{(l)_0} + \left( \frac{1}{r} \right)_{(r)_0} + 6 \sum_{i=1}^{n/2-1} \left[ \left( \frac{1}{r} \right)_{(l)_i} + \left( \frac{1}{r} \right)_{(r)_i} \right] + (3 \cdot n - 2) \left( \frac{1}{r} \right)_m \right\}, \quad (11.6)$$

бу ерда  $\left( \frac{1}{r} \right)_{(l)_i}, \left( \frac{1}{r} \right)_{(r)_i} - i$  ва унга симметрик бўлган  $i^1$  кесимларда элементнинг эгриликлари;  $\left( \frac{1}{r} \right)_{(l)_0}, \left( \frac{1}{r} \right)_{(r)_0} -$  чап ва ўнг таянчларда элемент-

нинг эгрилиги;  $n$  - элемент равоқи бўйича тақсимланган тенг участкаларнинг жуфт сони.

Қурилиш меъёрлари ва қоидалари [15] бўйича салкиликни аниқлашда элементнинг энг зўриққан кесими бўйича эгрилиги аниқланади ва бу эгрилик элементнинг узунлиги бўйича момент ўзгаришига пропорционал равишда ўзгаради деб қабул қилинади. Бу усул билан аниқланган салкилик ҳақиқий қийматига яқин бўлади.

## 11.2. Элементларнинг ёриқлар пайдо бўлмаган участкаларининг эгрилигини аниқлаш

Эгиладиган, марказмас сиқиладиган ва марказмас чўзиладиган элементларни эксплуатация

килиш ҳолатида чўзиладиган зоналарида ёриқлар пайдо бўлмаса, эгрилик узлуксиз жисмлардагидек эластик элемент кучланиш ва деформацияланиш ҳолатининг I босқичида аниқланади.

Ёриқларнинг пайдо бўлиши ёки бўлмаслиги 10.2 параграфда келтирилган формулалардан текширилади.

Эгиладиган, марказмас сиқиладиган ва марказмас чўзиладиган элементларнинг умумий эгрилиги қуйидаги формуладан аниқланади

$$\left(\frac{1}{r}\right) = \left(\frac{1}{r}\right)_1 + \left(\frac{1}{r}\right)_2 - \left(\frac{1}{r}\right)_3 - \left(\frac{1}{r}\right)_4, \quad (11.7)$$

бу ерда  $\left(\frac{1}{r}\right)_1$  - қисқа вақт таъсир қиладиган

(муваққат) юклардан элементнинг эгрилиги;  $\left(\frac{1}{r}\right)_2$

- доимий ва узок, вақт таъсир қиладиган (давомли) юклардан элементнинг эгрилиги.

$\left(\frac{1}{r}\right)_1$  ва  $\left(\frac{1}{r}\right)_2$  эгриликлар қуйидаги формулалардан аниқланади

$$\left(\frac{1}{r}\right)_1 = \frac{M}{\varphi_{b1} \cdot E_b \cdot J_{red}}; \quad (11.8)$$

$$\left(\frac{1}{r}\right)_2 = \frac{M_l \cdot \varphi_{b2}}{\varphi_{b1} \cdot E_b \cdot J_{red}}, \quad (11.9)$$

бу ерда  $M, M_l$  - эгувчи момент таъсир текислигига нормал бўлган ва келтирилган кесим оғирлик марказидан ўтадиган ўққа нисбатан мос бўлган ташқи юклардан (муваққат ёки давомли) олинган момент;  $\varphi_{b1}$  - бетоннинг қисқа вақт ичида сирпанувчанлигини эътиборга оладиган коэффицент,  $\varphi_{b1} = 0.85$ ;  $\varphi_{b2}$  - бетоннинг давомли сирпанувчанлигини эътиборга оладиган коэффицент: ташқи юклар қисқа вақт таъсир қиладиган бўлса,  $\varphi_{b2} = 1$ ; доимий ва узок вақт таъсир қиладиган юклар учун атроф муҳитнинг намлиги 40% гача бўлганда,  $\varphi_{b2} = 3$ ; 40...75% бўлганда эса,  $\varphi_{b2} = 2$ .

$\left(\frac{1}{r}\right)_3$  - олдиндан зўриктирувчи  $P$  кучнинг қисқа вақт таъсирдан элементнинг букилишдаги эгрилиги, қуйидаги формуладан аниқланади

$$\left(\frac{1}{r}\right)_3 = \frac{P \cdot e_{op}}{\varphi_{b1} \cdot E_b \cdot J_{red}}. \quad (11.10)$$

$\left(\frac{1}{r}\right)_4$  - бетоннинг чўкиши ва олдиндан зўриктирувчи  $P$  кучнинг давомли таъсирдан бетоннинг сирпанувчанлиги натижасида элементнинг букилишдаги эгрилиги, қуйидаги формуладан аниқланади

$$\left(\frac{1}{r}\right)_4 = \frac{\varepsilon_b - \varepsilon'_b}{h_o}, \quad (11.11)$$

бу ерда  $\varepsilon_b$  ва  $\varepsilon'_b$  - бетоннинг чўкиши ва олдиндан зўриктирувчи  $P$  куч таъсирдан бетон сирпанувчанлиги натижасида бўйлама чўзилган арматуранинг оғирлик марказида ва сиқилган бетоннинг четки толасида ҳосил бўладиган бетоннинг нисбий деформациялари:

$$\varepsilon_b = \frac{\sigma_{sb}}{E_s}; \quad \varepsilon'_b = \frac{\varepsilon'_{sb}}{E_s}. \quad (11.12)$$

Бетондаги  $\sigma_{sb}$  кучланишнинг қиймати микдор жиҳатдан чўзилган зонада жойлашган арматурада бетоннинг чўкиши, қисқа ва давомли сирпанувчанлиги натижасида дастлабки кучланишнинг камайиши йиғиндисига тенг қилиб олинади,

$$\sigma_{sp} = \sigma_6 + \sigma_8 + \sigma_9. \quad (11.13)$$

Бетондаги  $\sigma'_{sb}$  кучланишнинг қиймати эса, сиқиладиган зонанинг четки толаси сатҳида тараңлаштирилган арматура жойлаштирилган ҳолда ундаги дастлабки кучланишнинг бетоннинг чўкиши, қисқа вақт ичида ва давомли сирпанувчанлиги натижасида камайдиган кучланишлар йиғиндисига тенг қилиб олинади,

$$\sigma'_{sb} = \sigma'_6 + \sigma'_8 + \sigma'_9. \quad (11.14)$$

Эгриликларни аниқлашда  $\left(\frac{1}{r}\right)_3 + \left(\frac{1}{r}\right)_4$  йиғинди

$\left(\frac{1}{r}\right)_3 \cdot \varphi_{b2}$  дан кам қабул қилинмайди. Олдиндан

зўриктирилмаган элементлар учун  $\left(\frac{1}{r}\right)_3$  ва  $\left(\frac{1}{r}\right)_4$  эгриликларнинг қиймати нолга тенг қабул қилинади.

Чўзилган зонанинг нормал ёриқлар ҳосил бўлган участкаларида қаралаётган юклар таъсирдан улар маҳкам ёпилган бўлса,  $\left(\frac{1}{r}\right)_1$ ,  $\left(\frac{1}{r}\right)_2$  ва

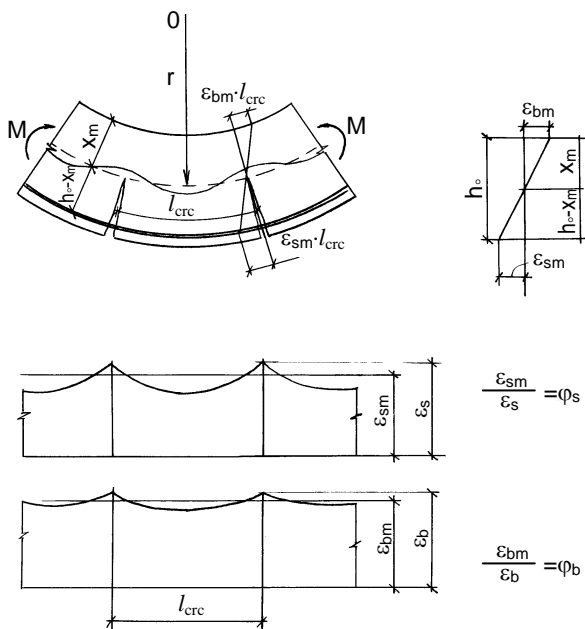
$\left(\frac{1}{r}\right)_3$  эгриликларнинг қийматлари 20% га оширилади.

Эгриликларни аниқлашда элементнинг сиқиладиган зоналарида дастлабки ёриқлар пайдо бўлган бўлса, (11.8) ва (11.9) формулалардан аниқланадиган  $\left(\frac{1}{r}\right)_1$ ,  $\left(\frac{1}{r}\right)_2$  ва  $\left(\frac{1}{r}\right)_3$  эгриликлар 15% га, (11.11)

формуладан аниқланадиган  $\left(\frac{1}{r}\right)_4$  эгрилик эса, 25% га кўпайтирилади.

### 11.3. Элементларнинг ёриқлар пайдо бўлган участкаларининг эгрилигини аниқлаш

Темир-бетон элементларнинг чўзилган зоналарида дарз кетиб ёриқларнинг пайдо бўлиши эгриликни аниқлашни анча мураккаблаштиради. Чунки, юқорида айтганимиздек, дарз кетиб ёриқлар пайдо бўлган зоналарда элемент алоҳида қисмларга ажралади. Бу қисмлар бир-бири билан чўзилган арматура ва сиқилган бетон билан туташган бўлади. Ёриқлар оралиғида чўзилган арматура ва сиқилган бетондаги деформациялар нотекис тарқалади. Бунда, ёриқлар пайдо бўлган кесимларда чўзилган арматурадаги кучланишлар ўзларининг энг катта қийматларига эришадиган бўлса, бетондаги кучланишлар нолга тенг бўлади. Ёриқлардан узоклашган сари арматуранинг бетонга яхши боғланганлиги сабабли арматурадаги кучланишлар камайиб, бетондаги кучланишлар эса, ошиб боради. Элемент сиқилиш зонасининг баландлиги ёриқлар пайдо бўлган кесимларда ёриқлар ўртасидаги сиқилиш зонасининг баландлигидан кам бўлганлиги сабабли нейтрал ўк тўлқинсимон кўринишда бўлади (11.2 расм).



11.2 расм Чўзилган зонасида ёриқлар пайдо бўлган эгиладиган элементнинг эгрилигини аниқлаш учун схемалар.

Чўзилган зонасида дарз кетиб ёриқлар пайдо бўлган элементларнинг эгрилигини аниқлашда кучланиш ва деформацияланиш ҳолатининг II босқичи асос қилиб олинади.

Ёриқлар пайдо бўлган зонанинг ҳар бир кесими учун эгриликни аниқлаш жуда ҳам мураккаб бўлганлиги туфайли чўзилган арматура ва сиқилган бетоннинг ўртача деформациялари ҳамда сиқилиш зонасининг ўртача баландлиги орқали ифодаланадиган ўртача эгрилик аниқланади, яъни

$$\frac{1}{r} = \frac{\varepsilon_{bm}}{x_m} = \frac{\varepsilon_{bm} + \varepsilon_{sm}}{h_0} \quad (11.15)$$

Эгриликни сиқилган зонадаги бетоннинг эластик-пластик деформацияланиши эътиборга олиб аниқлаш. Ҳисоблаш услуби куйидаги шартларга асосланган:

1) чўзилган арматура ва сиқилган бетоннинг ўртача деформациялари учун текис кесимлар фарази ўринли деб қабул қилинади;

2) ҳисобий кесим сифатида ўртача деформацияларга мос бўлиб, баландлиги  $x_m$  бўлган кесим қабул қилинади;

3) сиқилиш зонасида бетондаги нормал кучланишларнинг эпюраси тўғри бурчакли трапеция шаклида қабул қилиниб, доимий кучланиш зонасининг баландлиги  $\lambda \cdot x_m$  га тенг қабул қилинади;

4) ёриқлар орасида сиқилган бетондаги деформацияларнинг нотекис тарқалиши  $\psi_b$  коэффиценти орқали, чўзилган арматурадаги деформацияларнинг нотекис тарқалиши эса,  $\psi_s$  коэффиценти орқали ҳисобга олинади.

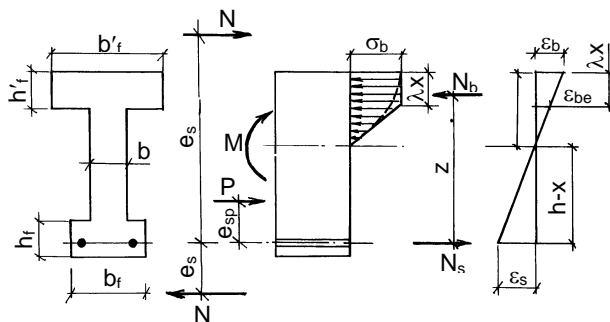
Юқорида қабул қилинган шартлар асосида эгилган элемент кесимининг кучланиш ва деформацияланиш ҳолатлари 11.3 расмда кўрсатилган.

Ҳисобий формулаларни олиш учун чўзилган арматура ва сиқилган бетондаги ўртача деформацияларни ёриқлар пайдо бўлган кесимлардаги мос бўлган деформациялар ва кучланишлар билан алмаштирамиз (11.2 расм):

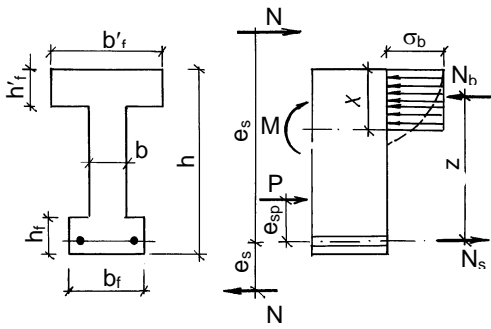
$$\varepsilon_{sm} = \psi_s \cdot \varepsilon_s = \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot \psi_s; \quad (11.16)$$

$$\varepsilon_{bm} = \psi_b \cdot \varepsilon_b = \frac{\sigma_b}{\nu \cdot E_b} \cdot \psi_b, \quad (11.17)$$

бу ерда  $\psi_s$  ёриқлар оралиғида чўзилган арматура деформациясининг нотекис тарқалишини эътиборга оладиган коэффицент;  $\psi_b$  ёриқлар оралиғида сиқилган бетон деформациясининг нотекис тарқалишини эътиборга оладиган коэффицент, ҳисобларда  $\psi_b=0,9$  қабул қилинади;  $\nu$  бетоннинг сиқилиш ҳолатида эластик-пластик деформацияланишини эътиборга оладиган коэффицент.



11.3 расм Эгриликни сиқилган зонадаги бетоннинг эластик-пластик деформацияланиши эътиборга олиб аниқлашга доир.



**11.4 расм.** Эгриликни сиқилган зонадаги бетоннинг пластик деформацияланишини эътиборга олиб аниқлашга доир

(11.16) ва (11.17) формулалардан аниқланган ўртача деформацияларни (11.15) ифодага қўйиб, элемент эгрилигини аниқлаш учун қуйидаги формулани оламиз

$$\left(\frac{1}{r}\right) = \frac{\sigma_s \cdot \psi_s}{E_s \cdot h_o} + \frac{\sigma_b \cdot \psi_b}{\nu \cdot E_b \cdot h_o}. \quad (11.18)$$

Чўзилган арматура ва сиқилган бетондаги кучланишлар қуйидаги мувозанат тенгламалардан топилади (11.3 расм)

$$M + P \cdot e_{sp} - N_b \cdot Z = 0; \quad (11.19)$$

$$M - P \cdot (Z - e_{sp}) - N_s \cdot Z = 0, \quad (11.20)$$

бу ерда

$$N_b = \sigma_b A_b = \sigma_b b h_o \times \left[ 0,5(1+\lambda)\xi + \frac{(b'_f - b)h'_f + \frac{\alpha \cdot A'_s}{2 \cdot \nu}}{b \cdot h_o} \right] \quad (11.21)$$

$$N_s = \sigma_s \cdot A_s \quad (11.22)$$

$N_b$  ва  $N_s$  зўриқишларни (11.19) ва (11.20) мувозанат тенгламаларига қўйиб, ёриқлар пайдо бўлган кесимларда арматура ва бетондаги кучланишларни аниқлаймиз:

$$\sigma_s = \frac{M + P \cdot e_{sp}}{A_s \cdot z} - \frac{P}{A_s}; \quad (11.23)$$

$$\sigma_b = \frac{M + P \cdot e_{sp}}{Z \cdot b \cdot h_o [0,5(1+\lambda)\xi + \varphi_f]}; \quad (11.24)$$

бу ерда

$$\varphi_f = \frac{(b'_f - b)h'_f + \frac{\alpha \cdot A'_s}{2 \cdot \nu}}{b \cdot h_o} \quad (11.25)$$

Топилган  $\sigma_s$  ва  $\sigma_b$  кучланишларни (11.18) формулага қўйиб, олдиндан зўриктирилган эгиладиган элементнинг эгрилигини аниқлаш учун қуйидаги

формулани оламиз

$$\left(\frac{1}{r}\right) = \frac{M + P \cdot e_{sp}}{h_o \cdot Z} \times \left\{ \frac{\psi_s}{E_s \cdot A_s} + \frac{\psi_b}{[0,5(1+\lambda)\xi + \varphi_f] b \cdot h_o \cdot \nu \cdot E_b} \right\} - \frac{P}{E_s \cdot A_s} \frac{\psi_s}{h_o}. \quad (11.26)$$

Сиқилган ва чўзилган зоналардаги зўриқишларнинг тенг таъсир этувчилари орасидаги  $z$  масофа, қуйидаги формуладан аниқланади

$$z = \frac{\sum N_{bi} z_i}{\sum N_{bi}} = h_o \left[ 1 - 0,33 \frac{(1+\lambda+\lambda^2)\xi^2 + 3 \frac{h'_f}{h_o} \varphi_f}{(1+\lambda)\xi + 2 \cdot \varphi_f} \right] \quad (11.27)$$

бу ерда  $\xi = x/h_o$  сиқилиш зонасининг нисбий баландлиги.

Сиқилиш зонасининг нисбий баландлиги  $\xi$  ни аниқлаш учун бўйлама кучларнинг мувозанат тенгламасини тузамиз (11.3 расм)

$$N_b - N_s - P = 0 \quad (11.28)$$

(11.21) ва (11.22) формулалардан  $N_b$  ва  $N_s$  зўриқишларни (11.28) мувозанат тенгламасига қўйиб қуйидаги тенгламани оламиз

$$\sigma_b \cdot b \cdot h_o [0,5(1+\lambda)\xi + \varphi_f] - \sigma_s \cdot A_s - P = 0 \quad (11.29)$$

Чўзилган арматурадаги  $\sigma_s$  кучланишни бетондаги  $\sigma_b$  кучланиш билан ифодалаш учун 11.3 расмдан қуйидаги муносабатни тузамиз

$$\frac{\varepsilon_{be}}{(1-\lambda) \cdot x} = \frac{\varepsilon_s}{h_o - x}, \quad (11.30)$$

бундан

$$\varepsilon_s = \varepsilon_{be} \frac{h_o - x}{(1-\lambda) \cdot x}. \quad (11.31)$$

Гук қонунига асосланган ҳолда деформацияларни мос бўлган кучланишлар билан ифодалаб, арматурадаги кучланишни аниқлаймиз

$$\sigma_s = \alpha \cdot \sigma_b \frac{h_o - x}{(1-\lambda) \cdot x} = \alpha \cdot \sigma_b \frac{1-\xi}{(1-\lambda)\xi}. \quad (11.32)$$

$\sigma_s$  кучланишни (11.29) мувозанат тенгламасига қўйиб, бетондаги кучланишни аниқлаймиз

$$\sigma_b = \frac{(1-\lambda)P \cdot \xi}{b \cdot h_o \left\{ \frac{1-\lambda^2}{2} \xi^2 + \left[ (1-\lambda)\varphi_f + \frac{\alpha A'_s}{b h_o} \right] \xi - \frac{\alpha A_s}{b \cdot h_o} \right\}} \quad (11.33)$$

(11.27) ифодани эътиборга олиб, (11.24) формуладан қуйидагини оламиз

$$\sigma_b = \frac{6(M + P \cdot e_{sp})}{\left[ 3(1 + \lambda)\xi + 3\varphi_f \left( 2 - \frac{h'_f}{h_o} \right) - (1 + \lambda + \lambda^2)\xi^2 \right] b h_o^2} \quad (11.34)$$

(11.33) ва (11.34) ифодалар чап томонларининг тенглигидан фойдаланиб, ўнг томонларини тенглаштирамиз

$$\begin{aligned} & \frac{(1 - \lambda)P \cdot \xi}{6(M + P \cdot e_{sp})} = \\ & 0,5(1 - \lambda^2)\xi^2 + \left[ (1 - \lambda)\varphi_f + \frac{\alpha \cdot A_s}{b \cdot h_o} \right] \xi - \frac{\alpha \cdot A_s}{b \cdot h_o} \quad (11.35) \\ & = \frac{h_o \left[ 3(1 + \lambda)\xi + 3\varphi_f \left( 2 - \frac{h'_f}{h_o} \right) - (1 + \lambda + \lambda^2)\xi^2 \right]}{h_o \left[ 3(1 + \lambda)\xi + 3\varphi_f \left( 2 - \frac{h'_f}{h_o} \right) - (1 + \lambda + \lambda^2)\xi^2 \right]} \end{aligned}$$

Бу тенглама баъзи бир ўзгартиришлардан кейин куйидаги кубик тенгламага келтирилади

$$A_0 \cdot \xi^3 - A_1 \cdot \xi^2 - A_2 \cdot \xi - A_3 = 0, \quad (11.36)$$

бу ерда

$$A_0 = (1 + \lambda + \lambda^2) \cdot \beta \quad (11.37)$$

$$A_1 = 3(1 + \lambda)\beta - 0,5(1 - \lambda^2) \quad (11.38)$$

$$A_2 = 3 \cdot \varphi_f \left( 2 - \frac{h'_f}{h_o} \right) \beta - (1 - \lambda) \cdot \varphi_f - \frac{\alpha A_s}{b h_o}; \quad (11.39)$$

$$A_3 = \frac{\alpha \cdot A_s}{b \cdot h_o}; \quad (11.40)$$

$$\beta = \frac{P(1 - \lambda)}{6(M + P \cdot e_{sp})}. \quad (11.41)$$

Арматуралари таранглаштирилмаган элементларда  $P = 0$  бўлганлиги сабабли  $\beta = 0$  бўлади. У вақтда сиқилиш зонасининг нисбий баландлиги куйидаги квадрат тенгламадан аниқланади

$$\frac{1 - \lambda^2}{2} \xi^2 + \left[ (1 - \lambda)\varphi_f + \frac{\alpha \cdot A_s}{b \cdot h_o} \right] \xi - \frac{\alpha \cdot A_s}{b \cdot h_o} = 0. \quad (11.42)$$

Кесими тўғри тўртбурчак шаклида бўлган элементларни ҳисоблашда юқорида келтирилган формулаларда  $\varphi_f = 0$  қабул қилинади.

Элементнинг сиқилиш зонасидаги бетон эластик ҳолатда деформацияланганда юқорида келтирилган ҳисоблаш формулаларида  $\lambda = 0$  қабул қилинади.

Юқорида келтирилган ҳисоблаш формулаларини марказмас сиқиладиган ва марказмас чўзиладиган ( $e_{0,tot} \geq 0,8 \cdot h_o$  бўлганда) элементларни ҳисоблашда ҳам қўллаш мумкин. У вақтда ҳисоблаш формулаларидаги  $(M + P \cdot e_{sp})$  ифода куйидагича алмаштирилади:

марказмас сиқиладиган элементлар учун:

$$M_{tot} = N \cdot e_s + P \cdot e_{sp}, \quad (11.43)$$

$$N_{tot} = N + P, \quad (11.44)$$

марказмас сиқиладиган элементлар учун:

$$M_{tot} = N \cdot e_s + P \cdot e_{sp}, \quad (11.45)$$

$$N_{tot} = -N + P; \quad (11.46)$$

Ҳисоблаш формулаларида  $\lambda$  коэффициентининг қиймати куйидаги формуладан аниқланади [20]

$$\lambda = \left( 1 - \frac{R_{b,ser}}{\varepsilon_R \cdot E_b} \right) \cdot \eta^2; \quad (11.47)$$

бу ерда  $\eta = \frac{\sigma_b}{R_{b,ser}}$  - кучланганлик даражаси  $\varepsilon_R$  -

сиқилиш ҳолатида  $R_{b,ser}$  кучланишга мос бўлган бетоннинг нисбий деформацияси. Юқорида келтирилган услуб бўйича элементларнинг эгрилиги аниқланганда, дастлаб, ҳисоблаш формулаларида  $\lambda = 0$  қабул қилинади ва (11.34) формуладан бетондаги  $\sigma_b$  кучланиш аниқланади. Бу кучланиш -  $\sigma_b \leq 0,5 \cdot R_{b,ser}$  шартни қаноатлантирса, бетон эластик ҳолатда ишлайди деб қабул қилинади ва ҳисоблаш формулаларида  $\lambda = 0$  қабул қилинади. Агар шарт бажарилмаса, у вақтда (11.47) формуладан  $\sigma_b$  кучланишга мос бўлган  $\lambda$  коэффициентининг қиймати аниқланади ва (11.34) формуладан эса бетондаги кучланишнинг янги  $\tilde{\sigma}_b$  қиймати аниқланади. Агар  $\tilde{\sigma}_b$  кучланиш  $\sigma_b$  кучланишдан катта фарқ қилмаса ( $\leq 10\%$ ), у вақтда ҳисоб тўхта-тилади. Акс ҳолада, ҳисоб юқорида келтирилган тартибда давом эттирилади.

Ҳисоблашларда  $\psi_s$  коэффициентининг қиймати (11.54) формуладан аниқланиши мумкин.

**Элементлар эгрилигини ҚМҚ 2.03.01-96 услуби бўйича ҳисоблаш.** Бу услуб бўйича эгриликни аниқлашда юқорида келтириб чиқарилган ҳисоблаш формулаларида  $\lambda = 0$  қабул қилиш кифоя. У вақтда ҳисоблаш формулалари куйидаги кўринишни олади:

$$\begin{aligned} \left( \frac{1}{r} \right) &= \frac{M_{tot}}{Z \cdot h_o} \left[ \frac{\psi_s}{E_s A_s} + \frac{\psi_b}{(\xi + \varphi_f) \cdot b \cdot h_o \nu \cdot E_b} \right] - \\ & - \frac{N_{tot}}{E_s A_s} \cdot \frac{\psi_s}{h_o}, \end{aligned} \quad (11.48)$$

бу ерда

$$z = h_o \left[ 1 - \frac{\frac{h'_f}{h_o} \varphi_f + \xi^2}{2(\varphi_f + \xi)} \right]. \quad (11.49)$$

Элемент сиқилиш зонасининг нисбий баландлиги  $\xi$  куйидаги эмпирик формуладан аниқланади

$$\xi = \frac{1}{\beta + \frac{1 + 5(\delta + \lambda)}{10\mu_s \cdot \alpha}} \pm \frac{1,5 + \varphi_f}{11,5 \frac{e_{s,tot}}{h_o} + 5} \quad (11.50)$$

ва 1 дан катта қабул қилинмайди.

(11.50) формуланинг иккинчи қисми олдидаги "+" ишора  $N_{tot}$  сиқувчи, "-" ишора эса,  $N_{tot}$  чўзувчи бўлганда қабул қилинади.

(11.50) формулада:  $\beta$  - бетоннинг хилига боғлиқ бўлган коэффициент: оғир ва енгил бетонлар учун  $\beta = 1,8$ ; майдадонали бетонлар учун  $\beta = 1,6$ ; ғовакли ва ковакли бетонлар учун эса,  $\beta = 1,4$  қабул қилинади:

$$\delta = \frac{M_{tot}}{b \cdot h_0^2 \cdot R_{b,ser}}, \quad (11.51)$$

$$\lambda = \varphi_f \left( 1 - \frac{h'_f}{2 \cdot h_0} \right), \quad (11.52)$$

$$e_{s,tot} = \frac{M_{tot}}{N_{tot}}. \quad (11.53)$$

Кўндаланг кесими тўғри тўртбурчак шаклида бўлган элементларни ҳисоблашда, кесим  $S'$  арматура билан жиҳозланган бўлса, ҳисоблаш формулаларида  $h'_f$  нинг қиймати  $2a'$  билан алмаштирилади,  $S^1 = 0$  бўлган тақдирда эса,  $h'_f = 0$  қабул қилинади.

Тавр кесимлар учун  $\xi \leq h'_f / h_0$  бўлса, ҳисоб эни  $b'_f$  га тенг бўлган тўғри тўртбурчак кесимлардагидек бажарилади.

Чўзилган зонада пайдо бўлган ёриқлар орасидаги бетоннинг қисман ишлашини эътиборга оладиган коэффициент  $\psi_s$ , қуйидаги эмпирик формуладан аниқланади

$$\psi_s = 1,25 - \varphi_{ls} \cdot \varphi_m - \frac{1 - \varphi_m^2}{(3,5 - 1,8 \cdot \varphi_m) e_{s,tot} / h_0} \quad (11.54)$$

ва 1 дан катта қабул қилинмайди.

(11.54) формулада  $e_{s,tot} / h_0 \geq 1,2 / \varphi_{ls}$  қабул қилинади.

Олдиндан зўриқтирилмаган элементлар учун  $\psi_s$  коэффициенти қуйидаги формуладан аниқланади

$$\psi_s = 1,25 - \varphi_{ls} \cdot \varphi_m. \quad (11.55)$$

Бу формулаларда:  $\varphi_{ls}$  - юкларнинг давомли таъсирини эътиборга оладиган коэффициент, 11.2 жадвалдан аниқланади;

$$\varphi_m = \frac{R_{bt,ser} \cdot W_{pl}}{|\pm M_r \mp M_{rp}|} \leq 1 \quad (11.56)$$

Элементнинг умумий эгрилиги қуйидаги формуладан аниқланади

$$\left( \frac{1}{r} \right) = \left( \frac{1}{r} \right) - \left( \frac{1}{r} \right)_2 + \left( \frac{1}{r} \right)_3 - \left( \frac{1}{r} \right)_4, \quad (11.57)$$

бу ерда  $\left( \frac{1}{r} \right)_1$  - муваққат, давомли ва доимий юкларнинг қисқа вақт таъсиридан элементнинг

эгрилиги;  $\left( \frac{1}{r} \right)_2$  - доимий ва давомли юкларнинг

қисқа вақт таъсиридан элементнинг эгрилиги;

$\left( \frac{1}{r} \right)_3$  - доимий ва давомли юкларнинг узок вақт

таъсиридан элементнинг эгрилиги;  $\left( \frac{1}{r} \right)_4$  бетон-

нинг чўкиши ва олдиндан зўриқтирувчи Р кучнинг давомли таъсиридан бетоннинг сирпанувчанлиги натижасида элементнинг букилишидаги эгрилиги, (11.11) формуладан аниқланади.

$\left( \frac{1}{r} \right)_1$ ,  $\left( \frac{1}{r} \right)_2$  ва  $\left( \frac{1}{r} \right)_4$  эгриликлар (11.48) фор-

муладан аниқланади.  $\left( \frac{1}{r} \right)_1$  ва  $\left( \frac{1}{r} \right)_2$  эгриликларни

аниқлашда  $\nu = 0,45$  қабул қилиниб,  $\psi_s$  коэффициентнинг қиймати эса (11.54) формуладан  $\varphi_{ls} =$

$1 \dots 1,1$  қийматларда аниқланади;  $\left( \frac{1}{r} \right)_3$  эгрилик эса,

$\nu = 0,1 \dots 0,15$  қийматларда  $\psi_s$  коэффициентнинг (11.54) формуладан аниқланадиган қийматлари бўйича ҳисобланади. (11.54) формулада  $\varphi_{ls} = 0,8$  қабул қилинади.

Элементларнинг умумий салқиликлари қуйидаги формуладан аниқланади

$$f_{tot} = f_m + f_a, \quad (11.58)$$

бу ерда  $f_m$  - эғувчи момент таъсиридан элементнинг салқилиги; (11.6) формуладан аниқланади;  $f_a$  - кесувчи куч таъсиридан элементнинг эгрилиги, қуйидаги формуладан аниқланади

$$f_a = \int_0^l \bar{Q}_x \cdot \gamma_x \cdot dx, \quad (11.59)$$

бу ерда  $\bar{Q}_x$  - изланаётган салқилик йўналиши бўйича  $x$  кесимга қўйилган бирлик куч таъсиридан шу кесимдаги кесувчи куч;  $\gamma_x$  силжиш деформацияси, қуйидаги формуладан аниқланади

$$\gamma_x = \frac{1,5 \cdot Q \varphi_{b2}}{G \cdot b \cdot h_0} \cdot \varphi_{crc}, \quad (11.60)$$

Q - ташки юклар таъсиридан  $x$  кесимдаги кесувчи куч; G - бетоннинг силжиш модули,  $G = 0,4 E_b$ ;  $\varphi_{crc}$  ёриқларнинг силжиш деформациясига таъсирини эътиборга оладиган коэффициент: элементнинг узунлиги бўйича қия ҳамда нормал ёриқлар пайдо бўлмаса,  $\varphi_{crc} = 1,0$ ; фақат қия ёриқлар пайдо бўлганда  $\varphi_{crc} = 4,8$ ; қия ва нормал ёриқлар пайдо бўлганда эса, қуйидаги формуладан аниқланади

$$\varphi_{crc} = \frac{3 \cdot E_b \cdot J_{red}}{M_x} \left( \frac{1}{r} \right)_x; \quad (11.61)$$

$M_x, \left( \frac{1}{r} \right)_x$  - ташки юклар таъсиридан эғувчи

момент ва салқилиги аниқланаётган юқдан элемент  $x$  кесимининг умумий эгрилиги.

Темирбетон элементларнинг умумий салқилиги куйидаги формуладан аниқланади

$$f_{tot} = f_1 - f_2 + f_3 - f_4 + f_Q. \quad (11.62)$$

Салқиликларни ҳисоблашда элемент узунлигининг баландлигига нисбати  $l/h > 10$  бўлганда, кесувчи куч таъсиридан ҳосил бўладиган  $f_Q$  салқилик нолга тенг қабул қилинади.

11.2 жадвал

Юқнинг давомли таъсири	Бетоннинг синфига мос бўлган $\varphi_{is}$ , ко-эффиценти	
	В7,5 дан юқори бўлганда	В7,5 дан паст бўлганда
1. Давомли бўлмаган таъсирда:		
а) стерженли арматура учун	1,0	0,7
ковурғали бўлганда	1,1	0,8
сирти текис бўлганда	1,0	0,7
б) симли арматура учун	1,0	0,7
2. Давомли бўлган таъсирда (арматуранинг хилидан катъий назар)	0,8	0,6

**Мисол.** 33. 32 мисолда келтирилган маълумотлардан фойдаланиб тўсиннинг салқилиги аниқланади

Тўсиннинг чўзилган зоналарида дарз кетмаганлиги учун, унинг эгрилиги (11.7) формуладан, салқилиги эса, (11.57) формуладан топилади.

Қисқа вақт таъсир қиладиган юқлардан тўсиннинг эгрилиги (11.8) формуладан

$$\left(\frac{1}{r}\right)_1 = \frac{25 \cdot 10^5}{0,85 \times 32,5 \times 10^3 (100) 51341 \text{ 6,7}} = 0,176 \times 10^{-5} \frac{1}{\text{см}}$$

салқилигини эса, (11.4) формуладан –

$$f_1 = \frac{5}{48} \cdot 0,176 \cdot 10^{-5} (1184)^2 = 0,257 \text{ см,}$$

Доимий ва узоқ вақт таъсир қиладиган юқлардан тўсиннинг эгрилиги (11.9) формуладан [6]

$$\left(\frac{1}{r}\right)_2 = \frac{1448 \cdot 10^5 \times 2}{0,85 \cdot 32,5 \cdot 10^3 (100) 51341 \text{ 6}} = 2,04 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{см}}$$

салқилиги эса,

$$f_2 = \frac{5}{48} \cdot 2,04 \cdot 10^{-5} (1184)^2 = 2,98 \text{ см.}$$

бу ерда, хавонинг намлиги  $\varphi_{inf} > 40$  % бўлганлиги учун,  $\gamma_{b2} = 2$ ; бетоннинг қисқа вақт ичида сирпанувчанлигини эътиборга оладиган коэффицент  $\gamma_{b1} = 0,85$ .

Олдиндан зўриктирувчи  $P$  куч таъсиридан тўсиннинг букилишдаги эгрилиги (11.10) формуладан:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_s = \frac{41244 \cdot 10^3 \cdot 27,44}{0,85 \cdot 32,5 \cdot 10^3 (100) 51341 \text{ 6}} = 0,8 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{см}}$$

букилиши эса,

$$f_3 = \frac{1}{8} \cdot 0,8 \cdot 10^{-5} \cdot (1184)^2 = 1,40 \text{ см.}$$

Бетоннинг ҳажмий қисқариши ва зўриқиши  $P$  куч таъсиридан бетон деформациясининг ошиши (бетоннинг сирпанувчанлигидан) натижасида, тўсиннинг букилишдаги эгрилигини (11.11) формуладан:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_4 = \frac{45,8 \cdot 10^{-5} - 21,0 \cdot 10^{-5}}{55} = 0,45 \times 10^{-5} \frac{1}{\text{см}}$$

бу ерда, (11.12) ифодаларга мувофиқ.

$$\varepsilon_b = \frac{\sigma_b}{E_s} = \frac{87}{1,9 \cdot 10^5} = 45,8 \times 10^{-5};$$

$$\varepsilon_b' = \frac{\sigma_b'}{E_s} = \frac{40}{1,9 \cdot 10^5} = 21,0 \cdot 10^{-5}.$$

(11.13) ва (11.14) ифодаларга биноан эса,

$$\sigma_b = 10,2 + 40 + 37 \approx 87 \text{ МПа;}$$

$$\sigma_b' = 0 + 40 + 0 = 40 \text{ МПа.}$$

Бетоннинг ҳажмий қисқариши ва зўриктирувчи  $P$  куч таъсиридан бетон деформациясининг ошиши натижасида тўсиннинг букилиши

$$f_4 = \frac{1}{8} \cdot 0,45 \times 10^{-5} (1184)^2 = 0,79 \text{ см.}$$

Тўсиннинг умумий салқилиги куйидагига тенг

$$f = f_1 + f_2 - f_3 - f_4 = 0,257 + 2,98 - 1,40 - 0,79 = 1,047 \text{ см} \approx 1,05 \text{ см} < [3 \text{ см}].$$

Тўсиннинг салқилиги рухсат этилган салқиликдан кам. Тўсин эксплуатация қилиш талабига жавоб беради.

### Такрорлаш учун саволлар:

1. Темир-бетон элементларни деформация бўйича ҳисоблашнинг моҳияти нимадан иборат?
2. Нима учун чўзилган зоналарида ёриқлар пайдо бўлмаган ва ёриқлар пайдо бўлган элементларнинг эгриликлари бир хил формулалардан аниқланмайди?
3. Чўзилган зоналарида ёриқлар пайдо бўлмаган элементларнинг эгриликлари қандай аниқланади?
4. Чўзилган зоналарида ёриқлар пайдо бўлган элементларнинг эгриликлари қандай аниқланади?
5. Сиқилган бетоннинг эластик-пластик деформацияланишини эътиборга олиб, чўзилган зонасида ёриқлар пайдо бўлган элемент эгрилигини аниқлаш формуласини келтириб чиқаринг.
6. ҚМҚ 2.03.01-96 услуби бўйича эгрилик қандай аниқланади?
7. Чўзилган зонасида ёриқлар пайдо бўлган элементнинг умумий эгрилиги қандай аниқланади? Салқилигичи?



## 12. БЕТОН ВА ТЕМИР-БЕТОННИНГ ЯҚИН КЕЛАЖАҚДА РИВОЖЛАНИШИ

Бетон ва темир-бетон соҳасида илмий-техник тараққиётнинг асосий йўналиши бу яқин келажақда бетон ва темир-бетон учун ишлатиладиган материалларнинг хоссасини систематик равишда яхшилаш, ундан тайёрланадиган буюмларни йириклаштириш ва уларни завод шароитида тайёрлаш жараёнини такомиллаштиришдан, конструкцияларни тайёрлашда материаллар, энергия ва меҳнат сарфини камайтириш ҳамда ҳар хил шароитда ишлатиладиган конструкцияларнинг хизмат муддатини узайтириш ва пухталигини оширишдан иборат.

Бу масалаларни ечишда биринчи навбатда саноат чикиндисидан олинадиган ўта энгил, ғовакли тўлдирувчилар асосида бетоннинг зичлигини камайтириш; намдан химоя қилувчи махсус материалларни қўллагандан кенгаювчи цементларни кенг қўллаш натижасида бетоннинг сув ўтказмаслигини пухта таъминлаш; иссиқлик сарфини камайтирган ҳолда, энг арзон қуёш энергиясидан фойдаланиб ҳамда ўта тез қотувчи цементларни қўллаш натижасида бетоннинг қотиш муддатини қисқартириш; арматура учун ишлатиладиган пўлатларнинг янги, тежамли хилини, шу жумладан термомеханик усул билан мустаҳкамлиги оширилган винт шаклидаги стерженли арматураларни ишлаб чиқиш; бетон ва арматура ишларини бажариш учун комплекс кимёвий қўшимчалар қўшиш йўли билан ва бошқа юқори унумдорликка эга бўлган технологик ускуналар қўллаш натижасида меҳнат сарфини камайтириш; олдиндан зўриқтирилган темир-бетонни йиғма, йиғма-якит ва якит конструкцияларда қўллаш йўли билан ривожлантириш ва юқори мустаҳкамликка эга бўлган арматураларни кенг қўллаш таъминланади.

Оддий ва олдиндан зўриқтириладиган темир-бетон конструкцияларини кенг қўллаш ва уларни такомиллаштиришга катта эътибор берилади.

Бикр арматура ва қия арматуралар билан жиҳозланадиган конструкцияларнинг янги хиллари, юқори мустаҳкамликка эга бўлган, энгил ғовакли тўлдирувчилар, ковакли ва майда донали ҳамда ҳар хил қўшимчалар солиб тайёрланадиган бетонлар, полимербетонлар, кислота ва ишқор таъсирига чидамли бўлган бетонлар кенг қўлланилади.

Келгусида энергия сарфини камайтирадиган паст температурада синтез қилинадиган алинит ва жуда тез қотадиган бесалит цементлари асосида тайёрланадиган бетонлардан кенг қўламда фойдаланилади.

Саноат ишлаб чиқаришининг ҳар хил гидравлик актив чикиндиларини портландцементга қўшиб, ундан тайёрланадиган бетонларнинг хоссаларини ва технологиясини ўрганишга катта аҳамият берилади.

Қумли бетонларни турар-жой, қишлоқ, йўл, суғориш ва гидротехник қурилишида кенг қўллаш тўғрисида янги норматив ҳужжатларни тайёрлаш амалга оширилади.

Энгил бетонларнинг сифатини яхшилаш, унинг зичлигини камайтириш ва сарф қилинадиган ёқилғи-энергияни камайтиришга катта талаб қўйилмоқда. Шунинг учун энгил бетонларни индустриал усуллар билан саноат чикиндилари ва иккиламчи маҳсулотлар асосида ишлаб чиқариш учун кенг имконият яратилади.

Қурилишда энгил бетонларни қўллашнинг бирдан бир самарали йўналишларидан бири катта ўлчамдаги ташқи девор конструкцияларини завод шароитида тайёр ҳолда ишлаб чиқаришдан иборат. Бундай конструкцияларда энгил бетоннинг қулайликларидан тўла фойдаланиш имконияти яратилади. Ташқи девор конструкцияларининг зичлигини ( $150...200 \text{ кг/м}^3$  гача) камайтириш резервларидан тўла фойдаланиш,  $1 \text{ м}^3$  бетонга сарф қилинадиган энергияни 30 кг шартли ёқилғигача камайтириш ва иссиқлик ўтказмаслик хоссаларини яхшилаш назарда тутилади.

Зичлиги кам ( $1400 \text{ кг/м}^3$  гача) ва мустаҳкамлиги 40 МПа гача бўлган энгил бетонлардан тайёрланадиган юк кўтарувчи, шу жумладан эгилишга ишлайдиган конструкцияларни ишлаб чиқариш кенг қўламда амалга оширилади.

Бундай конструкцияларнинг қўлланилиши пўлат арматура сарфини ҳамда бино ва иншоотларнинг оғирликларини камайтиради ва конструкцияларини йириклаштириш имкониятини яратади.

Янги хил бетонларни яратиш ишлари давом эттирилади. Бунда саноат чикиндиларидан, шу жумладан ёғочларга ишлов бериш ҳамда қишлоқ хўжалиги чикиндиларидан ва табиий материаллардан фойдаланишга катта эътибор берилади.

Автоклав усули билан тайёрланадиган ковакли бетонлар технологияси соҳасида юқори мустаҳкамликка эга бўлган бетонлар ишлаб чиқариш тажрибалари умумлаштирилади ва бундай бетонларни янада кўпайтиришнинг қўшимча чоралари кўрилади. Шу билан бирга ковакли бетонларнинг чўзилишдаги мустаҳкамлигини ошириш ва ҳажмий қисқаришини камайтиришнинг самарали усуллари ишлаб чиқариш кўзда тутилади. Худди шундай такомиллаштириш ноавтоклав йўли билан тайёрланадиган ковакли бетонлар учун ҳам амалга жорий қилиниши лозим.

Ҳар хил толалар қўшиб бетоннинг чўзилишдаги мустаҳкамлигини ошириш соҳасидаги барча ишлар жуда ҳам перспектив хисобланади.

Келгуси беш йилликда арматураларнинг самарали хилларини кенг қўллаш ва арматура учун пўлатларнинг янги перспектив хиллари ва уларни қайта ишлаш технологиясини яратиш соҳасида

ишлар олиб борилади. Асосий диққат кам миқдорда лигерловчи қўшимчалар қўшилган самарали стерженли арматураларнинг хилларига, шу жумладан термомеханик йўли билан мустаҳкамлиги оширилган АтШс синфли ҳамда винт шаклидаги янги хил арматураларни такомиллаштиришга қаратилади.

Юқори мустаҳкамликка эга бўлган симли арматуралар (В-П, Вр-П) ва арматура сифатида ишлатиладиган арконлар (К-7, К-19) ҳамда пайвандланиш хоссасига эга бўлган паст температура таъсирига чидамли, коррозия натижасида ёрилмайдиган юқори мустаҳкамликка эга бўлган ва мустаҳкамлиги оширилган стерженли арматураларни жорий қилиш учун катта иш олиб борилади. Бунда механик характеристикалари оширилган ва профили яхшилانган юқори мустаҳкамликка эга бўлган симлар ҳамда шишапластик ва пўлат толали арматураларни такомиллаштиришга жуда ҳам катта эътибор берилади.

Арматуралардан тайёрланадиган буюмларни ишлаб чиқаришда иш унумдорлигини кескин ошириш учун арматурали синчларни тайёрлашда пайвандловчи автоматлардан фойдаланиш, автоматлаштирилган бошқариш системасини жорий қилиш талаб қилинади.

Янги хил арматураларни қўллаш 400 минг тонна пўлатни тежашга ва арматура ишларида меҳнат унумдорлигини кескин оширишга имконият яратди.

Коррозиядан шикастланган иншоотларни туза тиш ва қайта тиклашга катта аҳамият берилади. Бу янги йўналиш бўлиб, агрессив муҳитда темир-бетоннинг чидамлилигини қайта тиклашнинг самарали усуллари ишлаб чиқиш билан боғлиқдир.

Ўрта Осиё шароитида темир-бетон конструкцияларини тайёрлашда энг арзон бўлган қуёш энергиясидан фойдаланиб бетоннинг қотиши муддати ни қисқартириш жуда муҳимдир.

Келгусида бетон ва темир-бетон соҳасидаги илмий-техника йўналишининг асосий вазифалари қуйидагилардан иборат:

1. Комплекс юклар ва ташқи муҳит таъсиридан

ҳисоблаш параметрларини оптималлаштириш ва янги авлодга мансуб бўлган электрон ҳисоблаш машиналарини (ЭХМ) қўллаш асосида темир-бетон конструкцияларини ва композит системаларнинг кучланиш ва деформацияланиш ҳолатини ҳисоблаш назариясини яратиш;

2. Бетон ва темир-бетон конструкцияларининг элементларини ҳисоблашнинг янги услубларини яратиш ва такомиллаштириш;

3. Кам ўрганилган шароитда ишлайдиган (транспортда ташиш, монтаж қилиш жараёнларида вужудга келадиган юклар ва технологик юклар таъсирига) темир-бетон конструкцияларини ҳисоблаш услубларини яратиш;

4. Темир-бетон конструкцияларини ҳисоблашда материалларнинг мустаҳкамлиги, бикрлиги ва бошқа характеристикаларининг ўзгарувчанлигини эътиборга олган ҳолда эҳтимолликлар назариясини қўллаш;

5. Бир неча йўналишда бир жинсли бўлмаган кучланиш ҳолатида бетоннинг деформацияланиши, структурасининг ўзгариши ва мустаҳкамлигини ўрганиш ҳамда тажрибалардан олинган натижаларни тартибга солиш;

6. Стержен шаклидаги элементларни, шу жумладан статик аниқ ва статик ноаниқ темир-бетон конструкцияларининг элементларини физик ва геометрик жиҳатдан чизикли бўлмаган ҳолларда ишлашини ўрганиш ва ҳисоблаш услубларини ишлаб чиқиш;

7. Темир-бетондан тайёрланадиган плита, қобик ва массив конструкцияларни ҳисоблаш услубини яратиш ва такомиллаштириш;

8. Ташқи юклар ва иқлимнинг биргаликдаги ноқулай таъсирига темир-бетон конструкцияларнинг кўпга чидамлилигини ошириш, ҳисоблаш ва лойиҳалаш услубларини такомиллаштириш;

9. Темир-бетон конструкцияларига сейсмик ва бошқа динамик юкларнинг таъсирини ўрганиш ва бино ҳамда иншоотларнинг зилзилага бардошлигини ошириш, уларнинг эксплуатация қилиш шароитини яхшилаш ва ҳоказо.

## ХОТИМА

Қўлингиздаги қўлланма темир-бетон конструкциялари курси бўйича ўзбек тилида 1992 йили чоп қилинган биринчи китобнинг иккинчи тўлдирилган нашри бўлиб, унда темир-бетон конструкцияларини ҳисоблаш назариясининг асосий ҳолатлари ёритилган. Назарий ҳисоблаш услублари амалий мисоллар ечимлари билан мустаҳкамланган. Китобда берилган материаллар бўлгуси инженерлар учун темир-бетон конструкциялари бўйича ўз билимларини такомиллаштиришга асос бўлиб хизмат қиладиган умиддамиз. Чунки бетон ва темир-бетон кўп йиллар давомида асосий қурилиш материали бўлиб, халқ, хўжалигининг кўп соҳаларида қўлланилмоқда ва кейинги йилларда унинг қўлланиш

соҳаси янада кенгаяди. Шунинг учун инженер бетон ва темир-бетон конструкцияларини лойиҳалаш, тадқиқот қилиш ва ишлаб чиқаришда содир бўладиган барча масалаларни мустақил ечишга, темир-бетон конструкциялари ривожланишининг асосий йўналишларини билишга, бу соҳада ўз билиминини оширишга ва ўзининг амалий ишида темир-бетон соҳасидаги илмий-техник тараққиётни қўллашга интилиши керак. Бундан ташқари, темирбетон конструкцияларини лойиҳалашда иқтисодий талабларни эътиборга олган ҳолда уларнинг ишончлик даражасини ошириш ва пухталлигини таъмирлаш бўйича пухта билимга эга бўлиши ва ўзининг иш фаолиятида замонавий электрон ҳисоблаш ма-

## АСОСИЙ ҲАРФИЙ БЕЛГИЛАР

Ташқи юклар ва таъсирлардан ҳосил бўладиган зўриқишлар

$M$  - эгувчи момент;

$N$  - бўйлама куч;

$Q$  - кўндаланг куч;

$T$  - буровчи момент;

$M_{sh}, M_b, M_{tot}$  - мос равишда муваққат, доимий ва давомли ва жами юклардан эгувчи момент.

### Материалларнинг характеристикалари

$R_b, R_{b,ser}$  - мос равишда чегаравий ҳолатнинг биринчи ва иккинчи группалари учун бетоннинг сиқилишдаги ҳисобий қаршиликлари;

$R_{bt}, R_{bt,ser}$  - мос равишда чегаравий ҳолатнинг биринчи ва иккинчи группалари учун бетоннинг чўзилишдаги ҳисобий қаршиликлари;

$R_s, R_{s,ser}$  - мос равишда чегаравий ҳолатнинг биринчи ва иккинчи группалари учун арматуранинг ҳисобий қаршиликлари;

$R_{sc}$  - кўндаланг арматуранинг чўзилишдаги ҳисобий қаршилиги;

$R_{sr}$  - чегаравий ҳолатнинг биринчи группаси учун арматуранинг сиқилишдаги ҳисобий қаршилиги;

$E_b$  - бетоннинг сиқилиш ва чўзилишдаги бошланғич эластиклик модули;

$E_s$  - арматуранинг эластиклик модули;

$\alpha$  - арматура эластиклик модулининг бетоннинг бошланғич эластиклик модулига нисбати,  $\alpha = E_s / E_b$ .

### Элемент кўндаланг кесимида бўйлама арматура ҳолатининг характеристикаси

$S$  - чўзилган ёки кам сиқилган зонада жойлашган бўйлама арматуранинг белгиланиши ва марказий чўзилган элементларнинг кўндаланг кесимида жойлашган жами арматура;

$S'$  - сиқилган ёки кам чўзилган зонада жойлашган бўйлама арматуранинг белгиланиши;

### Геометрик характеристикалар

$b$  - тўғри тўртбурчак кесимнинг эни; тавр ва қўштавр кесим қовурғасининг эни;

$b_f, b_f'$  - мос равишда тавр ва қўштавр кесимларнинг чўзилган ва сиқилган зоналаридаги рафларнинг эни;

$h$  - кўндаланг кесими тавр, қўштавр ва тўғри тўртбурчак шаклида бўлган элементларнинг баландлиги;

$h_f, h_f'$  - тавр ва қўштавр кесимларнинг мос равишда чўзилган ва сиқилган зоналаридаги рафларнинг қалинликлари;

$a, a'$  -  $S$  ва  $S'$  арматуралардаги зўриқишларнинг тенг таъсир этувчиларидан мос равишда шу зўриқишларга яқин бўлган кесим қирраларигача бўлган

масофалар;

$h_0 - h - a$  га тенг бўлган кесим ишчи баландлиги;

$x$  - бетон сиқилиш зонасининг баландлиги;

$\xi - x/h_0$  га тенг бўлган бетон сиқилиш зонасининг нисбий баландлиги;

$S$  - элементнинг узунлиги бўйича кўндаланг стерженлар орасидаги масофа;

$e_0$  - бўйлама  $N$  кучнинг келтирилган кесим оғирлик марказига нисбатан елкаси;

$e, e'$  - бўйлама  $N$  куч қўйилган нуқтадан  $S$  ва  $S'$  арматуралардаги зўриқишларнинг тенг таъсир этувчиларигача бўлган масофалар;

$e_s$  - бўйлама  $N$  куч қўйилган нуқтадан  $S$  арматура кесим юзасининг оғирлик марказигача бўлган масофа;

$l$  - элементнинг ровоғи;

$l_0$  - элементнинг ҳисобий узунлиги;

$i$  - кесим оғирлик марказига нисбатан элемент кўндаланг кесимининг инерция радиуси;

$d$  - пўлат стерженли арматураларнинг номинал диаметри;

$A_s, A_s'$  - мос равишда  $S$  ва  $S'$  арматураларнинг кесим юзалари;

$A_{sw}$  - элемент бўйлама ўқига нормал бўлиб, қия кесимни кесиб ўтадиган битта текисликда жойлашган кўндаланг стерженлар кесимининг юзаси;

$A_{sw,1}$  - битта кўндаланг стерженнинг кесим юзаси;

$\mu_s$  - арматура билан жиҳозланиш коэффициенти,  $S$  арматура кўндаланг кесим юзасининг, сиқилган ва чўзилган рафларни эътиборга олмаган ҳолдаги элемент кўндаланг кесим юзаси  $b \cdot h_0$  нисбатига тенг;

$A$  - кўндаланг кесимдаги бетон юзаси;

$A_{red}$  - элемент келтирилган кесимининг юзаси;

$J_{red}$  - элемент келтирилган кесим юзасининг оғирлик марказига нисбатан келтирилган кесимнинг инерция моменти;

$W_{red}$  - чўзилган четки тола учун элемент келтирилган кесимининг қаршилиқ моменти;

$D$  - халқа ёки айлана шаклидаги кесимнинг диаметри.

### Олдиндан зўриктирилган элемент характеристикалари

$P$  - олдиндан зўриктирувчи (қисувчи) зўриқиш, мос равишда элементнинг ишлаши қаралаётган босқичида арматурадаги дастлабки кучланишларнинг камайишини эътиборга олиб аниқланади;

$P_1$  - кучланишлар камайишининг биринчи туркумини эътиборга олиб аниқланадиган олдиндан зўриктирувчи (қисувчи) зўриқиш;

$P_2$  - кучланишлар камайишининг ҳаммасини

эътиборга олиб аниқланадиган олдиндан зўриктирувчи (қисувчи) зўриқиш;

$\sigma_{sp}, \sigma'_{sp}$  - бетонни қисувчи (арматура таянчларга маҳкамланиб таранглаштирилганда) таранглаштириладиган  $S$  ва  $S'$  арматуралардаги мос бўлган олдиндан берилган кучланишлар;

$\sigma_{sp,1}$  - кучланишлар камайишининг биринчи туркумини эътиборга олиб аниқланадиган  $\sigma_{sp}$  кучланиш;

$\sigma_{sp,2}$  - кучланишлар камайишининг ҳаммасини эътиборга олиб аниқланадиган  $\sigma_{sp}$  кучланиш;

$\sigma_{bp}$  - олдиндан зўриктириш (қисиш) босқичида бетондаги сиқувчи кучланиш, элемент ишлашининг қаралаётган босқичида арматурадаги кучланишларнинг камайишини эътиборга олиб аниқланади;

$\gamma_{sp}$  - арматурани таранглашдаги аниқлик коэффициенти;

$R_{bp}$  - элементни зўриктириш (қисиш) ҳолатида бетоннинг сиқилишдаги мустаҳкамлиги;

$A_{sp}, A'_{sp}$  - мос равишда  $S$  ва  $S'$  арматураларнинг таранглаштирилган бир қисмининг кесим юзалари;

$e_{op}$  - олдиндан зўриктирувчи (қисувчи) зўриқишнинг келтирилган кесим оғирлик марказига нисбатан елкаси;

$e_{0,tot}$  бўйлама  $N$  куч ва олдиндан зўриктирувчи (қисувчи)  $P$  зўриқиш тенг таъсир этувчисининг келтирилган кесим оғирлик марказига нисбатан елкаси;

$e_{sp}$  - олдиндан зўриктирувчи (қисувчи) зўриқиш қўйилган нуқтадан  $A_{sp}$  арматуранинг оғирлик марказигача бўлган масофа.

## ХАРФИЙ БЕЛГИЛАРНИНГ ИНДЕКСЛАРИ

### Бир ҳарфдан иборат бўлган индекслар

*a* - анкер (anchor);  
*a* - тасоддий (accidental);  
*a* - ўққа оид, марказий (axial);  
*b* - бетон, сиқилган бетон (beton);  
*c* - сиқилиш (compression);  
*d* - чуқурлик (depth);  
*d* - ҳисобий (designer);  
*e* - елка (eccentricity);  
*e* - тешик, зўғота (ear);  
*f* - тўсин рафи (flange);  
*f* - юк (force);  
*h* - горизонтал (horizontal);  
*k* - шпонка (key);  
*l* - давомли (long);  
*l* - сатҳ (level);  
*l* - чап (left);  
*l* - бир-бирига ўтказилган (lap);  
*m* - ўртгача (middle);

*m* - момент (moment);  
*n* - бўйлама куч (normal);  
*n* - норматив (normative);  
*p* - пардевор (partition);  
*q* - кўндаланг куч  
*R* - ҳисобий қаршилиқ  
*r* - ўнг (right);  
*S* - яхлитлаштирилган (in situ);  
*S* - арматура, пўлат (steel);  
*t* - чўзилиш (tension);  
*t* - кўндаланг (transverse);  
*t* - буралиш (torsion);  
*t* - температура, ҳарорат (temperature);  
*u* - чегаравий, четки (ultimate);  
*v* - вертикал (vertical);  
*W* - коворға ёки тўсиннинг девори (web);  
*W* - пайванд (welding);  
*x* -  $x$  ўқи йўналишида ёки  $x$  кесимда;  
*y* -  $y$  ўқи йўналишида;  
*y* - оқувчанлик чегараси (yield point).

### Икки ва учта ҳарфдан иборат бўлган индекслар

*an* - анкерлаш, маҳкамлаш (anchoring)  
*col* - колонна, устун (column);  
*cir* - ҳалқа, думалок, айлана (circular);  
*cr* - критик (critical);  
*crk* - дарз пайдо бўлиши, дарз, ёрик, (cracking);  
*el* - эластик (elastic);  
*ef* - самарали (effective);  
*fact* - ҳақиқий  
*inc* - қайирилган, эгри (inclined);  
*inf* - пастки (inferior);  
*int* - ички (interior);  
*lim* - чегаравий (limit);  
*loc* - маҳаллий (local);  
*max* - энг катта (maximal);  
*min* - энг кичик (minimal);  
*ov* - раф концоли (overhang);  
*pl* - пластик (эластик бўлмаган) (plastic);  
*red* - келтирилган (redacted);  
*ser* - эксплуатация қилишга оид (service);  
*sh* - муваққат (қисқа вақтли) (short);  
*shr* - чўқиш, киришиш (shrinkage);  
*sup* - таянчга оид (support);  
*sup* - юқори (super);  
*tot* - жамланган, тўлиқ (total);  
*reb* - коворға ёки тўсин девори

Изоҳ. Икки ва учта ҳарфдан иборат бўлган индекслар бошқа индекслардан вергул билан ажратилади.

Бир ҳарфдан иборат бўлган индекслар вергул билан ажратилмайди.

## 1-жадвал. Ёриқлар очилишининг рухсат, этиладиган чегаравий қийматлари.

Конструкцияларнинг ишлаш шариоти	Темир-бетон конструкцияларининг дарз кетиш чидамлигига қараб тоифалари ва арматуранинг сақланишини таъминловчи ёриқлар очилишининг рухсат этиладиган чегаравий $a_{crc,1}$ ва $a_{crc,2}$ мм кенглиги		
	Синфлари А-I, А-II, А-III, А-III ва А-IV бўлган стерженли, В-I ва Вр-I бўлган симли арматуралар учун	Синфлари А-V, А-IV бўлган стерженли, В-II, Вр-II, К-7 ва К-19 бўлган симли арматураларнинг диаметри 3,5 мм ва ундан катта бўлганда	Синфлари В-II, Вр-II ва К-7 бўлган симли арматураларнинг диаметри 3мм ва ундан кичик бўлганда
1. Ёпиқ хонада	3 тоифа $a_{crc,1}=0,4$ ; $a_{crc,2}=0,3$ ;	3 тоифа; $a_{crc,1}=0,3$ ; $a_{crc,2}=0,2$ ;	3 тоифа; $a_{crc,1}=0,2$ ; $a_{crc,2}=0,1$ ;
2. Очiq ҳавода ҳамда ер остида ер ости сувлари сатхидан юқори ёки паст бўлганда	3 тоифа $a_{crc,1}=0,4$ ; $a_{crc,2}=0,3$ ;	3 тоифа $a_{crc,1}=0,2$ ; $a_{crc,2}=0,1$ ;	2 тоифа $a_{crc,1}=0,2$ ;
3. Ер остида, ер ости сувларининг сатхи ўзгарувчан бўлганда	3 тоифа $a_{crc,1}=0,3$ ; $a_{crc,2}=0,2$ ;	2 тоифа $a_{crc,1}=0,2$ ;	2 тоифа $a_{crc,1}=0,1$ ;

## 2 жадвал . Бир қаватли бино устунларининг ҳисобий узунликлари

Бино ва устунларнинг характеристикалари				Бир қаватли биноларнинг устуллари ҳисобланганда ҳисобий узунлик		
				Кўндаланг синч текислиги бўйича	Кўндаланг синчга перпендикуляр бўлган текислик бўйича	
		А	Б			
Бинолар кранлар билан жиҳозланганда	Кранлардан ҳосил бўладиган юклар эътиборга олинганда	Устуннинг краности (пастки) қисми учун краности тўсин	Узлуқли бўлганда	$1,5H_1$	$0,8H_1$	$1,2H_1$
		Узлуқсиз бўлганда	$1,2H_1$	$0,8H_1$	$0,8H_1$	
	Устуннинг краности (пастки) қисми учун краности тўсин	Узлуқли бўлганда	$2,0H_2$	$1,5H_2$	$2,0H_2$	
		Узлуқсиз бўлганда	$2,0H_2$	$1,5H_1$	$1,5H_1$	
	Кранладан ҳосил буладиган юклар эътиборга олинмаганда	Бино устунларининг краности (пастки) қисми учун	Бир ровогли биноларда	$1,5H$	$0,8H_1$	$1,2H$
			Куп ровогли биноларда	$1,2H$	$0,8H_1$	$1,2H$
	Бино устунларининг краности (юқори) қисми учун краности тусин	Узлуқли бўлганда	$2,5H_2$	$1,5H_1$	$2,0H_2$	
		Узлуқсиз бўлганда	$2,0H_2$	$1,5H_1$	$1,5H_1$	
Бинолар кранлар билан жиҳозланмаганда	Погонали устунлар учун	Бино устунларининг пастки қисми учун	Бир ровогли биноларда	$1,5H_1$	$0,8H_1$	$1,2H$
			Куп ровогли биноларда	$1,2H$	$0,8H_1$	$1,2H$
	Бино устунларининг кундаланг қисми узгармаганда	Устунларнинг юқори қисмлари учун		$2,5H_2$	$2,0H_2$	$2,5H_2$
		Бир ровогли биноларда	$1,5H_1$	$0,8H_1$	$1,2H$	
	Куп ровогли биноларда		$1,2H$	$0,8H_1$	$1,2H$	
	Эстакадалар кранлар билан жиҳозланганда	Краности тусин	Узлуқли бўлганда	$2,0H_1$	$0,8H_1$	$1,5H_1$
Узлуқсиз бўлганда			$1,5H_1$	$0,8H_1$	$H_1$	
Трубопровод остидаги эстакадалар учун	Устуннинг эстакада қурилмаси билан бирикши	Шарнирли булганда	$2,0H$	$H$	$2,0H$	
		Бикр булганда	$1,5H$	$0,7H$	$1,5H$	

Жадвалда қабул қилинган белгилашлар:

$H$  - мос булган текисликда пойдеворнинг юқори сатхидан горизонтал қурилмагача (стропила ёки стропила ости, хавонлар) устуннинг умумий баландлиги;

$H_1$  - пойдеворнинг юқори сатхидан краности тўсинининг остигача бўлган устун краности қисмининг баландлиги;

$H_2$  -мос бўлган текисликда устун погонасидан горизонтал қурилмагача бўлган устун краности қисмининг баландлиги;

А - устунларнинг бўйлама қатори текислигида боғланишлар мавжуд бўлганда;

Б-устунларнинг бўйлама катор текислигида боғланишлар мавжуд булмаганда.

### 3 жадвал. Ферма ва арка элементларининг ҳисобий узунликлари

Элементларнинг тури	Ферма ва арка элементларининг ҳисобий узунлиги $l_0$
1. Ферма элементлари учун: а) юқори тасма ферма текислигида ҳисобланиб $e_0 < (1/8)h_1$ бўлганда; $e_0 \geq (1/8)h_1$ бўлганда;	0,9· $l$ 0,8· $l$
ферма текислигига перпендикуляр бўлган текисликда ҳисобланганда: фонар остидаги участкалар учун (фонарнинг энг 12 м ва ундан ката бўлганда) бошқа ҳоллар учун	0,8 $l$ 0,9 $l$
б) ховон ва устунлар ферма текислигида ҳисобланганда ферма текислигига перпендикуляр бўлган текисликда ҳисобланиб: $b_1/b_2 < 1,5$ бўлганда; $b_1/b_2 \geq 1,5$ бўлганда;	0,8 $l$ 0,9 $l$ 0,8 $l$
2. Аркалар учун: а) ҳисоб арка текислигида бажарилганда уч шарнирли арка учун икки шарнирли арка учун шарнирсиз арка учун б) ҳисоб арка текислигига перпендикуляр бўлган текисликда бажарилганда	0,580· $L$ 0,540 $L$ 0,365· $L$ $L$

Жадвалда қабул қилинган белгилашлар:

$l$  - ферма тугунларининг марказлари орасидаги масофа, ферманинг юқори тасмаси ферма текислигида ҳисобланганда эса, тасма бириктирилган нукталар орасидаги масофа;

$L$  - арканинг геометрик ўқи бўйича узунлиги, ҳисоб арка текислигида бажарилганда эса, арка бириктирилган нукталар орасидаги масофа;

$h_1$  - юқори тасма кесимининг баландлиги;

$b_1, b_2$  - ферма юқори тасмаси кесимининг ва устунининг (ҳавонининг) эни.

### 4-жадвал. Темир-бетон қурилмалари учун арматураларнинг қўндаланг кесим юзалари

Номинал диаметр, мм	Стерженлар ва аркон арматураларнинг сони									1м узунликдаги арматуранинг ҳисобий массаси, кг
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	бўлганда қўндаланг кесимнинг ҳисобий юзаси, мм <sup>2</sup>									
Симли ва стерженли арматура										
3	7,1	14,1	21,7	28,3	35,3	42,4	49,5	56,5	63,6	0,052
4	12,6	25,1	37,7	50,2	62,8	75,4	87,9	100,5	113	0,092
5	19,6	39,3	58,9	78,5	98,2	117,8	137,5	157,1	176,7	0,144
6	28,3	57	85	113	141	198	226	226	254	0,222
8	50,3	101	151	201	251	302	352	402	453	0,395
10	78,5	157	236	314	393	471	550	628	707	0,617
12	113,1	226	339	452	565	679	792	905	1018	0,888
14	153,9	308	462	616	769	923	1077	1231	1385	1,208
16	201,1	402	603	804	1005	1206	1407	1608	1810	1,578
18	254,5	509	763	1018	1272	1527	1781	2036	2290	1,998
20	314,2	628	942	1256	1571	1885	2199	2513	2828	2,466
22	380,1	760	1140	1520	1900	2281	2661	3041	4321	2,984
25	490,9	982	1473	1963	2454	2945	3436	3927	4418	3,84
28	615,8	1232	1847	2463	3079	3685	4310	4926	5542	4,83
32	804,3	1609	2413	3217	4021	4826	5630	6434	7238	6,31
36	1017,9	2036	3054	4072	5089	6107	7125	8143	9161	7,99
40	1256,6	2513	3770	5027	6283	7540	8796	10053	11310	9,865
Еттига симдан уралган К-7 синфли аркон										
4,5(1,5)	12,7	25,4	38,1	50,8	63,5	76,2	88,9	101,6	114,3	0,1
6(2)	22,7	45,4	68,1	90,8	113,5	136,2	158,9	181,6	204,3	0,173
7,5(2,5)	35,4	70,8	106,2	141,6	177	212,4	247,8	283,2	318,6	0,279
9(3)	51	102	153	204	255	306	357	408	459	0,402
12(4)	90,6	181,2	271,8	362,4	453	543,6	634,2	724,8	815,4	0,714
15(5)	141,6	283,2	424,8	566,4	708	849,6	991,2	1132,8	1274,4	1,116
Ун туққизта симдан уралган К-19 синфли аркон										
14(3)	128,7	257,4	386,1	514,8	643,5	772,2	901	1029,6	1158,3	1,02

Изох: қавс ичида ураладиган симнинг диаметри берилган.

**5 жадвал.** Стерженли ва симли арматураларнинг навлари

Номинал диаметр, мм	Иссик холатда чигирланган ковоурғали арматуранинг синфларига мос булган тури							Симли арматуранинг навлари	
	А-II	А-III	А-IV	Ат-IV	А-V	Ат-V	А-VI Ат-VI	Вр-I	В-II Вр-II
3	-	-	-	-	-	-	-	х	х
4	-	-	-	-	-	-	-	х	х
5	-	-	-	-	-	-	-	х	х
6	-	х	-	-	-	-	-	-	х
8	-	х	-	-	-	-	-	-	х
10	х	х	х	-	х	х	х	-	-
12	х	х	х	-	х	х	х	-	-
14	х	х	х	-	х	х	х	-	-
16	х	х	х	х	х	х	-	-	-
18	х	х	х	х	х	х	-	-	-
20	х	х	-	х	х	х	-	-	-
22	х	х	-	х	х	х	-	-	-
25	х	х	-	х	х	х	-	-	-
28	х	х	-	х	-	-	-	-	-
32	х	х	-	-	-	-	-	-	-
36	х	х	-	-	-	-	-	-	-
40	х	х	-	-	-	-	-	-	-

Изох. "х" белги билан саноат ишлаб чиқарилган арматураларнинг диаметрлари белгиланган.

## АДАБИЁТЛАР

1. Ашрабов А.А., Зайцев Ю.В. Курилиш конструкциялари: Олий ўқув юрт. студ.учун дарслик. - Тошкент: Ўқитувчи, 1988. - 308 б.
2. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции: Общий курс. Учеб. для вузов – 5 – е изд, перераб. и доп.- М., Стройиздат, 1991-767 с: ил.
3. ГОСТ 25192-82. Бетоны. Классификация и общие технические требования.
4. ГОСТ 10180-78. Бетоны. Методы определения прочности на сжатие и растяжение.
5. Железобетонные конструкции. /Под ред. Полякова Л.П., Лысенко Е. Ф. и Кузнецова Л.В. -Киев: Вища школа, 1984. -352 с.
6. Курс лекций по сопротивлению железобетона /НИИСК Госстроя СССР. -Киев, 1987.
7. Попов Н.Н., Забегаев А.В. Проектирование и расчет железобетонных конструкций: Учебное пособие для строит. спец. вузов. -М.: Высшая школа, 1985. -319 с.
8. Попов Н.Н., Расторгуев Б.С. Динамический расчет железобетонных конструкций. М., Стройиздат, 1974. -207 с.
9. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелых и легких бетонов, выполняемых без предварительного напряжения арматуры. -М.:ЦИТП Госстроя СССР, 1986.
10. Пособие по проектированию предварительно напряженных железобетонных конструкций из тяжелых и легких бетонов (к СНиП 2.03.01-84). Ч.I/ЦИТП Госстроя СССР. М, 1988. -192 с.
11. Пособие по проектированию предварительно напряженных железобетонных конструкций из тяжелых и легких бетонов (к СНиП 2.03.01-84). Ч.II. - М./ЦИТП Госстроя СССР, 1988. - 144 с.
12. Проектирование железобетонных конструкций: Справочное пособие /Гольшев А.Б., Бачинский В.Я., Полищук В.П. и др. Под ред. Гольшева А.Б. - Киев: Будівельник, 1986. -496 с.
13. Прочность, структурные изменения и деформации бетонов. Под ред. А.А.Гвоздева. –М.: Стройиздат, 1978. - 299 с.
14. Расчет железобетонных конструкций по прочности, трещиностойкости и деформациям/А.С.Залесов и др. -М.:Стройиздат, 1988.
15. ҚМҚ 2.03.01-84. Бетонные и железобетонные конструкции/Госстрой СССР. -М.:Цитп Госстроя СССР, 1985. -79 с.
16. ҚМҚ 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования. /Госстрой СССР.:ЦИТП Госстроя СССР, 1986. - 36 с.
17. Темир-бетон конструкцияларнинг элементларини чегаравий холатнинг биринчи группаси бўйича ҳисоблаш/СамДАҚИ. -Самарқанд, 1986.
18. Темир-бетон конструкцияларнинг элементларини чегаравий холатнинг иккинчи группаси бўйича ҳисоблаш/СамДАҚИ.-Самарқанд, 1986.
19. Шейкин А.Е., Чеховский Ю.В., Бруссер М.И. Структура и свойства цементных бетонов. -М.: Стройиздат, 1979. -344 с.
20. Усманов В.Ф. К расчету железобетонных конструкций с учетом неупругих деформаций бетона сжатой зоны. В кн: Исследования в области архитектуры, организации и планирования строительства. - Самарқанд, 1991. с. 77-80.

21. Расчет железобетонных конструкций при  
сложных деформациях. Под ред. Торяника. –М.:  
Стройиздат, 1974. -297 с.



## МУНДАРИЖА

<p>КИРИШ ..... 4</p> <p><b>1. ТЕМИРБЕТОН КОНСТРУКЦИЯЛАРНИ ТАЙЁРЛАШ УЧУН ИШЛАТИЛАДИГАН БЕТОН ВА АРМАТУРАНИНГ ФИЗИК ВА МЕХАНИК ХОССАЛАРИ</b> ..... 8</p> <p style="padding-left: 20px;">1.1. Бетон ..... 8</p> <p style="padding-left: 20px;">1.2. Арматура ..... 21</p> <p style="padding-left: 20px;">1.3. Темирбетон ..... 26</p> <p><b>2. ТЕМИРБЕТОН ҚАРШИЛИГИ НАЗАРИЯСИ АСОСЛАРИ</b> ..... 32</p> <p style="padding-left: 20px;">2.1. Темирбетон қаршилиги назариясида тажрибанинг аҳамияти ..... 32</p> <p style="padding-left: 20px;">2.2. Эгиладиган элемент нормал кесимининг кучланиш ва деформацияланиш ҳолати босқичлари ..... 33</p> <p style="padding-left: 20px;">2.3. Темирбетон конструкцияларда ёриқларнинг пайдо бўлиши ва очилиши ..... 34</p> <p style="padding-left: 20px;">2.4. Темирбетон конструкцияларнинг эгилиш ҳолатида бузилиш характери ..... 36</p> <p style="padding-left: 20px;">2.5. Пластик шарнир ҳақида тушунча ва статик ноаниқ конструкцияларнинг бузилиш характери ..... 37</p> <p><b>3. ТЕМИРБЕТОН КОНСТРУКЦИЯЛАРИНИНГ ЭЛЕМЕНТЛАРИНИ ҲИСОБЛАШ АСОСЛАРИ</b> ..... 38</p> <p style="padding-left: 20px;">3.1. Чегаравий ҳолатлар услуги ..... 38</p> <p style="padding-left: 20px;">3.2. Ишончликка ҳисоблаш асослари ..... 45</p> <p><b>4. ЭГИЛАДИГАН ЭЛЕМЕНТЛАРНИ МУСТАҲКАМЛИК БЎЙИЧА ҲИСОБЛАШ</b> ..... 49</p> <p style="padding-left: 20px;">4.1. Амалий хусусиятлар ..... 49</p> <p style="padding-left: 20px;">4.2. Мустаҳкамликни нормал кесимлар бўйича ҳисоблаш ..... 53</p> <p style="padding-left: 20px;">4.3. Мустаҳкамликни қия кесимлар бўйича ҳисоблаш ..... 67</p> <p><b>5. СИҚИЛАДИГАН ЭЛЕМЕНТЛАР</b> ..... 75</p> <p style="padding-left: 20px;">5.1. Амалий хусусиятлар ..... 75</p> <p style="padding-left: 20px;">5.2. Марказмас сиқиладиган элементларнинг мустаҳкамлигини ҳисоблаш ..... 78</p> <p style="padding-left: 20px;">5.3. Бикр арматура билан жиҳозланган сиқиладиган элементлар ..... 82</p> <p style="padding-left: 20px;">5.4. Сиқиладиган элементларни ҳисоблашда буйлама эгилишни эътиборга олиш ..... 84</p> <p><b>6. ЧЎЗИЛАДИГАН ЭЛЕМЕНТЛАР</b> ..... 88</p> <p style="padding-left: 20px;">6.1. Конструктив хусусиятлар ..... 88</p> <p style="padding-left: 20px;">6.2. Марказий чўзиладиган элементларни мустаҳкамлик бўйича ҳисоблаш ..... 88</p> <p style="padding-left: 20px;">6.3. Марказмас чўзиладиган элементларни мустаҳкамлик бўйича ҳисоблаш ..... 89</p> <p><b>7. ТЕМИР-БЕТОН ЭЛЕМЕНТЛАРИНИНГ МУСТАҲКАМЛИГИНИ МАҲАЛЛИЙ ЮКЛАР ТАЪСИРИГА ҲИСОБЛАШ</b> ..... 90</p> <p style="padding-left: 20px;">7.1. Маҳаллий сиқилишга ҳисоблаш ..... 90</p> <p style="padding-left: 20px;">7.2. Босилишга ҳисоблаш ..... 91</p> <p style="padding-left: 20px;">7.3. Узилишга ҳисоблаш ..... 92</p> <p><b>8. МУРАККАБ КУЧЛАНИШ ҲОЛАТИДА ИШЛАЙДИГАН ТЕМИР-БЕТОН КОНСТРУКЦИЯЛАРИНИНГ ЭЛЕМЕНТЛАРИНИ МУСТАҲКАМЛИК БЎЙИЧА ҲИСОБЛАШ</b> ..... 93</p>	<p style="padding-left: 20px;">8.1. Элементларни қийшиқ эгилишга ҳисоблаш ...93</p> <p style="padding-left: 20px;">8.2. Буралишга ва буралиш билан эгилишга биргаликда ишлайдиган элементлар .....94</p> <p><b>9. ОЛДИНДАН ЗЎРИҚТИРИЛГАН ТЕМИР-БЕТОН КОНСТРУКЦИЯЛАРИНИ ЛОЙИҲАЛАШ ВА ҲИСОБЛАШ АСОСЛАРИ</b> .....97</p> <p style="padding-left: 20px;">9.1. Конструкцияларни олдиндан зўриқтиришнинг моҳияти .....97</p> <p style="padding-left: 20px;">9.2. Темир-бетон конструкцияларини олдиндан зўриқтириш усуллари .....97</p> <p style="padding-left: 20px;">9.3. Таранглаштириладиган арматурани бетонга маҳкамлаш ( анкерлаш) .....98</p> <p style="padding-left: 20px;">9.4. Арматураларни таранглаштириш жараёнида бериладиган дастлабки кучланишлар ва уларнинг камайиши ..... 100</p> <p style="padding-left: 20px;">9.5. Зўриқтирувчи куч ва унинг таъсирдан бетондаги кучланишлар .....105</p> <p style="padding-left: 20px;">9.6. Олдиндан зўриқтирилган конструкциянинг ташқи юклар таъсирдан кучланиш ҳолатларининг ўзгариши .....108</p> <p style="padding-left: 20px;">9.7. Олдиндан зўриқтирилган конструкцияларни мустаҳкамлик бўйича ҳисоблаш ..... 110</p> <p><b>ТЕМИР-БЕТОН КОНСТРУКЦИЯЛАРИНИНГ ЭЛЕМЕНТЛАРИНИ ЧЕГАРАВИЙ ҲОЛАТЛАРИНИНГ ИККИНЧИ ТУРКУМИ БЎЙИЧА ҲИСОБЛАШ</b> ..... 112</p> <p><b>10. ТЕМИР-БЕТОН КОНСТРУКЦИЯЛАРИНИНГ ЭЛЕМЕНТЛАРИНИ ДАРЗ КЕТИШИГА ЧИДАМЛИЛИК ВА ДЕФОРМАЦИЯ БЎЙИЧА ҲИСОБЛАШ</b> ..... 112</p> <p style="padding-left: 20px;">10.1. Умумий ҳолатлар ..... 112</p> <p style="padding-left: 20px;">10.2. Дарз кетишига чидамликни элемент бўйлама ўқига нормал бўлган кесимлар бўйича ҳисоблаш ..... 112</p> <p style="padding-left: 20px;">10.3. Дарз кетишига чидамликни элемент бўйлама ўқига қия бўлган кесимлар бўйича ҳисоблаш ..... 115</p> <p style="padding-left: 20px;">10.4. Темир-бетон элементларни ёриқларнинг очилиши бўйича ҳисоблаш ..... 116</p> <p style="padding-left: 20px;">10.5. Темир-бетон элементларни ёриқларнинг ёпилиши бўйича ҳисоблаш ..... 119</p> <p><b>11. ТЕМИР-БЕТОН КОНСТРУКЦИЯЛАРИНИНГ ЭЛЕМЕНТЛАРИНИ ДЕФОРМАЦИЯ БЎЙИЧА ҲИСОБЛАШ</b> ..... 121</p> <p style="padding-left: 20px;">11.1. Умумий ҳолатлар ..... 121</p> <p style="padding-left: 20px;">11.2. Элементларнинг ёриқлар пайдо бўлмаган участкаларининг эгрилигини аниқлаш ..... 122</p> <p style="padding-left: 20px;">11.3. Элементларнинг ёриқлар пайдо бўлган участкаларининг эгрилигини аниқлаш ..... 124</p> <p><b>12. БЕТОН ВА ТЕМИР-БЕТОННИНГ ЯҚИН КЕЛАЖАҚДА РИВОЖЛАНИШИ</b> ..... 129</p> <p><b>Х О Т И М А</b> ..... 130</p> <p><b>И Л О В А Л А Р</b> ..... 130</p> <p><b>АСОСИЙ ҲАРФИЙ БЕЛГИЛАР</b> ..... 131</p> <p><b>АДАБИЁТ</b> ..... 135</p>
---	---

**Усмонов Валиаҳмад Файзиллоевич**

**ТЕМИР-БЕТОН КОНСТРУКЦИЯЛАРИ ЭЛЕМЕНТЛАРИНИ ҲИСОБЛАШ  
АСОСЛАРИ**

Мухаррир: Мансурова М.  
Расом: Усмонов В.Ф.  
Тех. муҳаррир: Заргаров О.К.  
Компьютерда саҳифаловчи: Ибрагимов Х.М.

Босмаҳонага берилди 14.11.2008. Формати 30x42/24.  
Қоғоз тури № 3. Ҳажми 7.3 б.т. Нусхаси 400. Буюртма № 422.  
Китоб муаллиф ҳисобидан чоп этилди.