ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ. И. Сәтбаев атындағы
Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

К. Қ. Бакиров

МЕТАЛЛ ҚҰРАЛЫМДАРЫ

Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі
оқулық ретінде ұсынған

Алматы 2016

ӘОЖ 624.014(07)
ББК 38.54я7
Б 21

Пікір жазғандар:
М. С. Абаканов, КазНИИСА директорының орынбасары, техн. ғыл. д-ры, профессор
Ж. Б. Байнатов, техн. ғыл. д-ры, профессор, Қ. И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ
Д. М. Байтұрсынов, техн. ғыл. д-ры, профессор, ҚазБСҚА
К. Р. Түлебаев, «Гипрогор» жобалау институтының директоры, техн. ғыл. д-ры, профессор

Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің 2016 жылғы жоспарына сәйкес басылды.

Бакиров К. К.
Б 21 Металл құралымдары. Оқулық / К. К. Бакиров. – Алматы: Қ. И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ, 2016. – 437 б.: Сурет 159. Кесте 15. Библиогр. – 11 атау.
ISBN 978-601-228-926-8

Оқулықта құрылыстық металл құралымдарды жобалау, олардың әртүрлі жүктеу кезіндегі жұмысы, қосылыстар мәселелері қаралған. Өнеркәсіптік және азаматтық ғимараттар элементтерінің есептеу және құралымдау негіздері берілген.

5В072900 «Құрылыс» мамандығы бойынша оқитын техникалық жоғары оқу орындарының студенттеріне арналған. Оқулықты ғылыми зерттеу және жобалау мекемелерінің инженерлік-техникалық қызметкерлеріне де пайдалануға болады.

ӘОЖ 624.014(07)
ББК 38.54я7

ISBN 978-601-228-926-8

© Бакиров К. Қ., 2016
© ҚазҰТЗУ, 2016

КІРІСПЕ

Металл ертеден келе жатқан және кең таралған жасанды құрылыс материалдарының бірі болып табылады. Темір арқалықтар алғашқы құралымдық элемент болып жаңа ғасырға дейінгі 432 жылы ежелгі грек сәулетшісі Мнесикл Пропилейді тұрғызған кезде қолданған. Жаңа ғасырға дейінгі 280 жылы «Әлемнің жеті кереметінің» бірі – Фарос аралында биіктігі 150 м мұнара – маяк салынған. Римде жаңа ғасырға дейінгі 125 жылы диаметрі 43 м күмбезі бар Пантион орнатылған. Оның ішінде де темір пайдаланылған. XII ғасырдан бастап темір материал ретінде байланыстырғыштар және тартпалар түрінде сол замандағы бірегей ғимараттарда – сарайлар, шіркеулер, т. б. пайдаланылды. XVII–XVIII ғғ. металды итарқалары және шіркеулердің кеңістікті күмбездік конструкциялары қолданып келді. XVIII ғасыр шойынның үстем болған кезеңі. Шойын құймасын игеру арқасында шойын құбырларды, стержіндерді, т. б. құрылыс конструкцияларының элементтерін жасауға мүмкіндік берді. Шойын көпірлер және шойыннан азаматтық пен өнеркәсіптік ғимараттардың төбежабын конструкциялары пайда бола бастады. Ресейде бірінші шойын конструкциясы болып Уралдағы Невьян мұнарасы кіре берісінің аражабыны саналады. Англияда бірінші шойын көпір 1779 жылы, ал Ресейде (Петербург) – 1784 жылы салынған. 1850 жылдары Петербургте аралықтары 33 м-ден 47 м-ге дейін сегіз аркалы Николай көпірі салынған. Ол дүниежүзіндегі ең ірі көпір болған.

Г. Карттың (Англия) азкөміртекті пудлингті темір алғанынан кейін болат өнеркәсіпте өндіріле бастады. Қысқа мерзім арасында құйма болаттың өнеркәсіптік өндіруінің негізгі тәсілдері жетілдірілді: бессемердікі (1856); мартендікі (1864); томастікі (1878). Шойын біртіндеп жаңа материалға жолын бере бастады. Болат пішіндерінің (бұрыштамалар, зеттер, қоставрлар) прокаттау өндірісі дамыды.

Механикалық сипаттамасы жоғары болатты қолдануға ауысу, металл конструкциялардың дамуында елеулі өзгеріс кезеңі болып саналады.

Жаңа материалдың пайда болуы конструкциялардың жаңа түрлерін өңдеуді, олардың есептеу әдістерін дамытуды керек етті. Л. Навье, Г. Лямэ, Э. Винклер, О. Мор, Д. И. Журавский, Ф. С. Ясинский, Н. А. Белелюбскийлердің жұмыстары конструкцияларды есептеу әдістерін жасауға мүмкіндік туғызды. Л. Д. Проскуряков, Е. О. Патон, И. П. Прокофьев, Н. С. Стрелецкий, Е. И. Беленя сияқты ғалымдардың металл конструкциялар жөніндегі ғылымның дамуына қосқан үлестері орасан зор.

Осы замандағы құрылыста металл конструкциялар аралығы мен биіктігі үлкен ғимараттарда және де арнайы имараттарда (мачталар, мұнаралар, резервуарлар, т.б) қолданылады. Мұндай конструкциялар басқа материалдардан жасалғандарына қарағанда үнемділеу келеді.

І Б Ө Л І М

МЕТАЛЛ ҚҰРАЛЫМДАРЫНЫҢ ЭЛЕМЕНТТЕРІ

1. ҚҰРАЛЫМДАР МАТЕРИАЛДАРЫНЫҢ НЕГІЗГІ ҚАСИЕТТЕРІ ЖӘНЕ ЖҰМЫСЫ

1.1. Металл құралымдарды қолдану саласы

Қолданылып жүрген металл құралымдардың құралымдық түрі мен тағайындалуы бойынша оларды келесі салаларға бөлуге болады:

1) өнеркәсіптік ғимараттар;
2) көпқабатты және биік ғимараттардың қаңқасы;
3) ғимараттардың үлкенаралықты жабыны;
4) көпірлер, эстакадалар;
5) мұнаралар мен мачталар;
6) табақтық құралымдар;
7) басқалай құралымдар.

Бірқабатты өндіріс ғимараттары. Мұндай ғимараттар бір аралықты және көп аралықты, оның ішінде аралықтарының биіктігі әртүрлі, іштерінде қосымша салынған жұмыстық алаңшалары бар болуы мүмкін. Олардың жоспарындағы өлшемдері бірнеше метрден шақырымға дейін әртүрлі болып келеді. Өндіріс ғимараттары әдетте конвейер, аспалы немесе көпірлі крандар түріндегі көліктік құралдармен жабдықталады. Краны жоқ ғимараттарда еденде жүретін электрокарлар, жүктиегіштер, т. б. қолданылады. Жақын араға дейін аралығы 24 м-ден, биіктігі 18 м-ден және кранының жүк көтергіштігі 50 т-дан жоғары кезінде ғана өндіріс ғимараттарының қаңқасын металдан жасауға рұқсат берілген болатын. Қазіргі уақытта бұл шектеулер жойылған. Болат құралымдар аралықтары 12 ÷ 18 м жөндеу ұстаханаларды, ауылшаруашылық техникасын жауын-шашыннан сақтайтын ғимараттарды, қоймалар және тағы басқа ғимараттарды тұрғызу үшін кеңінен қолданылады. Аркалық құралымдар, жұқа табақтан көлемді қалыпталған тоғыспалар,

құрылымдық құралымдар (кеңістікті керегеторлы жүйелер) негізінде зауытта толығымен әзірленген ғимарат- модульдер таралып жүр.

Толығымен металды қаңқалармен қатар аралас қаңқалар да қолданылады. Аралас қаңқаларда темірбетон ұстындарға жабынның болат құралымдары мен кран асты арқалықтары орналастырылады.

Көп қабатты өндіріс ғимараттары. Ертеде мұндай ғимараттар кірпіштен, темірбетоннан, ағаштан және тағы басқалай дәстүрлі материалдардан тұрғызылған. Қазіргі кезде солар тәрізді ғимараттарда тағы да болаттан және алюминий қорытпаларынан жасалған қаңқалары, жылытпаланған қабырғаларының қаптамасы, терезелері, есіктері, ішінде орналасқан шкафтары, қалқаларының керегеторлары пайдаланылады. Жинақы түрде жеткізіліп тұратын толық металдан жасалған ғимараттарды әзірлеу игерілген.

Биік ғимараттар. Үлкен қалалардың үйлері тығыз орналасқан жағдайда 20 ... 30 қабаттан жоғары ғимараттар негізінде азаматтық құрылыста пайдаланылады. Әдетте олардың құралымдарын көтергіш және қоршағыш деп анық бөліп жобалайды. Көтергіш құралымдардың міндетін болат қаңқасы, қоршағыш құралымдардың міндетін тиімді жылу айырғыш материалдардан жасалған жеңіл қабырғалық панелдер, оның ішінде болатпен немесе алюминий қорытпаларымен қапталған панелдер атқарады.

Үлкен аралықты ғимараттар. Спорт ғимараттары, жабық сату орындары, көрме павильондары және кейбір өндіріс ғимараттары (аңғарлар, авиажинақтау цехтары, т. б.) үлкен аралықты (50 ... 150 м және одан да көп) болып келеді.

Осындай аралықтарды жабу үшін көбінде металл құралымдары пайдаланылады. Үлкен аралықты жабындардың жүйесі мен құралымдық түрлері әр алуан болады. Мұнда арқалықтық, рамалық, аркалық, күмбездік, аспалы және құрамалы, сонымен қатар жазықтықты да, кеңістікті де болуы мүмкін.

Үлкен аралықты ғимараттарда меншікті салмағы негізгі жүктемесін құрайды. Сондықтан жүктемесін азайту үшін

алюминий қорытпаларынан жасалған жеңілдетілген қоршаушы конструкцияларын, беріктігі көтеріңкі және жоғарыберікті болаттарды, күштеулерді әртүрлі реттеу тәсілдерін, оның ішінде алдын ала кернеулеуді қолданған жөн.

Көпірлер, эстакадалар. Темір жол мен автомобиль жолдарында аралықтары үлкен (1 шақырым кейде одан көп) және де орташа (30 ... 60 м) көпірлерінің аралық құрылысы металдан жасалады. Әсіресе құрылыс жүргізу мерзімі қысқа кезде және стратегиялық жолдар құрылысында, тез арада қалпына келтіру мүмкіншілігін ескере отырып, болат көпірлерге үстемдік беріледі.

Көпірлер әртүрлі жүйеде: арқалықтық, аркалық, аспалы бола алады. Арқалықтық жүйелерде аралық құрылысындағы болатты көтергіш арқалықтарын көпірдің жүргінші бөлігінің темірбетонды тақтасымен біріктіріп, майысуға бірлесіп жұмыс істеулері үшін, болаттемірбетон арқалықтар жиі қолданылады.

Биік имараттар. Теледидар, радиохабар және көпканалды телефон байланысы үшін *антенналық құрылғылар* биік имараттардың үлкен тобын құрайды. Орташа толқындар берілісі кезінде биіктігі 200...500 м мачта сәуле таратушының міндетін атқаруы мүмкін. Басқа жағдайларда мұнаралар мен мачталар белгілі биіктікте сым жүйесін немесе арнайы антенналық қондырғыларды орналастыру үшін пайдаланылады.

Электр жеткізу әуе жолының тіректері, изолятор гирляндалары арқылы бекітілген сымдар бойларымен электр қуатын жеткізу үшін қызмет етеді. Найзағайдан қорғау үшін сымдардың үстіне сымарқан орналастырылады. Сымдар бойымен жеткізілетін жоғары кернеулі электрлік ток сымдар бір-бірінен және жерден едәуір қашықтықта болуын талап етеді. Сондықтан тіректерінің биіктігі 20-40 м, ал алдында кездескен кедергілерден өткен кезінде 150 м және одан да көбірек болуы мүмкін. *Сорғыш мұнаралар* түтіндік және желдеткіштер құбырларының газын бұрып әкететін ұңғыларды ұстап тұру қызметін атқарады. Мұнара биіктігі экологиялық талаптармен анықталады, көбінесе ол 80-150 м құрайды. Бірақ биіктігі 600 м мұнараларда баршылық.

Мұнай және газ шығару үшін *теңіздің стационарлық платформалар мұнаралары* теңіздердің және мұхиттардың континенталдық шельфтерінде орналастырылады. Қадалар арқылы теңіздің түбіне бекітілген мұнара жасанды шағын аралды ұстап тұрады. Оның үстінде бұрғы мұнаралары, ұстаханалар, тікұшақ алаңшасы, тұрғын үйлер, т. б. орналасады. Осы бірегей имараттың тереңдігі 200-300 м және оданда көп, табанының ені 70 м-ге жетеді. Мұндай мұнараның керегеторлы конструкциясы диаметрі 2-4 м, қабырғасының қалыңдығы 60-90 мм құбырлардан жасалады.

Зәулім имараттарға тағы *геодезиялық мұнаралар, өнеркәсіптік этажеркалар, шахта үстілік коперлер, бұрғы мұнаралары,* т. б. жатады.

Табақтық құралымдар жұқа қабырғалы әртүрлі қабықшалар болып есептеледі. Оларға резервуарлар, газгольдерлер, бункер мен силостар жатады.

Резервуарлар мұнай өнімдерін, суды, сұйытылған газдарды, қышқылдарды, спирттерді және басқа сұйықтарды сақтауға арналған. Сыйымдылығы 200 мың $м^3$-ге жететін түрі мен өлшемдері әр алуан резервуарлар қолданылады. Олардың ішіне тік цилиндрлік, горизонталды цилиндрлік және сфералық резервуарлар, понтонды, төбесі қалқыған резервуарлар және көптеген басқалары кіреді.

Газгольдерлер газдарды сақтауға, араластыруға және құрамын теңестіруге арналады. Оларды газ алатын көзімен тұтынушылар ортасына аккумуляторлар ретінде газ желісіне қосады. Газды үлкен қысыммен сақтайтын көлемі тұрақты газгольдерлер және газды төмен тұрақты қысыммен сақтайтын көлемі айнымалы газгольдерлер қолданылады. Көлемінің айнымалылығы жылжымалы бөлшегімен қамтылады. Ол поршенге ұқсас цилиндр ішінде газгольдердің қабырғасы бойымен жылжиды. Көлемі айнымалы газгольдерлердің көлемі 600 мың $м^3$-ке дейін жетеді.

Бункерлер мен силостар сусымалы материалдарды сақтауға және тиеуге арналған сиымсауыт болып табылады. Силос биіктігінің жоспарындағы өлшемдеріне қатынасы бункерлерге қарағанда үлкендеу келеді. Бункерлердің топтары әдетте

бункерлік эстакадаларға біріктіріледі. Қабырғасы жазық бункерлер және иілгіш (аспалы) бункерлер қолданылады.

Табақтық конструкцияларға және де үлкен диаметрлі құбырлар, мұнай өңдейтін, домналық және химиялық өндіріс имараттарының бірсыпырасы жатады.

Құралымдардың басқа түрлері. Оларға көпірлік, мұнаралық крандардың, тиеуіш-крандардың, ірі экскаваторлардың, құрылыстық пен жолдық машиналардың, гидротехникалық имараттардың, радиотелескоптардың, космостық байланыс антеналардың және басқаларының болат құралымдары жатады.

1.2. Металл құралымдардың құндылықтары мен кемшіліктері

Басқа материалдардан жасалған құралымдармен салыстырғанда металл құралымдардың негізгі құндылықтары болып табылатындары: сенімділігі, жеңілдігі, өткізбеушілігі, индустриялдылығы және де техникалық қайта жабдықтауының, жөндеуі мен қайта құралымдауының қарапайымдылығы.

Металл құралымдардың **сенімділігі** болаттың идеалды серпімді немесе серпімдіпластикалы материалдардың сипаттамаларымен жақын сәйкес келуі арқылы қамтылады. Олар үшін материалдар кедергісінің, серпімділік теориясының және құрылыс механикасының негізгі қағидалары дәл жетілдіріліп дәлелделген. Болаттың құрылымы біртекті ұсақ түйірлі, барлық бағыттары бойынша қасиеттері бірдей, кернеулері деформацияларымен үлкен диапазонда сызықтық тәуелділікпен байланысты. Ал кернеулері белгілі шамасына жеткен кезде, аққыштық алаңшасы түрінде, идеалды пластикалылық жүзеге асырылуы мүмкін. Мұның бәрі есептеудің теориялық алдыңғы шартын өңдеген кезде негізі ретінде қабылданған гипотезалар мен болжамдарға сәйкес келеді. Сондықтан осындай алдын ала қабылданған жағдайлар негізінде құралған есептеу болат конструкцияның нақты жұмысына толығымен сәйкес келеді. Алюминий қорытпаларының қасиеттері де, төмендеу дәрежеде болса да, осындайға жақын.

Жеңілділігі. Осы кезде әзірленетін көтергіш құралымдардың ішінде металл құралымдар ең жеңілдісі болып келеді. Жеңілдіктің көрсеткіші ретінде материал тығыздығының беріктігіне қатынасы қабылданған. Маркасы Д16-Т алюминий қорытпасы үшін бұл көрсеткіш $1{,}1 \cdot 10^{-4}$ ($м^{-1}$)-ге тең. Бұл көрсеткіштің ең кіші шамасы болып табылады. Оны бірлікке тең деп қабылдасақ, басқа материалдар үшін салыстырмалы мәліметтері былай болады: болат үшін – 1,5... 3,4; ағаш үшін – 4,9; беріктік класы орташа бетон үшін – 16,8.

Өткізбеушілігі. Металдың беріктігі ғана емес, оның газ бен сұйықтарды өткізбейтін тығыздығы да жоғары болып келеді. Резервуарларды, газгольдерді, құбырларды, басқа да сиымсауыттарды әзірлеген кезде болаттың және пісіру арқылы жасалған табақтар қосылысының тығызды болуы міндетті шартына жатады.

Индустриялдылығы. Металл құралымдар арнайы қондырғылармен жабдықталған зауыттарда әзірленеді, ал жинақтауы жоғарыөнімді техника арқылы орындалады. Осының бәрі қолмен жасайтын ауыр жұмыстарын барынша қысқартады немесе толығымен жояды.

Жөндеуге жарамдылығы. Болат құралымдардың күшейту және қайта құралымдау мәселелері оңай шешіледі. Пісіру арқылы қаңқа элементтеріне, қажет болса оларды алдын ала күшейтіп, жаңа технологиялық жабдықты бекітуге болады.

Металл қорын сақтаушылығы. Металл құралымдар физикалық және рухани ескіру арқасында пайдаланудан қалдырылады, бірақ олар сынық металл түрінде шаруашылық салаларына қайтарылады.

Металл құралымдардың кемшілігіне олардың коррозияға ұшырауы және от әсеріне төзімдігінің төмендігі жатады.

Коррозия – сыртқы арамен химиялық немесе электрохимиялық әрекеті арқасында металдың қырауы. Ылғалмен, агрессивті газдармен, тұздармен, шаңмен жанасудан қорғалмаған болат коррозияға (тотығуға) ұшырап, біртіндеп қирай береді. Алюминий және оның бірсыпыра қорытпалары, бетінде берік тотығу үлпегі пайда болуы арқасында, коррозияға төзімділігі жоғары болады. Көптеген қорытпалар

электрохимиялық коррозияға төзімді емес. Шойынның коррозияға төзімділігі жоғары келеді. Металл құралымдардың коррозияға төзімділігін көтеру үшін, олардың бетіне алюминийден, мырыштан, эмальдардан, сырлардан және тағы басқалардан жұқа үлпек түріндегі қорғаушы қабат жасалады. Құралымдарды жобалаған кезде ылғал мен шаң жиналатын қуыстары, саңылаулары болмауын қарастыру керек. Кейде құрамында легирлендіруші элементтері бар коррозияға төзімділігі жоғары болаттар қолданылады.

Құралымдардың **от әсеріне төзімділігі** өртке қауіпсіздігінің дәрежесімен сипатталады. Температурасы болат үшін - 600 °С, алюминий қорытпалары үшін - 300 °С кездерінде құралымның металы өзінің көтергіштік қабілетін жоғалтады. Өртенуге қауіп бар ғимараттар (тұрғындық және қоғамдық ғимараттары, жаңғыш немесе оңай тұтанатын материалдардың қоймалары) болат қаңқасының от әсеріне төзімділігін көтеру, құралымдардың ашық отпен тікелей түйісуін болдырмау арқылы жетілдіріледі. Ол үшін аспалы төбе, отқа төзімді қаптамалар, арнайы құрамды сылақтар пайдаланылады. Арнайы сылақтар пайдалану арқылы отқа төзімділік шегін едәуір көтеруге болады.

Ғимарттарды сауатты жобалап пайдаға асырған кезде құралымдардың өзіндік міндеттерін атқаруға жоғарыда келтірілген кемшіліктері қауіп төндірмейді, бірақ бастапқыдағы және пайдаға асырғандағы шығынын көбейтуге ұшыратады.

1.3. Болаттар. Жалпы сипаттамасы

Темір – табиғатта кең таралған элементтердің бірі болып табылады. Ол жер қыртысының шамамен 5 %-ын құрайды. Бірақ та темір таза түрінде кездеспейді, себебі ол оттегімен оңай қосылады да тотықтар – оксидттер пайда болады.

Темір рудасынан алынатын алғашқы өнім – шойын. Құрылымы ірі түйірлі 4 % көміртегі бар сұр шойын құйма үшін, ал құрылымы майдатүйірлі ақ шойын болат өндіру үшін пайдаланылады.

Болат – темір мен көміртектің қорытпасы. Болаттың негізін феррит құрайды. Ферриттің беріктігі төмен және өте

пластикалы болып келеді, сондықтан оны таза түрінде құрылыс құралымдарында пайдаланбайды. Беріктігін жоғарылату үшін:

- көміртек қосады – көміртекті болат;
- қоспа компоненттермен (сыңарлармен) легирлендіреді – легирленділген болат;
- термиялық беріктендіріледі.

Көміртекті болат, құрамына байланысты, азкөміртекті, ортакөміртекті және жоғарыкөміртекті болып бөлінеді. Азкөміртекті болатта көміртектің шамасы 0,09–0,22 %-дан аспайды. Олар, дағдылы беріктіктегі азкөміртекті болат деп аталып, құрылыс құралымдарында пайдаланылады.

Ортакөміртекті болатта көміртек 0,25–0,5 % арасында қосылады. Бұл машина құрылысында қолданылады.

Жоғарыкөміртекті болаттағы көміртек 0,6–1,2 %-ға дейін жетеді.

Осындай болттар аспаптық (инстументальный) өнеркәсіпте пайдаланылады. Легирленген болаттар легирлендіруші элементтердің мөлшеріне қарай төмен легирлендірілген, орта легирлендірілген және жоғары легирлендірілген деп ажыратылады. Төмен легирлендірілген болатта легирлендіруші элементтердің шамасы 2,5 %, орта легирлендірілген болатта – 2,5–5 %, жоғары легирлендірілгенде – 10 %-дан астам болады. Құрылыс құралымдарында төмен легирлендірілген болаттар пайдаланылады. Олар төмен легирлендірілген беріктігі көтеріңкі болаттар деп аталады.

Металл құралымдарында әзірлеген кезде болаттың сапасы мынадай механикалық қасиеттерімен:

1) статикалық әсерлерге кедергі беру, яғни σ_u уақытша кедергісімен және σ_y аққыштық шегімен;

2) динамикалық әсерлерге және мен морт қырауға кедергісімен, яғни әртүрлі температура кезіндегі соққы тұтқырлығымен (ударной вязкостью);

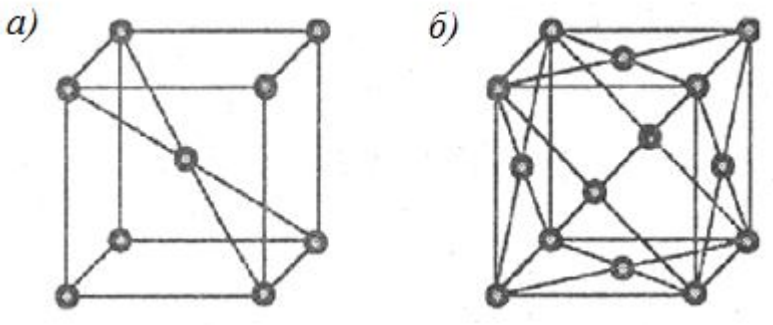
3) пластикалық көрсеткіштерімен, яғни салыстырмалы қалдықты ұзаруымен анықталады.

Осы көрсеткіштердің мәндері мемлекеттік стандартпен тағайындалады.

Бұлардан басқа болаттың сапасы тағы бірнеше рет қайталанатын жүктеуге кедергісімен (қажылыуымен – усталостью), болаттың химиялық құрамымен және оны өндіру технологиясымен кепілденетін, пісірлуімен, және тотығуға тұрақтылығымен анықталады.

1.4. Болаттар құрылымының ерекшеліктері

Азкөміртекті болаттың механикалық қасиеттерін қалыптастыратын құрылымы температурасына байланысты. Таза темірдің балқу температурасы 1535 °С-ға тең. Осы температурадан төмен суыған кезде кристалдану үрдісінде көлемдік орталандырылған кубтың кристалдық торы бар δ-темір құрастырылады. Мұнда темірдің атомдары кубтың бұрыштары мен ортасында орналасады, барлығы 9 атом (1.1, а-сурет).



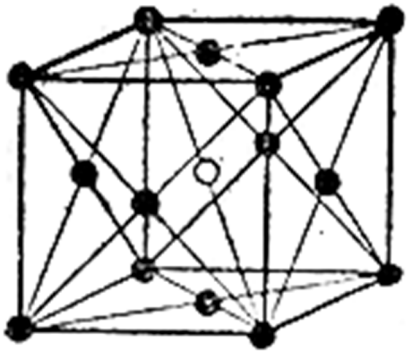
1.1-сурет. Кубтық кристалдық тор:
а – көлемдік орталандырылған; б – қырына орталандырылған

Темір енді қатты күйінде болып температурасы 1400 °С-ға дейін төмендеген кезде δ-темірден, қырына орталандырылған кубтық торы бар, γ-темір құрастырылады. Темірдің атомдары тор кубының бұрыштарында және қырларының ортасында тығыз орналасады, барлығы 14 атом (1.1, б-сурет).

Температурасы 910 °С кезінде γ-темір қайтадан борпылдақтау көлемдік орталандырылғанға айналады. Осы күйі

үйдегі мен теріс температураға дейін сақталады. Темірдің осы модификациясы α-темір деп аталады.

Қорытпаның балқу температурасы ішіндегі көміртекке байланысты. Болаттың көміртегі көбейген сайын балқу температурасы төмендей береді. Суыған кезінде γ-темірде көміртектің қатты ертіндісі құрастырылады. Ол аустенит деп аталады. Аустенитте көміртек атомы қырына орталандырылған кубтық тордың ортасында орналасады – 14 темір атомдары және көміртектің 1 атомы (1.2-сурет).



1.2-сурет. Аустениттің атомдық торы

Температурасы 910 °С-ден төмендеген кезінде феррит деп аталатын α-темірде көміртектің (0,003 %-ға дейін) қатты ертінді кристалдары бөліне бастайды. α-темір γ-темірге қарағанда көміртегін жаман ерітеді, сондықтан ол ферритте өте шамалы көлемде болады.

Аустениттен феррит бөлінген сайын аустениттің көміртегі молайтыла беріп, температурасы 723 °С-ге жеткен кезде перлитке ауысады. Перлит – ол феррит пен цементит деп аталатын темір карбидінің Fe_3C қоспасы.

Ферриттің беріктігі шамалы және өзі пластикалы болса, цементит керісінше өте қатты және мортты келеді. Перлиттің қасиеттері феррит пен цементит қасиеттерінің арасында болады. Цементиттің мөлшері болаттың ішіндегі көміртегіне байланысты. Феррит барлық көлемін дерліктей алатын

кристалдарды құрайды; цементит феррит түйірлерінің арасында орналасады.

Азкөміртекті болаттарда көміртек шамалы көлемде болады (0,09–0,22 %). Сондықтан цементит жекеленген орындарында ғана пайда болады. Сол орындарда цементит феррит түйірлерімен бірге перлит қоспасын құрайды. Перлит жекеленген қоспалар түрінде феррит түйірлері арасында орналасады.

Төменлегирлендірілген болаттардың құрылымы азкөміртекті болаттың құрылымына ұқсас. Төменлегирлендірілген болаттардың да ішіндегі көміртегі аз шамада болады. Олардың беріктігін көтеру легирлендірумен жетілдіріледі.

1.5. Болаттардың химиялық құрамдары

Көміртекті болаттың құрамы темір мен көміртектен және кремний, алюминий, марганец, мыстардың шамалы қоспасынан тұрады.

Болаттың құрамына кіретін әрбір химиялық элементтерге орыс алфавитінің әріптері берілген.

1. Көміртек (У) болаттың беріктігін көтере отырып, оның пластикалығын төмендетеді және пісірілуін нашарлатады.

2. Кремний (С) болаттың беріктігін көтереді, бірақ пісірілуі мен коррозияға қарсы тұрақтылығын нашарлатады. Оны азкөміртекті болаттарда жақсы қышқылдандырғыш ретінде пайдаланады. Мұндай кезде кремнийді 0,3 % аралығында, ал төмен легирлендірілген болаттарда 0,1 %-ға дейін қосады.

3. Алюминий (Ю) болатты жақсы қышқылдандырады (раскисляет), фосфордың зиянды әсерін жояды, соқпа тұтқырлығын (ударную вязкость) жоғарылатады.

4. Марганец (Г) болаттың беріктігі мен тұтқырлығын (вязкость) жоғарылатады, жақсы қышқылдандырғыш болып табылады және күкірттің зиянды әсерін төмендетеді. Азкөміртекті болаттар құрамында марганец 0,64 %-ға дейін, ал легирленгендірілгендерде – 1,5 %-ға дейін болады.

5. Мыс (Д) болаттың беріктігін біршама жоғарылатады және коррозияға қарсы тұрақтылығын көбейтеді. Ол болаттың

құрамында 0,7 %-дан артық болса, онда болаттың тозуы (старение) мүмкіндік туғызады.

Болаттың легирлендіруші металы болып табылатындары марганец (Г), хром (Х), ванадий (Ф), вольфрам (В), молибден (М), титан (Т). Осылардан басқа никель (Н), мыс (Д), кремний (С) және алюминийлерді (Ю) қосумен де төмен легирлендірілген болаттың беріктігі көтеріледі. Азот (А) алюминиймен, ванадиймен, титанмен химиялық байланысқан күйінде легирлендіруші элементтерге жатады. Төменлегирлендірілген болаттардың маркалары цифрлармен және әріптермен белгіленеді. Әріптері компоненттердің барлығын белгілейді. Әріптен кейінгі цифр бүтін сан бойынша оның пайыздық шамасын көрсетеді. Көміртегі болаттың барлық маркаларында болғандықтан, ол маркасында әріппен белгіленбейді. Пайыздың жүздік бөлігі бойынша болат маркасы белгісінің алдында келтіріледі. Мәселен, болат маркасы 10Г2С1 (С375) көміртектің шамасы 0,10 %, марганец – 2 %, кремний – 1 % бар екендігін көрсетеді.

Зиянды қоспалар. Оларға ең әуелі фосфор мен күкірт жатады. Фосфор болаттың морттылығын көтермелейді, әсіресе төмендеген температураларда пластикалығын төмендетеді. Күкірт болатты қызусынғышты (красноломкий) етеді, яғни 800–1000 °С кезінде шытынауға бейімдейді. Осы себептерден фосфор мен күкірттің болат құрамындағы мөлшерлеріне шек қойылады. Мысалы, көміртекті болаттың ішіндегі күкірт 0,05 %-дан, фосфор 0,04 %-дан аспауы керек.

Болаттың механикалық қасиеттеріне балқыған металға атмосферадан ілінген газдар да (оттегі, сутегі) зиянды әсерін тигізеді.

1.6. Термиялық өңдеу

Легирлендіруден басқа болаттың беріктік және деформациялық қасиеттерін термиялық өңдеу арқылы едәуір көтеруге болады. Температура мен қыздыру-суыту ережесі әсерлерінен болаттың құрамы және легирлендіруші компоненттердің ерігіштігі өзгереді.

Бірыңғайлау (нормализация) термиялық өңдеудің ең бір жеңіл түрі болып табылады. Мұнда прокат аустенит пайда болатын температураға дейін қайта қыздырылады, сонан соң ауада суытылады. Бірыңғайлағаннан кейін болаттың құрылымы ретке келеді, ішкі кернеулері жойылады. Осының арқасында прокатталған болаттың беріктік пен пластикалық қасиеттері және соққы тұтқырлығы жақсарылады.

Легирлендірілген болатты термиялық өңдеу жолымен аса берік болат алынады.

1.7. Металл құралымдарда қолданылатын болатты өндіру түрлері

Металл құралымдарда қолданылатын болат екі тәсілмен өндіріледі – мартен пештерінде және үстінен оттекпен үрлеп тұратын конверторларда. Осы екі тәсілдермен өндірілген болаттардың сапасы мен механикалық қасиеттері бірдей. Бірақ оттек-конверторлы болатты өндіру оңайлау және арзандау келеді.

Электрометалургияның дамуына байланысты құрылыстық болатты электропештерде қорыту көлемі өсіп келеді. Мұндай болат күкірт пен фосфорлардан аса тазалығымен ерекшеленеді.

Балқыған металға атмосферадан ілінген газдардың теріс әсерін жою үшін оны қышқылдандырады (раскисляют). Қышқылдану дәрежесі бойынша болаттар қайнағыш, жартылай тынық және тынық деп ажыратылады.

Қышқылдандырылмаған балқыған болат, сауыттарға (изложницаларға) бөліп құйған кезде газдардың шығуына байланысты, қайнап тұрады. Мұндай болат қайнағыш деп аталады. Оның газдармен ластануы тым көп және ескіруге (старение) кедергісі нашар болады.

Көміртекті болаттың сапасын жоғарылату үшін оған 0,12–0,3 % кремний немесе 0,1 %-ға дейін алюминий қосып қышқылдандырады. Кремний, алюминийлер еріген оттекпен қосылып, оның зиянды әсерін азайтады, яғни болаттың сапасы мен механикалық қаиеттерін көтереді.

Қышқылдандырылған болат сауыттарға бөліп құйғанда қайнамайды, сондықтан олар тынық деп аталады. Тынық болаттың құрамы біртекті (однородна) болады, жақсылау пісіріледі, динамикалық әсерлер мен морт сынуға кедергісі жоғары келеді. Мұндай болаттар динамикалық және статикалық әсерлерге ұшырайтын жауапты құралымдарды әзірлегенде қолданылады. Бірақ та тынық болат қайнағышына қарағанда 12 %-ға қымбат тұрады, сондықтан оның қолдануына шек қойылған. Жартылай тынық болат сапасы бойынша тынық пен қайнағыш болаттардың арасындағысы болып табылады. Ол мөлшері аздау кремниймен (0,05–0,15 %), анда-санда алюминиймен қышқылдандырылады. Құны бойынша да жартылай тынық болат ортаңғысы болып келеді.

Прокаттаған кезде металл сығылады, түйірлері майдаланады, олардың прокатқа бойлай және көлденең бағыттары өзгереді. Бұл жайлар металдың механикалық қасиеттеріне әсерін тигізеді. Сондықтан мөлшерлік құжаттарда болаттың механикалық қасиеттері прокаттардың пішініне, оның қалыңдығына және болаттың түріне байланысты бөлек-бөлек берілген.

1.8. Дағдылы беріктіктегі азкөміртекті болаттар

Мемлекеттік стандартқа сәйкес болат үш топ бойынша жеткізіледі:

А тобы – кепілденген механикалық қасиеттерімен;

Б тобы – кепілденген химиялық құрамымен;

В тобы – кепілденген механикалық қаиеттерімен және химиялық құрамымен.

Құрылыс құралымдарында «В» тобымен жеткізілген болат қолданылады, себебі қажетті беріктігін қамту үшін механикалық қасиеттеріне кепілдік керек, ал жақсы пісірілуі мен пластикалы болуы үшін химиялық құрамына кепілдік керек.

Азкөміртекті болат қайнағыш, тынық, жартылай тынық түрлерінде өндіріледі. Оларға С235, С245, С255, С275, С285 болаттар жатады.

1.9. Беріктігі көтеріңкі болаттар

Беріктігі көтеріңкі болаттарды азкөміртекті болатты термиялық өңдеумен немесе легирлендірумен алуға болады.

Термиялық өңделген азкөміртекті С245Т, С375Т болаттар маркасы Ст3 қайнағыш, тынық, жартылай тынық болаттарды термиялық өңдеу арқылы алынады. Қайнағыш болаттың құрамы әртекті (неоднородный) болғандықтан металл конструкциялар үшін тынық және жартылай тынық болаттарды пайдаланған дұрыс деп саналады.

Марганец (Г), кремний (С), хром (Х), никель (Н), мыс (Д), ванадий (Ф) қоспаларын енгізумен беріктігі көтеріңкі төмен легирленген болат алынады. Оларға С345, С375, С390 болаттар жатады. Кейбір осындай болаттар қосымша термиялық өңделінеді. Мысалы, С375Т болат. Легирлендіруші элементтерді іріктеу арқылы жақсы пісірілуі қамтылады. Мұндай болаттардың беріктік сипаттамалары көтеріңкі болуының арқасында металл 20–25 %-ға дейін үнемделінеді.

1.10. Атмосфера әсеріне тұрақты болаттар

Болаттың коррозиялануына тұрақтылығын көтеру үшін оны хроммен, никельмен, мыспен легирлендіріледі.

Атмосфера әсеріне ұшырайтын құралымдарда фосфор қосылған болаттар ұтымды болып келеді. Мұндай болаттардың бетіне жұқа тотығу үлпегі пайда болып, металды коррозияның дамуынан қорғайды. Бірақ та фосфоры бар болаттардың пісірілуі нашарлайды. Бұлардың қатарына С345К болат жатады.

Көтергіш және қорғауыш міндеттерін бірге атқаратын құралымдар үшін жұқа прокатталған хромды (хромистий) болат тиімді келеді.

1.11. Беріктігі жоғары болат

Беріктігі жоғары болат легирлендіруге қоса термиялық өңдеу арқылы алынады. Олардың аққыштық шегі 400 МПа-дан асады. Мысалы, С440, С590 болаттар.

Термиялық өңделген болаттарды пісірген кезде, біркелкі қыздырылмай тез суығандығының арқасында, пісірілмелі қосылыстардың түрлі аймақтарында әрқандай құрылымдық (структурные) өзгерістері пайда болады. Осы себептен бір бөліктерінің құрылымы шынығып беріктігі мен морттылығы көтерілсе, екіншісінде беріктігі кемиді және пластикалығы көбейеді. Пісірілген жік маңайындағы болат беріктігінің төмендеуі 5–30 %-ға дейін жетеді. Бұл жағдай пісірілетін құралдарды жобалаған кезде ескерілуі керек.

Болат құрамына карбид тудыратын молибден, ванадий еңгізумен беріктігін төмендету әсерін азайтуға болады.

Азкөміртекті болат құралымдарына қарағанда аса берік болатты қолдану аркасыңда болатты 25–30 % үнемдеуге болады.

1.12. Болаттың ескіруі

Феррит пайда болатын 910 °С температурадан төмендеген кезде көміртектің ерігіштігі шамалы болады, бірақ та аздау мөлшерде ферритің ішінде қалады. Кейбір жағдайларда осы көміртек бөлініп феррит түйірлерінің арасында орналасады және кристалдық тордың түрлі ақауларында топтасады. Бұл жағдайлар аққыштық шегі мен уақытша кедергісін жоғарылатып пластикалығын және морт сынуға кедергісін азайтады. Мұндай құбылыс ұзақ уақыт арасында өтеді, сондықтан ол ескіру (старение) деп аталады.

Болаттың ескіруіне мыналар мүмкіндік туғызады:

1) механикалық әсерлер, әсіресе пластикалық деформациялардың дамуы. Мұндай ескіруді механикалық ескіру деп атайды;

2) компоненттерінің ерігіштігі мен диффузия жылдамдығын өзгеруіне келтіретін температураның тұрақсыздығы (физика-химиялық ескіру).

Пластикалық деформацияланып соңынан шамалы (150–200 °С) қыздырылса, ескіру қарқыны шұғыл өседі (жасанды ескірту). Ескіру динамикалық әсерлерге және морт сынуға кедергісін төмендеткендігінен теріс құбылыс ретінде қарастырылады.

Ескіруге қайнағыш болат аса бейімді болып келеді, себебі ол ласталған және газдармен шылыққан.

1.13. Алюминий қорытпалары

Қасиеттері бойынша алюминийдің болаттан едәуір айырмашылығы бар. Егер болаттың тығыздығы $\rho_{бол}$ = 7,85 т/м^3 болса, алюминийдікі $\rho_{ал}$ = 2,7 т/м^3, яғни үш есе дерліктей болаттан жеңіл. Егер болаттың серпімділік модулі $E_{бол}$ = 2,06 · I0^{5}МПа болса, алюминийде $E_{ал}$ = 0,71·10^{5}МПа, мұнда да үш есе кем болаттан. Алюминийдің созу диаграммасында аққыштық алаңшасы жоқ. Шартты аққыштық шегінің кернеуі $\sigma_{0,2}$ = 20-30МПа, уақытша кедергісінің кернеуі σ_u = 60-70МПа. Ал, болат үшін ең кіші аққыштық шегінің кернеуі σ_y^{min} = 190МПа болса, ең кіші уақытша кедергісінің кернеуі σ_u^{min} = 350МПа. Алюминий өте пластикалы келеді, оның үзілер кезіндегі ұзаруы 40–50 %-ға дейін жетеді.

Таза алюминий оңай коррозияланады, бірақ тез арада бетінде жұқа тотығу үлпегі пайда болып, коррозияның одан әрі дамуынан қорғайды.

Беріктігі төмен болғандықтан алюминий таза түрінде конструкцияларда қолданылмайды. Сондықтан оны беріктендіреді: а) легирлендірумен; ә) нагартовкалаумен, яғни алдын ала созумен; б) термиялық өңдеумен.

Легирлендіруші қоспалардың құрамына байланысты легирлендірілген алюминийдің уақытша кедергісі таза алюминийге қарағанда 2...5 есе өседі. Мұндай қоспалар ретінде магний, марганец, мыс, кремний, мырыш және кейбір басқа элементтер пайдаланылады.

Осы қорытпаларды алдын ала созумен-нагартовкалаумен шартты аққыштық шегінің кернеуін $\sigma_{0,2}$ = 1,5...2 есе көтеруге болады.

Көп компоненті алюминий қорытпалары термиялық өңдегеннен кейін ескіру үрдісінде беріктігі көтеріледі. Мұндай қорытпалар термиялық беріктендірілетіндері деп аталады. Олардың уақытша кедергісі σ_u 400МПа-дан асуы мүмкін, бірақ пластикалығы кеміп салыстырмалы ұзаруы 5...10 %-дан аспайды.

Қос композициялы қорытпаларды (Al-Mg, Al-Mn) термиялық өндеу беріктенуіне келтірмейді. Бұл қорытпалар термиялық беріктендірілмейтіндері деп аталынады. Осы себептерден алюминий қорытпаларының маркалары көп болады.

Алюминий қорытпалары әртүрлі термиялық өңделген және нагартовкаланған күйінде жеткізіледі. Бұл жағдайлар былай белгіленеді:

М – күйдірілген (отожженный, мягкий);

Н – нагартовкаланған;

1/2Н – жартылай нагартовкаланған;

Т – шындалған (закаленный) және 3...6 тәулік арасында үй температурасы кезінде табиги ескіртілген;

Т1 – шыңдалған және бірнеше сағат арасында жоғарыланған, температура кезінде жасанды түрде ескіртілген;

Т5 – толық шындалмаған және жасанды түрде ескіртілген.

Жеткізу күйінің таңбасы корытпа маркасының шартты белгісіне сызықшадан кейін қосылады. Мысалы, АМг-М, АД-35-Т1, т.б.

Құрылыста келесі қорытпалар қолданылады:

1) магналиялар деп аталатын алюминий мен магнийдің қорытпасы. Ол маркасында АМг әріптерімен және магнийдің пайыздағы шамасын көрсететін цифрмен белгіленеді. Мысалы АМг6;

2) дюралюминдер деп аталатын мыс, магний және аздау мөлшердегі марганецтармен алюминийдің қорытпасы. Дюралюмин "Д" әріппен және кезекті нөмірін көрсететін цифрмен белгіленеді (Д1, Д16);

3) авиаль деп аталатын кремний (1%), магний (0,7%), мыс (0,4%), марганец немесе хромдармен алюминийдің қорытпасы. Маркасында "АВ" әріптерімен белгіленеді.

Алюминий қорытпалары қымбат болғандығынан, бағалы қасиеттеріне қарамастан, құрылыс конструкцияларында сирек пайдаланылады. Олар көбінесе көтергіш және қоршаушы міндеттерін катарынан аткаратын құралымдарда және суық солтүстік, жер сілкінетін немесе жетуге қиын аудандар құрылыстарында қолданылады.

1.14. Болаттың жұмысы

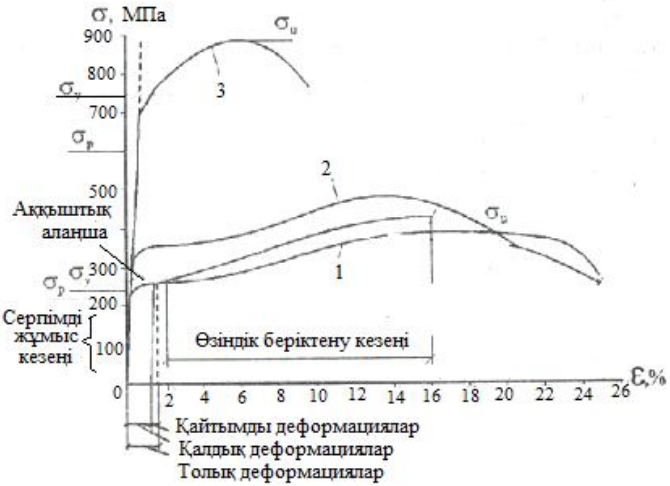
Болат ферриттен және перлиттен құралады. Перлиттің түйірлері фериттен едәуір беріктеу келеді. Осы екі құраушылар көміртекті болаттың жүктеме әсеріне жұмысын анықтайды.

Зерттеулердің көрсетуі бойынша пластикалық деформациялар жанама кернеулердің әсерінен феррит түйірлерінде ығысу (сдвиг) арқылы өтеді. Феррит түйірлерінде ығысу пайда болуына болат құрамындағы беріктеу перлит түйірлері үлкен кедергі көрсетеді. Сондықтан да болаттың беріктігі таза темірге қарағанда едәуір жоғары болады.

Азкөміртекті болаттың құрамына байланысты созу кезіндегі жұмысын σ және ε арасындағы тәуелділігінің диаграммасы түрінде көрсетуге болады, мұндағы $\sigma = F/A$ – тік кернеу; $\varepsilon = (\Delta\ell/\ell_0) \cdot 100\ \%$ – салыстырмалы ұзару; F – жүктеме; A – үлгінің бастапқы кездегі көлденең қимасының ауданы; ℓ_0 – үлгінің бастапқы кездегі жұмысшы бөлігінің ұзындығы; $\Delta\ell$ – үлгінің жұмысшы бөлігінің ұзаруы.

Бірінші кезеңде пропорционал шегіне σ_p дейін әсер ететін кернеулерге пропорционалды серпімді деформациялар пайда болады. Мұны, серпімді жұмыс кезеңі деп атайды. Материалдың осылай жұмыс жасау кезеңінде ұзару деформациялары атом торының серпімді-қайтқыш бүлінуі арқасында пайда болады. Сондықтан үлгіден жүктемені түсіргеннен кейін, ол алғашқы өлшемдеріне қайта келеді.

Жүктемені одан әрі өсіру ферриттің түйірлерінде жеке ығысулар пайда болуына келтіреді. Кернеулер мен деформациялар арасындағы пропорционалдылығы бұзылады, яғни деформациялар кернеулерден тезірек өсе бастайды (σ_y және σ_p арасындағы бөлік). Кейінгі кернеулер өсуі феррит түйірлеріндегі жеке ығысу санын көбейтіп, оны ығысу сызық-жолына дамытады. Бұл жағдай тұрақты кернеулер кезінде үлкен деформациялар пайда болуына келтіреді, яғни аққыштық алаңшасы құралады. Бұл пластикалы аққыштық кезеңіне аққыштық шек кернеуі σ_y сәйкес келеді.



1.3-сурет. Болатты созу диаграммасы:
1 – дағдылы беріктіктегі болат; 2 – беріктігі көтеріңкі болат;
3 – беріктігі жоғары болат

Азкөміртекті болаттардың және кейбір төменлегирленген болаттардың аққыштық алаңшасының ұзындығы 1,5–2 % шамасында болады. Деформациялардың дамуы феррит түйірлерінде аздаған серпімді деформациялар мен үлкен қайтымсыз ығысулар нәтижесінде пайда болады. Сондықтан жүктемені үлгіден түсіргеннен соң деформациялардың бір бөлігі кайтады, ал қайтымсызы қалдық деформацияларға келтіреді.

Деформациялардың одан әрі дамуына беріктеу және қатандау перлит түйірлері кедергі жасайды. Сондықтан үлгіде жалпы ығысу жазықтығы пайда болуы үшін ферриттің жеке түйірлеріндегі ығысулар перлит түйірлерін орағытуы керек немесе осалдау жерлерін жарып өтуі керек. Бұл үшін кернеулерінің жоғарылауы кажет. Аққыштық алаңшасынан уақытша кедергісіне дейінгі сыртқы әсерлерге кедергісі көтерілетін осы кезең өздігінен беріктену кезеңі деп аталады. Осы кезенде материалдың жұмысы серпімді-пластикалы ретінде өтеді.

Созған кезде ұзарту бойлық деформациясына тарылу көлденең деформациясы ілесе жүреді. Уақытша кедергісіне таялған кезде ұзару мен тарылу деформациялары осалдау жеріне шоғырлануы арқасында "мойынша (шейка)" құралады. Мойынша орынында үлгінің қимасы тез кішірееді. Осы себептен, үлгідегі жүктеменің төмендеуіне қарамастан, мойынша қимасындағы кернеу көтеріле береді. Осының нәтижесінде мойыншаның құрылған орынында үлгі үзіледі.

Ұзын аққыштық алаңшасы пайда болуы тек құрамына 0,1-0,3 % шамасында көміртек кіретін болаттарға тән. Көміртек кемдеу кезінде феррит түйірлеріндегі ығысуды тыю үшін перлит түйірлері жетіспейді, ал артық кезінде перлит түйірлері көп болып феррит деформациясын үнемі тыйып тұрады. Сондықтан оларда аққыштық алаңшасы пайда болмайды. Мұндай болаттар үшін шартты аққыштық шегі $\sigma_{0,2}$ 0,2%-ға тең қалдық деформациясы бойынша анықталады.

Болаттың созу кезіндегі жұмысының негізгі көрсеткіштері болып, үлкен деформациялардың дамуы алдын сипаттайтын σ_y *аққыштық шегі,* элементтің қабылдай алатын шекті жүктемесіне сәйкес келетін σ_u *уақытша кедергісі* және материалдың пластикалық қасиеттерін сипаттайтын салыстырмалы ұзаруы болып табылады. Осы үш көрсеткіш болат Мемлекеттік стандартында келтірілген.

Азкөміртекті болаттың аққыштық шегінен уақытша кедергісіне дейінгі аралықтағы материалдың жұмыс жасай алатын қоры едәуір көп $\sigma_y/\sigma_u \approx 0,6$. Осы жағдай болаттың пластикалық қасиеттерін кеңінен пайдалануға мүмкіндік береді. Беріктігі жоғары болаттың аққыштық шегі уақытша, кедергісіне жақын таялады ($\sigma_y/\sigma_u \geq 0,8$), сондықтан мұндай материалдың серпімді-пластикалық кезеңіндегі жұмысын пайдалануға шек қойылған.

Серпімді жұмысы кезеңінде барлық прокатталған болаттар үшін серпімділік модулі $E = 2,06 \cdot 10^5$ МПа $= 2,06 \cdot 10^4$ кН/см^2. Пропорционал σ_p шегінен аққыштық σ_y шегіне дейінгі аралықтағы кернеулер кезінде серпімділік модулі кемиді.

Пластикалық деформациядан кейін өздігінен беріктену кезеңіне ауысуы, сонан соң болаттың үзілуі жалғызості біркелкі

таралған кернеу кезінде ығысу арқылы өтеді. Максималды жанама кернеулер әсер ететін бағыты бойынша металдың карқынды ағу жазықтығы пайда болады.

Екі ось бойынша жүктелген кезде металдың пластикалық күйіне ауысуы, әсер ететін кернеулердің таңбасына және мөлшерлерінің ара қатынасына байланысты. Мысалы, екі ось бойынша таңбалары бірдей жүктемелер қатарынан өсіп, кернеулері қимасында біркелкі таралған кезде, пластикалық ағу көлбеген (наклонный) жазықтықтар бойынша ысыру арқылы өтеді. Мұндағы кернеулер жалғызөсті жүктелген кездегісімен бірдей болады.

Егер жүктемелердің таңбалары әртүрлі болып, болат бір бағытында созылып екінші бағытында сығылса, онда пластикалық ағуы жалғызості жүктелген кезіне қарағанда аздау кернеумен өтеді.

Кернеулері қимасында біркелкі емес таралған кезде, болаттың бір бөлігінің екінші бөлігі бойынша ысыруына серпімді аймақтары кедергі туғызады. Сондықтан қимасының аққыштыққа шалдыққан бөлігінде пластикалық ағу қысылған жағдайда өтеді. Осы себеп аққыштық кернеуінің σ_y көтерілуіне келтіріледі.

1.15. Металдың қасиеттеріне температураның тигізетін әсері

Аққыштық шегі мен уақытша кедергі кернеулерінің мәндері температура +20 °С кезінде алынған. Температура өзгерсе болаттың механикалық қасиеттері де өзгереді. Теріс температуралар кезінде аққыштық шегі мен уақытша кедергісі едәуір көтеріліп өзара жақындасады, ал пластикалық касиеттері төмендейді.

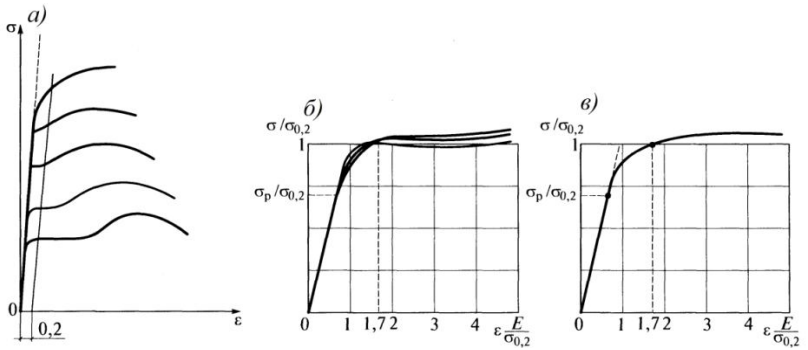
Температура +100 °С ... +200 °С-ға дейін көтерілген сәтте аққыштық шегі мен уақытша кедергісі өзгерілмейді дерліктей. Температура +300 °С-ға жеткенде уақытша кедергісі шамалы көтеріліп, +400 °С +500 °С-ден асқанда аққыштық шегі мен уақытша кедергісі күрт төмендейді, 600 °С кезінде олар нөлге

жақындайды, яғни болаттың көтергіштік қабілеті толық жойылады.

Алюминий қорытпаларының механикалық қасиеттері де температура төмендеген сайын арта түседі. Температура – 65 °С мен + 50 °С аралығында қорытпалар беріктігін іс жүзінде есептеу үшін өзгерілмейді деп санауға болады.

1.16. Құрылыс болаттарының серпімдіпластикалық жұмысының унификацияланған (біріздендірілген) диаграммасы

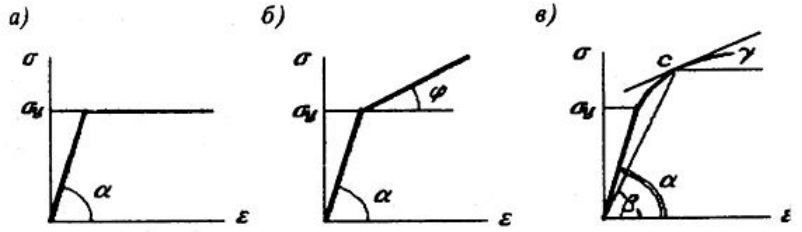
Әртүрлі болаттардың созған кездегі жұмысының диаграммасы параметрлерінің шамасы бойынша елеулі ажырасады. Егер осы диаграммаларды салыстырмалы координаттарда $\sigma/\sigma_{0,2}$ және $\varepsilon/\varepsilon_{0,2}$ тұрғызса, онда айырмашылығы шамалы болады. Мұндағы $\sigma_{0,2}$ мен $\varepsilon_{0,2}$ сәйкес аққыштық шегі және аққыштық алаңшасының басындағы салыстырмалы деформация. Сондықтан осындай диаграммалар унификацияланған ретінде пайдалануға мүмкіндік береді.



1.4-сурет. Болаттар жұмысының диаграммасын унификациялау:
а – әртүрлі болаттардың диаграммалары; б – салыстырмалы координаттардағы диаграммалар; *в – унификацияланған диаграмма*

Азкөміртекті болаттың пропорционал шегіне дейін мүлде серпімді дерліктей екені созу диаграммасынан жақсы байқалады; бұл кезде оның серпімділік модулі тұрақты және өте үлкен

($E = 2{,}06 \cdot 10^5$ МПа). Серпімді жұмысынан соң шамалы өтпелі бөлігінен кейін пластикалық ағысы басталады. Аққыштық аланшасы бойында болат мүлдем пластикалы дерліктей, яғни пластикалық модулі $E_{пл}$ нөл шамасында. Мұндай болаттарды, аққыштық шегіне дейін мүлдем серпімді, одан кейін мүлдем пластикалы жұмыс жасайтын, идеалды серпімді-пластикалы материалға ұқсатсақ көп қателеспейміз (Прантль диаграммасы).



1.5-сурет. Болат жұмысының идеализирленген диаграммасы

Мұндай ұқсату құралымдардың есептеуін едәуір жеңілдетеді және болат жұмысының талдау шегін кеңейтеді.

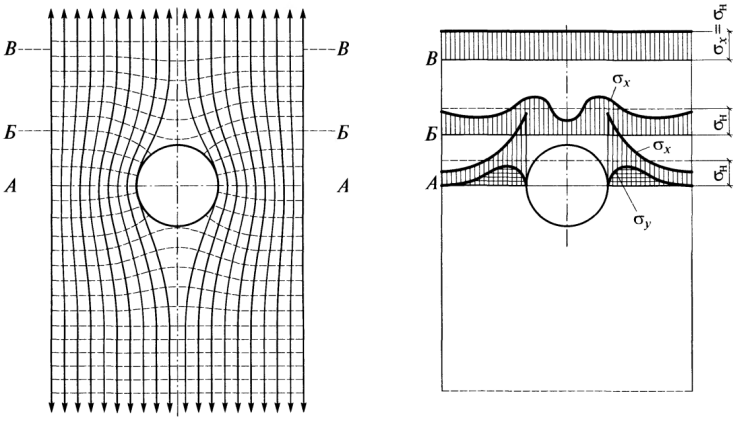
Аққыштық алаңшасы жоқ болаттардың пластикалық деформацияларының орташа модулі серпімділік модулінің 1 %-на тең. Сондықтан онымен санаспай пластикалық модулін нөлге теңеп, мұндай болаттарға да Прантль диаграммасын қолдануға болады.

1.17. Кернеулер шоғырланған кездегі болаттың жұмысы

Кернеулердің біркелкі таралуы, күштеулер әсері арнайы құрылғы құралымдары арқылы жеткізілген кезде ғана мүмкін. Әдетте кернеулер біркелкі таралмайды, әсіресе қимасы күрт өзгерген жерлер маңайында біркелкі еГОСТігі қатты байқалады, мәселен тесіктер, ойықтар, кесіктіліктер, қалыңдаған жерлер маңайларында. Мұндай орындар кернеулер шоғырланатын орындар деп аталады.

Кернеулердің шоғырланатын жерлерінде күштеулер ағынының жолдары қисайып, бөгет маңайында жиіленеді, бұл жағдай осы орындарда кернеулердің көтерілуіне келтіреді.

Кернеудің шоғырлану мәні қима түрінің бүлінуіне байланысты: дөңгелек тесік кезінде ол күш әсеріне тікше бағытталған ұзынша тесіктегіден аздау келеді. Әсіресе көлденең жарық кезінде оның мәні өте үлкен болады. Үшкір кертікте дөңгелектенген кертікке қарағанда кернеу көбірек шоғырланады.



1.6-сурет. Элементтің сырт пішіні кенет өзгерген жерлеріндегі кернеулердің траекториясы және шоғырлануы

Кернеулердің шоғырланған жерлеріндегі максималды кернеудің негізгі (номиналды) біркелкі таралған кернеуге қатынасы шоғырлану еселеуіші деп аталады

$$K = \sigma_{max} / \sigma_{н}, \qquad (1.1)$$

мұндағы $\sigma_{н} = N / A_{o}$ – осалданған қимадағы номиналды кернеу; A_0 – осалданған қиманың ауданы; σ_{max} – шоғырланған жердегі максималды кернеу.

Шеңберлі тесік және жарты шеңберлі қырнау (выточка) маңайындағы кернеулердің шоғырлану еселеуіші шамамен 2-3-ке тең, ал үшкір тілігі (надрез) бар жерде ол 6...9-ға дейін жетеді.

Статикалық жүктеме және қалыпты температура кезінде кернеу шоғырлануы көтергіштік қабілетке айтарлықтай әсерін

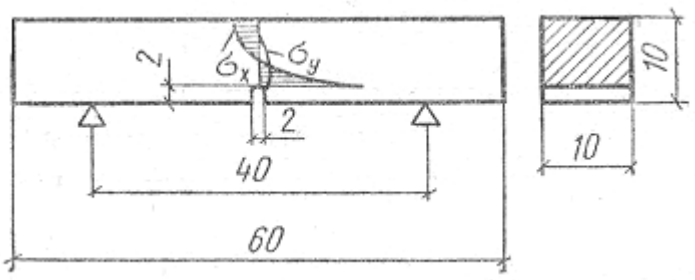
тигізбейді. Сондықтан металл құралымдар элементтерін есептегенде мұндай жағдайлар олардың беріктігіне тигізетін әсері ескерілмейді. Температураның төмендеуі, болаттың тозуы кернеулер шоғырланған жерлердің морт сынуға кедергісін төмендетеді.

1.18. Соққы тұтқырлық

Металл құралымдардың кейбір жұмысы жағдайларында көтергіш қабілеттілігі морт сынудан жоғалуы мүмкін. Сондықтан материалдың мортты күйге ауысуға бейімділігін анықтай білу керек.

Материалдың морт кірауға бейімділігі мен кернеулердің шоғырлануына сезгіштігі соққы тұтқырлыққа сынау арқылы тексеріледі. Бұл сынақ динамикалық жүктемелер әсеріне ұшырайтын құралымдарды дайындау кезінде пайдаланылатын металпрокаттар үшін міндетті түрде өткізіледі.

Соққы тұтқырлық, Шарпи жүйесінің маятникті коперінде сынаған кезде кесік жасалған стандартты үлгіні сындыруға жұмсалатын, салыстырмалы (уделдік) жұмысымен сипатталады. Кесік жасалған үлгіде кернеулер кесік түбіне шоғырланып біркелкі таралмайды. Соқпалы әсер металдың мортты күйге ауысуына мүмкіншілігін көбейтеді. Салыстырмалы кортындылар алу үшін сынақ стандартты үлгілерде жүргізіледі.



1.7-сурет. Соққы тұтқырлыққа сынауға арналған үлгі (өлшемдері мм)

Соққы тұтқырлық көбінесе температураға байланысты. Белгілі температура аралығында ол күрт төмендейді. Соққы тұтқырлық төмендейтін, яғни ол 0,3 МДж/м^2-тан төмен азаятын температураны суықсынғыштық табалдырығы (порог хладноломкости) деп атайды.

Соққы тұтқырлық әсіресе ескірген металда ерекше шұғыл төмендейді. Сондықтан жауапты құралымдардың соққы тұтқырлығы жасанды түрде ескіргеннен кейін анықталады. Соққы тұтқырлықтың жарамсыздық (браковочные) мәндері болатқа арналған Мемлекеттік стандартта белгіленген.

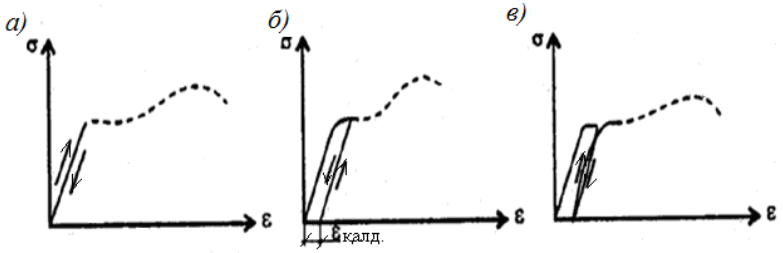
1.19. Болаттың және алюминий қорытпаларының қайталап жүктеу кезіндегі жұмысы

Серпімді деформацияланған кезде бірнеше рет қайта-қайта жүктеу материалдың кейінгі жұмысына әсерін тигізбейді, себебі серпімді деформациялар қайтымды болып келеді.

Материалдың серпімдіпластикалық кезеңіндегі жұмысында жүктемені түсірісімен шапшаң кайта жүктеу серпімділік шегінің төмендеуіне келтіреді яғни алдыңғы жүктеуден металл құрылымының қайтпас бүлінуі нәтижесінде пластикалық деформациялары көбееді. Едәуір ұзақ үзіліс болған жағдайда материалдың серпімділік қасиеттері бұрынғы қалпына келіп, серпімділік шегі алдыңғы циклдегі шегіне дейін көтеріледі, ал қирау кезіндегі ұзаруы алдыңғы созылған өлшемге азаяды. Алдыңғы пластикалық деформациялану нәтижесінде серпімділік шегі көбейіп, қатарымен морттылығы көтерілу наклеп немесе нагартовка деп аталады. Наклеп металдың ескіруімен (старением) және кристалдардың атом торы бүлініп, жаңа деформацияланған күйінде бекітілуімен байланысты. Наклеп аралығында қайта-қайта жүктеген кезде материал серпімді жұмыс атқарады.

Темірбетон құралымдарында қолданып жүрген созумен беріктетілетін арматура болаттары наклеп құбылысы негізінде алынады. Бұл құбылыс алюминий қорытпаларын беріктендіру — нагартовкалау үшін де пайдаланылады. Наклеп металдың морт

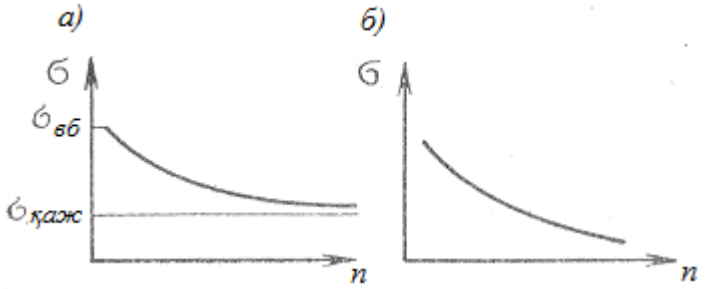
қирауына бейімділігін көтергендіктен болат конструкция-ларында қолданылмайды.



1.8-сурет. Болаттың қайталап жүктеу кездегі деформациялануының диаграммасы
а – серпімді деформациялануы аралығында; б – үзіліспен ("демалғаннан" кейін); в – үздіксіз

Бірнеше рет үздіксіз жүктеген кезде металда, беріктігі төмендеумен байқалатын, қажу құбылысы пайда болады. Жүктеу саны көбейген сайын болаттың беріктігі төмендей түсіп, қаншама рет жүктесе де қиратпайтын белгілі "$\sigma_{қажу}$" шамаға жақындай береді. Бұл шама қажу беріктік шегі немесе төзімділік шегі деп аталады. Қажу құбылысы уақытындағы қиратушы кернеу, яғни вибрациялық (дірілдеу) беріктігі $\sigma_{вб}$ статикалық жүктеу кезіндегі беріктіктен σ_u кем болады, ал жүктеме таңбасы айнымалы болған жағдайда ол аққыштық шек кернеуінен де төмен болып материалдың көтергіштік қабілетіне шек қояды (лимиттейді).

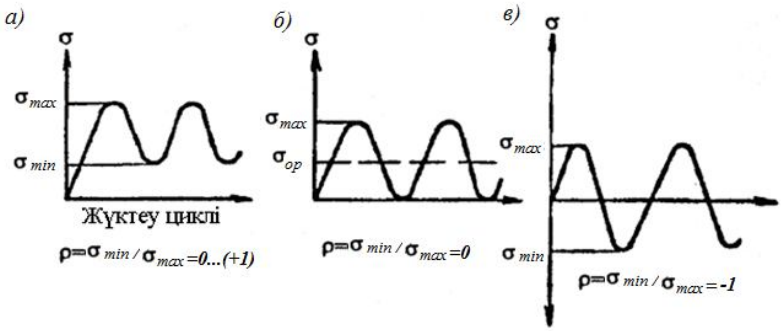
Болаттың төзімділік шегі шамамен 10 млн ($10 \cdot 10^6$) жүктеу цикліне сәйкес. Бірақ та 2 млн цикл кездегі қажу беріктігі оның шекті мәнінен айырмашылығы аз. Сондықтан болат құралымдардың төзімділікке сынағы 2 млн. ($2 \cdot I0^6$) циклдарымен өткізіледі.



1.9-сурет. Киратушы кернеу мен жүктеу саны *n* арасындағы тәуелділігі
а – болат үшін; б – алюминий қорытпалары үшін

Алюминий қорытпаларының беріктігі үздіксіз төмендей береді, оларда болаттағыдай қажу (төзімділік) беріктігінің шегі жоқ. Сондықтан іс (практикалық) мақсаты үшін шартты төзімділік шегі ретінде 2 млн. цикл жүктелген кездегі вибрациялық беріктігі қабылданады. Егер нақтылы жүктеме көбірек қайталанатын болса, онда жобалау кезінде есептік кедергісі сәйкес төмендетіледі.

Вибрациялық (қажу) беріктігі жүктеу циклінің санынан басқа, жүктеу түрін сипаттайтын $\rho = \sigma_{min} / \sigma_{max}$ асимметрия еселеуішіне де тәуелді.



1.10-сурет. Жүктеу циклдерінің сипаттамалары:
а – біртаңбалы (симметриялы емес); б – толық біртаңбалы (пульсациялық); в – толық әр таңбалы (симметриялы)

Азкөміртекті болат табақшасы үшін біртаңбалы цикл, яғни $\rho = 0...+1$ кезінде төзімділік шегі аққыштық шегіне тең $\sigma_{шарш.} = \sigma_y$. Таңбасы айнымалы ($\rho<0$) циклімен жүктегенде ол төмендеп $\rho = -1$ болғанда аққыштық шегі 59 %-дан аспайды.

Төзімділік шегіне кернеу түрі де әсерін тигізеді: созу кернеуі басым кездегісіне қарағанда сығу кернеуі басым болғанда ол жоғарылау келеді.

Кернеу шоғырлануы төзімділік шегіне үлкен ықпал береді. Әсіресе шоғырлану еселеуішінің шамасы үлкен кезінде ол күрт төмендейді.

Едәуір үлкен кернеу әсер еткенде металдың шаршауы саны шамалы цикл жүктеуден кейін білінуі мүмкін, мұны аз циклді шаршау деп атайды.

Кернеу шоғырландырғыштары жоқ кезде беріктігі көтеріңкі ($290МПа \leq \sigma_y < 400МПа$) С345...С390 және беріктігі жоғары ($\sigma_y \geq 400МПа$) С440...С590 болаттардың төзімділік шегі азкөміртекті болатқа қарағанда едәуір жоғары болып келеді. Кернеулер шоғырлану орындары бар болғанда осы болаттардың төзімділік шегі азкөміртектіге қарағанда көбірек төмендеп, цикл толық айныматалы және шоғырлану еселеуіші үлкен кезде төзімділік шектері абсолюттік мәні бойынша теңесуге жетеді. Сондықтан айныматалы циклдік әсерлерді қабылдайтын құралымдарда беріктігі көтеріңкі және беріктігі жоғары болаттарды пайдалану әрдайым тиімді бола бермейді.

Құралымдардың қажып қирауына кедергісін бірқатар шаралар арқылы көтеруге болады:

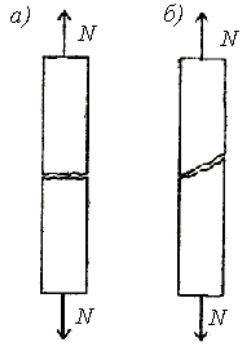
а) кернеулер шоғырлануы жоқ немесе аздау болатын құралымдарда азкөміртекті болаттан беріктіктері жоғары болатқа ауысуымен;

б) пісірмелі жіктердің бетін өңдеп кернеулер шоғырлану төмендетумен;

в) кернеулердің үлкен шоғырланатын жерлерінен күштеу ағынын бұрып жіберумен, т.б.

1.20. Қирау түрлері

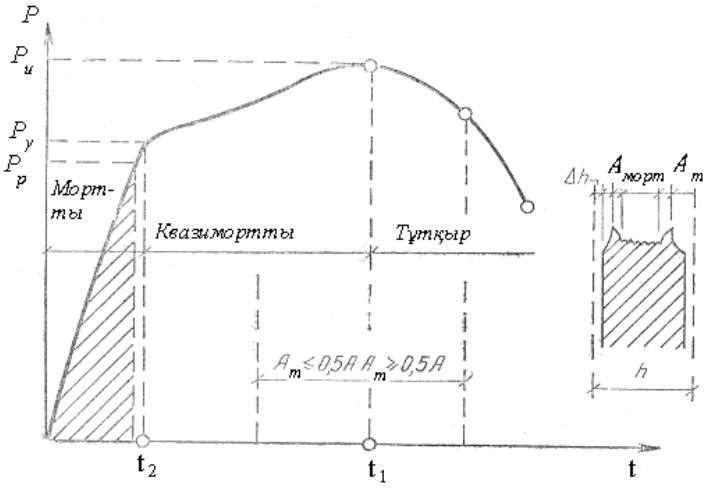
Қирау тұтқырлы (пластикалы) және мортты болып екі түрге ажыратылады. Біріншісі ығысудан (от сдвига) пайда болады, екіншісі үзілумен сипатталады. Болаттың жүктелуіне және құрылымына (структурасына) байланысты аралас қирау да болуы мүмкін. Тұтқыр қирау алдында үлгінің осал жері жіңішкеріп "мойынша" (шейка) құралады да сол орында микрожарықшақтар пайда болады. Келешекте микрожарықшақтар да үрдісінде бір-бірімен қосылып үлгінің осіне 45° бұрышпен бағытталған макрожарықшақтарға ұласады, ягни олар ең үлкен жанама кернеулер жолымен бағытталады. Макрожарықшақ шекті өлшеміне жеткен сәтте конусты шұңқыр "тостағанша" (чашечка) құрастырумен материал тез арада қирайды. Шұңқырдың түбі үзілу түрінде қираса, жан-жағы ығысудан қирайды. Сонымен тұтқыр қираудың бастапқы себебі жанама кернеулер мен пластикалық деформациялар болып табылады. Бірақ материал тұтастығының жойылуы үзілумен аяқталады, яғни тік кернеулер даму нәтижесінде болады.



1.11-сурет. Қирау түрлері: *а – үзілуден; б – кесуден*

Суретте қирау түрлерінің үш ауданы келтірілген. Тұтқыр қирау қиманың бөлігінде немесе барлық қима бойынша пластикалық деформациялардың дамуымен анықталады, ал металл құралымдар элементтерінің көтергіштік қабілеті болса, үлкен майысымдардың пайда болуымен айырылады.

Квазиморттты (морттылы болып көрінетін) қирау тұтқыр мен морттты қираулардың арасында орын алады.



1.12-сурет. Қирау түрлерінің мүмкін аймағы

Болаттың морт кирауы пластикалық деформациялары шамалы дамыған, кернеулері төмендеу кезінде өтеді. Мұндай жағдайларда көбінесе кернеулері аққыштық шегі кернеуінен аспайды.

Болаттың морттылығына негізінде оның сапасы, тозуы, кернеулер шоғырлануы, әсер ететін күштің түрі елеулі ықпалын тигізеді. Оның ластануы, күкірт пен фосфордың қосылуы, оттектің мөлшерден артық құрамына кіруі морттылығын көтереді. Құралымдардың морт қирауы мүмкін болған жағдайларда "тынық" және "жартылай тынық" азкөміртекті болаттарды пайдалану керек.

1.21. Металл коррозиясы

ТМД елдері бойынша коррозиядан жыл сайын 30 млн. т жуық металл шығындалады. Коррозияланған металдың 90 %-ы қайта

балқытуға жіберіледі, ал қалған 10 %-ы (яғни шамамен 3 млн. т) қайтарылмас шығын болып табылады (тот, темір қағы, т.б.).

Соңғы жылдары металл қорының, яғни металл құралымдар, машиналар, құбырлар және т.б. жалпы массасының көбеюінен, ауаның, жердің, табиғат суы ластануының ұлғаюынан коррозия шығыны көбейіп кетті. Мәселен, кей кезде жылу электростанциялар тас көмір жағып ауаға орасан зор көлемде күкіртті газ шығарғандықтан күкірт қышқылдан жаңбыр жауады.

Коррозия дегеніміз металдың агрессивті ортамен әрекеттесуі арқасында химиялық немесе электрохимиялық қирау үрдісі. Химиялық коррозия бір мезгілде өтетін тотығу және тотықсыздану үрдісі нәтижесінде пайда болады. Мұндай коррозия қай арада болса да қисыны бар, бірақ көбінесе жоғары температура кезіндегі ауада, сұйық электролитеГОСТерде (мұнайда, бензинде, керосинде, қорытылған күкіртте) байқалады. Жоғары температура болған уақытта газ түрінде ортадағы химиялық коррозия сонымен қатар газ коррозиясы деп аталады.

Металл коррозиясының кең таралған түріне электрохимиялық коррозия жатады. Ол металдардың сұйық электролиттерімен тұздардың, қышқылдардың, сілті-щелочтардың су ертіндісімен әрекеттесуі кезінде пайда болады. Қай су болса да (өзендік, жер астылық, жауын-шашындық) барлығы әрдайым электролит ертіндісіне жатады.

Коррозиялар келесі түрлерге бөлінеді: атмосфералық, жерастылық, контактілік, адаскан ток коррозиясы, микроорганизмдердің тіршілік әрекеті нәтижесіндегі биокоррозия, химиялық. Құрылыс металл құралымдары көбінде атмосфералық коррозияға ұшырайды. Сұйық агрессивті ортаның және жерастылық коррозиялар әсеріне тазарту имараттарының құралымдары, резервуарлар, газгольдерлер ұшырайды.

Атмосфералық коррозия барлық пайдаланылып жүрген металдардың 80% шамасындағысын зақымдайды. Оның шығыны барлық коррозия шығынының 50%-ын құрайды. Атмосфералық коррозия жаңбырдан немесе конденсация нәтижесінде ауадан металл бетіне түскен ылғал әсерінен пайда болады.

Атмосфераның коррозиялық агрессивтігі оның ылғалдылығы мен ластығына байланысты. Агрессивтік дәрежесі

бойынша агрессивсіз, әлсін агрессивті, орта агрессивті және күшті агрессивті орталарға бөлінеді. Металды коррозиядан қорғау үшін оны легирлендіреді немесе қорғау үлпегімен жабады. Легирлендіруші элементтер негізгі металмен коррозияға тұрақтылығын көтеретін қорытпалар құрайды. Шамалы мөлшердегі (1 %-ға жетпес) мыс пен хром болаттың коррозияға қарсы кедергілігін едәуір жоғарылатады. Ал, қоспаларды 20 %-ға дейін жеткізіп тот баспайтын болаттарды алуға болады. Осымен қатар металды коррозиядан қорғау үшін оның бетіне үлпек жасалады. Үлпектер металдан, лакбояулардан, оксидтерден болуы мүмкін.

1.22. Құрылыс металл құралымдарына арналған болаттарды тандап алу

Болат вариантты жобалау және техника-экономикалық талдау негізінде тандап алынады.

Құрылыс құралымдары үшін болатты таңдау келесі параметрлерге:

а) құралымды құрастыру және пайдалану кезіндегі қоршаған ортаның температурасы, мұнымен төмен температура болған уақытында морт сыну қаупі ескеріледі;

б) әртүрлі жүктеу кезіндегі материал жұмысының ерекшелігін ескеретін, жүктеу түрі (статикалық, динамикалық, вибрациялық және т.б);

в) кернеулену жағдайының түрі (сығу, созу, жазық немесе көлемді кернеулену жағдайы);

г) меншікті кернеу деңгейін, кернеулер шоғырлану дәрежесін және қосылған жеріндегі материалдың қасиетін анықтайтын элементтердің қосылу тәсілі;

д) қалыңдығы жуандаған сайын болат қасиетінің өзгеруін ескеру үшін, элементтерде қолданылатын прокат қалындығына байланысты.

ҚР ҚМжЕ (СНиП РК) [4] (1-қосымша, 50-кесте) сәйкес барлық құрылыс құралымдарының түрлері, материалы жұмысының жағдайларына байланысты, төрт топқа бөлінген.

Бірінші топқа ерекше ауыр жағдайларда жұмыс жасайтын немесе тікелей динамикалық, вибрациялық әлде жылжымалы жүктемелер әсеріне ұшырайтын, пісірілмелі құралымдар мен олардың элементтері жатқызылған (кранасты арқалықтар; жұмыс алаңшаларының арқалықтары; ферма фасонкалары; көліктік галереялардың аралық конструкциялары; биіктігі 60 метрден жоғары электртарату жолдарының тіректері және т.б.).

Бірінші топтағы құралымдар өте күрделі жағдайларда жұмыс жасайды. Сондықтан бұл құралымдарға арналған болаттар үшін өте жоғары талаптар қойылады.

Екінші топқа статикалық жүктеме кезінде созуға жұмыс жасайтын (фермалар; рамалардың ригельдері; қабатаралық жабын және төбе жабын арқалықтары; саты қосоурлары; көліктік галереялардың тіректері және т.б.) пісірілмелі құралымдар немесе олардың элементтері, және де пісірілмелі қосылыстары жоқ кезеңдегі бірінші топтағы құралымдар кіргізілген.

Үшінші топка статикалық жүктеме кезінде көбінесе сығу кернеу әсеріне жұмыс жасайтын пісірілмелі құралымдар (мәселен, ұстындар, бақандар, жабдық астындағы тіректер және басқа сығылған, сығыла-майысқан элементтер) және пісірілген қосылыстары жоқ кезіндегі екінші топтағы құралымдар жатқызылған.

Төртінші топка қосалқы құралымдар (байланыстырғыштар, фахверк элементтері, сатылар, қоршаулар, т.б.) және де пісірілмелі қосылыстары жоқ кезіндегі үшінші топтағы құралымдар кірістірілген.

Егер үшінші мен төртінші топтағы құралымдар үшін статикалық жүктемелер кезіндегі беріктік талабымен шектелу жеткілікті болса, бірінші мен екінші топтар үшін болаттың динамикалық әсерлерге және морт қирауға кедергісін бағалау маңыздысы болып табылады.

Пісірілетін құралымдар үшін міндетті түрде материалының пісірілгіштігін анықтау керек. Пісірілмелі қосылыстары жоқ құралымдар элементтеріне қойылатын талаптардың жеңілдеуі мүмкін, себебі пісірілмелік кернеу өрісі жоқтығы, кернеулер шоғырлануының төмендігі және басқа факторлар олардың жұмыс жағдайын жақсартады.

ҚР ҚМжЕ [4] 50-кестесінде құралымдар тобына және құрылыс жүргізілетін ауданның ауа райына байланысты болаттардың тізімі келтірілген.

Әр топ ішінде болаттың соңғы тандалуы техника-экономикалық көрсеткіштерін (болат шығынын және конструкцияның құнын) салыстыру негізінде және дайындаушы зауыттың технологиялық мүмкіндіктерін ескерумен жасалуы керек.

Құралымдар құрамына (мәселен, құрамалы арқалықтарда, фермаларда) болаттың екі түрін қолданған экономикалық тиімді келеді – беріктігі жоғарылау болатты қатты жүктелген элементтер үшін (фермалар, аркалықтар белдемелері), ал беріктігі төмеңдеуін шамалы жүктелген элементтері үшін (фермалар керегеторлары, арқалықтар кабырғасы).

Бақылау сұрақтары

1. Қолданылып жүрген металл құралымдардың құралымдық түрі мен тағайындалуы бойынша қандай салаларға бөлуге болады?
2. Басқа материалдардан жасалған құралымдармен салыстырғанда металл құралымдардың негізгі құндылықтарын атаңыз.
3. Азкөміртекті болатта көміртектің шамасы қанша пайыз болуы керек?
4. Таза темірдің балқу температурасы қаншаға тең?
5. Көміртекті болаттың құрамына не кіреді?
6. Болаттың легирлендіруші металдарын атаңыз.
7. Болаттың зиянды қоспаларын атаңыз.
8. Болаттар қышқылдану дәрежесі бойынша қалай аталады?
9. Мемлекеттік стандартқа сәйкес болат қандай топ бойынша жеткізіледі?
10. Беріктігі көтеріңкі және беріктігі жоғары болаттар қалай алынады?
11. Болаттың тығыздығы қаншаға тең?
12. Болаттың серпімділік модулі қаншаға тең?
13. Әртүрлі болаттардың соңғы кездегі жұмысының диаграммасын сызыңыз.
14. Болат жұмысының унификацияланған диаграммасын сызыңыз.
15. Соққы тұтқырлыққа сынау арқылы не тексеріледі?
16. Қирау түрлері қандай болады?

2. МЕТАЛЛ ҚҰРАЛЫМДАРЫН ЕСЕПТЕУ НЕГІЗДЕРІ

2.1. Есептеу әдістерінің дамуы туралы қысқаша шолу

Құрылыс құралымдар есебінің мақсаты – қажетті пайдалану шарттары мен беріктігін қамтамасыз етіп, материалдар шығынын азайту және әзірлеу мен құрастыру кезіндегі еңбек шығындарын төмендету болып табылады. 1955 жылға дейін біздің елде құрылыс құралымдары беріктікке, 1826 жылғы француз инженері, ғалымы Л. Навье (1785 – 1836) тәжірибеге енгізген, мүмкіндіктік кернеулер әдісімен есептеліп келді. Бұл әдістеменің пікірі бойынша, материалдар кедергісі пәнінің формуламен нақты жүктемеге есептеп алынған кернеулер, мүмкіндікті кернеуден [σ] аспауы керек. Ал мүмкіндікті кернеу, оның шекті мәнін ″k″ – қор еселеуішіне бөлу арқылы табылады:

$$\sigma \le [\sigma] = \frac{\sigma_{шек}}{k}. \qquad (2.1)$$

Құрылыс болаты үшін қауіп төндіруші ретінде аққыштық пайда болуы саналады. Сондықтан шекті кернеу ретінде мұнда аққыштық шек кернеуі қабылданған.

Шекті мүмкіндікті кернеулер әдістемесінің негізгі кемшіліктеріне:

а) барлық құралымдар үшін қор еселеуіші бірдей етіп қабылданған, сондықтан әртүрлі құралымдар жұмысының ерекшеліктері есепке алынбайтындығы;

ә) жүктемелердің және материалдардың механикалық қасиеттерінің нақтылы құбылмалылығы ескерілмейтіндігі;

б) пластикалық деформациялардың дамуы жеткіліксіз ескерілмеуі жатады. Сондықтан қор еселеуіші шартты болып келеді. Бұл жағдай әртүрлі ғимараттардың, құралымдардың және олардың элементтерінің беріктіктерін теңсіздігіне келтіреді. Осының нәтижесінде есептеу арқылы табуға болатын экономикалық тиімділігі төмендейді.

Елімізде 1955 жылдан бастап есептеулер шекті жағдайлар әдісі бойынша жүргізіледі. Қазіргі уақытта өнеркәсіптік және

азаматтық имараттар мен ғимараттардың, көпірлердің, құрастыру аспаптарының барлық құралымдары шекті жағдайлары бойынша есептеледі. Тек қана машинажасау құралымдар саласына қарасты механикалық түйіндер мен бөлшектер әлі бұрынғысынша шекті мүмкіндікті кернеулер бойынша есептеліп келеді.

2.2. Шекті жағдай әдісімен есептеудің негізгі жағдайлары

Шекті жағдай, құралымдардың пайдалану немесе тұрғызу кезіндегі талаптарын қанағаттандыру мүмкіндігінің біткен күйін сипаттайды. Пайдалану талаптары әртүрлі болғандықтан құралымдар да бірнеше шекті жағдайларға ие бола алады.

ҚМжЕ [4] сәйкес шекті жағдайлар екі топқа бөлінеді:

а) **бірінші топ** – көтергіштік қабілетінің таусылуы немесе құралымның пайдалануға толық жарамсыздығы бойынша;

б) **екінші топ** – ғимараттарды әдеттегідей пайдаланудың қиындалуы бойынша.

Құралымның көтергіштік қабілеті мына себептерден жойылады:

а) түрінің орнықтылығын жалпы жоғалтуы;

ә) тұратын жерінің (положение) орнықтылығын жоғалтуы;

б) тұтқыр, морт немесе ескіріп қирауы;

в) құралымның өзгермелі жүйеге өтуі;

г) пішін үйлесімінің (конфигурациясының) сапалы өзгеруі.

Ал ғимараттар толық пайдалану жарамсыздығына, материалда аққыштық пайда болып, қосылыстары ығысып, жарамайтын үлкен қалдық диформациялар дамуы нәтижесінде келеді.

Сонымен, шекті жағдайлардың бірінші тобы екі нышандармен сипатталады. Бірінші нышан қалдық деформациялары шамалы немесе жұмыс шарты бойынша күмәнді, қатаңдығы жоғары құралымдарға қатысты. Мұндай құралымдарды көтергіштік қабілеті біткенге дейін пайдалана беруге болады.

Деформациялы құралымдар үшін екінші нышан маңызды болып табылады, себебі көтергіштік қабілеті әлі бітпесе де аса

дамыған қалдықты деформациялар оларды одан әрі пайдалануға жарамсыз етеді.

Шекті жағдайлардың екінші тобына, болдырмайтын майысымдар, шөгулер, бұрылу бұрыштары және шайқалу салдарынан ғимараттардың әдеттегідей пайдалануы қиындалатын күйі жатады.

Құралымдардың есебі шекті жағдайларды келтірмеу мүмкіншілігіне кепіл болуы керек.

Шекті жағдайлардың бірінші тобы максималды (есептік) жүктемелер мен әсерлерге есептеп тексеріледі. Ал, олардың екінші тобы болса, құралымдардың қалыпты пайдалануына сәйкес келетін эксплуатациялық (мөлшерлік) жүктемелер мен әсерлерге тексеріледі.

Шекті жағдайлар бірінші тобының көтергіштік қабілеті, яғни бірінші нышаны бойынша, имараттардың немесе ғимараттардың пайдалану мүмкіншілігін қамту үшін құралымдарға әсер етуші жүктемелер, пайдалануға шек қоятын мәнінен аспауы керек. Бұл шарт жалпы түрде былай жазылады

$$\overline{N}_{max} \le \overline{S}_{min}, \qquad (2.2)$$

мұндағы $\overline{N}_{max}$ – есептелетін құралым элементіндегі әсер етуші күштеу (жүктемелер функциясы);

$\overline{S}_{min}$ – есептелетін элементтің қабылдай алатын шекті күштеуі, яғни көтергіштік қабілеті. Оның мәні материалдың физика-механикалық қасиеттері мен элементтердің өлшемдеріне байланысты.

$\overline{N}_{max}$ күштеудің мәні пайдалану уақытында әсер етуіне қисыны бар ең үлкен күштеуді көрсетуі керек. Бұл күштеу F_i есептік жүктемелерден анықталады. Ал, есептік жүктемелер әдеттегі пайдалану жағдайларына сәйкес келетін, F_{ni} мөлшерлік жүктемелерді γ_{fi} жүктеме бойынша сенімділік еселеуішіне және γ_n жауаптылығы бойынша сенімділік еселеуішіне көбейту арқылы табылады. Еселеуіш γ_{fi} жүктеменің қолайсыз жағына ауытқуын, γ_n имараттар мен ғимараттардың жауаптылық дәрежесін есепке алады.

Бірнеше уақытша жүктемелер бір мезгілде әсер еткен кезде, құралымдар есебінде жүктемелердің немесе күштеулердің ең қолайсыз үйлесімі ескеріледі. Үйлесім жүктемелерді немесе күштеулерді Ψ-үйлесім еселеуішіне көбейту арқылы есепке алынады. Сонымен, $\overline{N}_{max}$ күштеуін мына түрге келтіруге болады

$$\overline{N}_{max} = \Sigma\, \overline{N}_i\, F_{ni}\, \gamma_{fi}\, \gamma_n\, \Psi, \qquad (2.3)$$

мұндағы $\overline{N}_i$ $F_i = 1$ кезіндегі күштеу, яғни жүктемеден күштеуге ауысуын белгілейді.

Көтергіштік қабілеті $\overline{S}_{min}$ қисыны барынша минималды болып қабылдануы керек. Оның мәні $\overline{A}$ -қиманың геометриялық сипаттамаларын (ауданын, кедергі моментін) R-есептік кедергісіне және γ_c – жұмыс шарттары еселеуішіне көбейтіліп табылады. γ_c – еселеуіші температураның, қоршаған орта агрессивтігінің, әсерлер ұзақтылығы мен көп қайталануының ықпалдарын ескереді.

R-есепті кедергі R_n-мөлшерлі кедергіні γ_m материал бойынша сенімділік еселеуішіне бөлу арқылы анықталады

$$\overline{S}_{min} = R\,\overline{A}\,\gamma_{fi} = \frac{R_n \cdot \gamma_c}{\gamma_m} \cdot \overline{A}. \qquad (2.4)$$

Ең соңында, шекті теңсіздік мына түрді қабылдайды

$$\Sigma \overline{N_i} \cdot F_{ni} \cdot \gamma_{fi} \cdot \gamma_n \cdot \psi \le \frac{R_n \gamma_c}{\gamma_m} \cdot \overline{A}. \qquad (2.5)$$

Егер $\overline{N}_i$ күштеу мен мөлшерлік кедергінің көбейтіндісі мөлшерлі күштеу ($\overline{N}_i \cdot F_{ni} = N_{ni}$) екенін ескерсек, онда

$$\Sigma N_{ni} \gamma_{fi} \cdot \gamma_n \cdot \Psi \le \frac{R_n}{\gamma_m} \gamma_c \cdot \overline{A}.$$

Мөлшерлік кедергісін аққыштық шегі бойынша есептеген кезде

$$\Sigma N_{ni}\gamma_{fi}\cdot\gamma_n\cdot\Psi\le\frac{R_{yn}}{\gamma_m}\gamma_c\cdot\overline{A}; \qquad (2.6)$$

уақытша кедергісі бойынша есептегенде

$$\Sigma N_{ni}\gamma_{fi}\cdot\gamma_n\cdot\Psi\le\frac{R_{un}}{\gamma_m\gamma_u}\gamma_c\cdot\overline{A}, \qquad (2.7)$$

мұндағы $\gamma_u = 1{,}3$ – беріктікке уақытша кедергісі бойынша есептелетін құралымдар элементтерінің сенімділік еселеуіші.

Шекті жағдайлардың бірінші тобы (2-нышаны) үшін, қалдық немесе толық деформациялар (орын ауысуы) бойынша құралымдардың пайдалануын тоқтатуға мәжбүр тудыратын жағдайы, жалпы түрде былай жазыла алады

$$\Sigma N_{ni}\cdot\gamma_{fi}\cdot\gamma_n\cdot\psi\cdot\overline{\delta_1}\le\delta_1, \qquad (2.8)$$

мұндағы $\overline{\delta_1}$ – бірлік жүктеме әсерінен пайда болатын орын ауысуы δ_1 – шекті қалдықты немесе толық орын ауысуы.

Шекті жағдайлардың екінші тобы үшін шекті шартты мына түрде жазуға болады

$$\Sigma N_{ni}\cdot\gamma_n\cdot\psi\cdot\overline{\delta_2}\le\delta_2, \qquad (2.9)$$

мұндағы $\overline{\delta_2}$ – бірлік жүктеме кезінде пайда болатын құралымның серпімді деформациясы немесе орын ауысуы; δ_2 – ережелерде белгіленген немесе жоба тапсырмасында көрсетілген, әдеттегі пайдалануға шек қоятын, шекті деформациялары немесе орын ауысулары.

Шекті жағдайлар екінші тобының деформациялары сөздің толық мағанасы бойынша шекті болып табылмайды. Себебі олар құралымның артығырақ жүктемелерге жұмыс жасау мүмкіндігін сақтайды, бірақ бұл жағдай пайдалануға қиындық келтіреді.

2.3. Жүктемелер және әсерлер

Көтергіш құрылыс құралымдарының негізгі міндеті – оларға әсер ететін эксплуатациялық жүктемелерді өзіне қабылдап алу болып табылады. Құралымдарды есептеген кезде жүктемелер мен әсерлер ҚМжЕ 2.01.07-85* «Жүктемелер және әсерлер» бойынша қабылданады.

Әсер ету уақытына байланысты жүктемелер тұрақты және уақытша (ұзақмерзімді, қысқамерзімді, ерекшелі) болып бөлінеді.

Тұрақты жүктемелерге имараттар мен ғимараттардың тұрақты бөлшектерінің салмағы; грунттардың салмағы мен қысымы; құралымдардың алдын алу кернеулеу әсері жатады (п.1.6 ҚМжЕ 2.01.07-85*).

Ұзақмерзімді жүктемелерге уақытша қалқалардың салмағы; стационарлы жабдықтардың салмағы; резервуарлардың, газгольдердің, құбыржолдардың ішіндегі сұйықтар мен газдардың қысымы; сыйымсауыттардағы сусымалы материалдардың салмағы; қоймалардың, кітапханалардың және сол сиякты имараттар жабдықтарына түсетін жүктемелер; технологиялық ұзақ температура әсерлері жатады (п.1.7 ҚМжЕ 2.01.07-85*).

Қысқамерзімді жүктемелерге атмосфера, яғни қар, жел, көкмұз жүктемелері мен температура-ауа райының әсерлері; имараттар мен ғимараттарды тұрғызу және пайдалану кезінде қолданылатын көтергіш-көліктік жабдықтардың (кран, тельфер) жүктемелері; тұрғын және қоғамдық имараттар аражабындарына түсетін адамдар, жиһаздар массасының жүктемелері және т.б. жатады (п.1.8 ҚМжЕ 2.01.07-85*).

Ерекшелі жүктемелерге сейсмикалық және жарылыс әсерлері; жабдықтар бұзылып технологиялық үрдісінің күрт өзгеруіне байланысты жүктемелер; грунт құрылымы өзгеруінің арқасында негіздіктің шөгуінен пайда болатын әсерлер жатады (п.1.9, ҚМжЕ 2.01.07-85*).

2.4. Мөлшерлік жүктемелер

Имираттар мен ғимараттарды қалыпты жағдайларда пайдалануға мүмкіндік беретін, мөлшерлік ережелермен белгіленген (құралымдарды жүктеменің бір дүркін әсеріне есептегенде) жүктемелер мен әсерлердің ең үлкен мәндері немесе (шаршап қирауын тексергенде) ең жиі қайталанатын жүктемелер мөлшерлік деп аталады.

Тұрақты жүктемелер және әсерлер. Құралымдар массасының мөлшерлік жүктемелері стандарттардың және әзірлеуші зауыттардың мәліметтері бойынша немесе жобалау кезіндегі белгіленген өлшемдері бойынша анықталады. Грунттар жүктемесі грунт түріне және оның тығыздығына байланысты белгіленеді. Құралымдарды алдын ала кернеулеу әсерінің мөлшерлік мәні жобалаған кезде тағайындалады.

Ұзақмерзімді жүктемелер және әсерлер. Жабдық салмағының мөлшерлік жүктемелері стандарттар және каталоггар бойынша немесе жобалау тапсырмасы мәліметтерінен анықталады. Сұйықтар мен газдардың және сусымалы материалдардың құралымдарға қысымы жобалау тапсырмасында көрсетіледі. Қоймалардың, архивтердің, кітапханалардың аражабындарына түсетін жуктемелер ҚМжЕ 2.01.07-85* бойынша қабылданады.

Қыскамерзімді жүктемелер және әсерлер. Тұрғын және қоғамдық имараттар аражабдықтарына түсетін адамдар, жиһаздар массасының жуктемелері ҚМжЕ 2.01.07-85*-де келтірілген. Көтергіш-көліктік жабдықтардың мөлшерлі жүктемелері стандарт немесе зауыт құжаттары бойынша қабылданады.

Кар жүктемесі. Жердің 1 м^2 горизонталды бетіне түсетін қар салмағының мөлшерлік мәні S гидрометеорология қызметі мәліметтері бойынша белгіленеді.

Төбежабынының горизонталды проекциясына келетін қар жүктемесінің толық мөлшерлі мәні S мына өрнек бойынша анықталады

$$S = S_0 \cdot \mu, \qquad (2.10)$$

мұндағы S_o – құрылыс жүргізілетін ауданға байланысты, жердің 1м^2 горизонталды бетіне түсетін қар салмағының мөлшерлік шамасы; μ – жер бетіндегі қардың салмағынан төбежабынға түсетін жүктемеге аудару еселеуіші. Бұл еселеуіштің мәні төбежабын көрінісіне байланысты ҚМжЕ 2.01.07-85* 3-қосымшасында келтірілген.

Жел жүктемесі. Жел жүктемесінің мөлшерлік мәні мына формула бойынша анықталады

$$w_m = w_o \cdot k \cdot C , \qquad (2.11)$$

мұндаға ω_0 – имараттың немесе ғимараттың орналасқан ауданына байланысты, ҚМжЕ 2.01.07-85* 5-кестесі бойынша қабылданатын, жел қысымының мөлшерлік шамасы; k – биіктігі бойынша жел қысымының өзгеруін ескеретін коэффициен (ҚМжЕ 2.01.07-85* 6-кесте); С – аэродинамикалық еселеуіш (ҚМжЕ 2.01.07-8514 қосымшасында).

Көк мұз жүктемелері электр тарату және байланыс ауа жолдары антенналық-мачталық құрылғыларды жобалаған кездерде ескеріледі. Көк мұз жүктемесін ҚМжЕ 2.01.07-85* 7-пункті бойынша қабылданады.

Қоршаған ауа температурасының өзгеруі мен күн радиациясының және технологиялық факторлардың ***температуралық әсерлері,*** құралымдардың беріктігі мен деформациялығына ықпалының тиюі мүмкін болған жағдайда есептеуде ескеріледі. Температура әсерлері ҚМжЕ 2.01.07-85* 8-пункті бойынша анықталады.

Сейсмикалық әсерлердің шамасы құрылыс жүргізілетін ауданның есептік сейсмикалығына қарай ҚР ҚМжЕ 2.03-30-2006 "Сейсмикалық аудандардағы құрылыс" бойынша белгіленеді.

2.5. Есептік жүктемелер

Жүктемелер мен әсерлердің құбылмалылығы арқасында өздерінің мөлшерлік шамаларынан асып кету (кейбір жағдайларда шамаларынан азайып кету) қаупі, мөлшерлік жүктемелерге жүктеме бойынша сенімділік еселеуіш γ_f

көбейткішін енгізумен ескеріледі. Мөлшерлік жүктеменің жүктеме бойынша сенімділік еселеуішіне көбейтіндісі есептік жүктеме деп аталады.

Жүктеме бойынша сенімділік еселеуіштері имараттар мен ғимараттарды пайдалану кезінде байқалған нақтылы жүктемелерін бақылау нәтижесінде көрсетілген статистикалық мәліметтерін өндеу арқылы алынады. Бұл еселеуіштер жүктеме түріне тәуелді, сондықтан әр жүктеме еселеуішінің өзіндік мәні бар. ҚМжЕ 2.01.07-85* бойынша құрылыс құралымдары массасының жүктемелері үшін γ_f еселеуішінің мәндері, оларды әзірлеу тәсіліне, материалдық түріне байланысты қабылданады. Мәселен, металл құралымдардың меншікті салмағы үшін γ_f = 1,05; зауыт жағдайларында әзірленген, орташа тығыздығы 1600 кг/м^3-тен аспайтын бетон құралымдар үшін, тегістеуші қабаттар үшін γ_f = 1,2; солардың өзі құрылыс алаңында әзірленгенде γ_f-1,3. Жабынға біркелкі таралған жүктеме үшін γ_f = *1, 2*. . .1,3.

Егер тұрақты жүктеме ғимараттың жұмысына қолайлы әсерін тигізетін болса (мысалы, төңкерілуіне, сырғуына тексерілген кезде) онда γ_f еселеуіші 0,9 теңестіріледі.

Қар жүктемесі үшін γ_f = 1,4. Жабын құралымдар элементтерін есептеген кезде, егер жабын меншікті салмағының (іліндірілген стационарлы жабдықтардың салмағын қоса есептегенде) қардың мөлшерлі салмағына қатынасы 0,8-ден кем болатын болса (g_n / s_o <0,8), онда γ_f = 1,6.

Жел жүктемесі бойынша сенімділік еселеуіші γ_f 1,4-ке тең деп қабылдау керек. Көк мұз бойынша сенімділік еселеуіші - γ_f = 1,3.

2.6. Жүктемелер үйлесімі

Жүктемелер құралымдарға жекелей түспей бір-бірімен үйлесіп әсер етеді. Құрылыс құралымдарын есептеген кезде ең колайсыз, физикалық қисыны бар жүктемелердің үйлесімдері ескеріледі. Есепке алынған жүктемелердің құрамына байланысты үйлесімдер негізгілер және ерекшелілер болып екі түрге ажыратылады.

Негізгі үйлесімдерге тұрақты, ұзақмерзімді және қысқамерзімді жүктемелер кіреді. Ал ерекшелілерге тұрақты, ұзақмерзімді, қисыны бар қысқамерзімді жүктемелер және ерекшелілердің бір жүктемесі кіреді.

Бірнеше жүктемелердің ең үлкен мәндері бір мезгілде пайда болуы күмәнді. Сондықтан уақытша жүктемелер немесе оларға сәйкес күштеулер үшін үйлесім еселеуішін 1-ден асырмай қабылдайды. ҚМжЕ 2.01.07-85* "Жүктемелер және әсерлер" бойынша, егер негізгі үйлесімдер құрамына тұрақты жүктемелер және бір уақытша (ұзақмерзімді немесе қысқамерзімді) жүктеме кіретін болса, онда үйлесім еселеуіштері $\psi_1 + \psi_2 = 1$ деп қабылданады. Негізгі үйлесімдер құрамына тұрақты жүктемелер және екі немесе одан көп уақытша жуктемелер кірген жағдайларда есептік ұзақмерзімді жүктемелер немесе оларға сәйкес күштеулер $\psi_1 = 0{,}95$, ал қысқамерзімділері $\psi_2 = 0{,}9$ үйлесім еселеуіштеріне көбейтіледі.

Құралымдарды жүктемелер мен әсерлердің ерекшелі үйлесіміне есептегенде, имараттар мен ғимараттарды сейсмикалы аудандарда жобалау ережесіне ескертілген жағдайлардан басқа кездерде, қысқамерзімді жүктемелер немесе оларға сәйкес күштеулер $\psi_2 = 0{,}8$, ұзақмерзімділері $\psi_2 = 0{,}95$ үйлесім еселеуіштеріне көбейтіледі.

2.7. Материалдардың мөлшерлік кедергілері

Күштер әсеріне материалдар кедергісінің негізгі параметрі болып, материалдар қасиетінің аумалылығы ескерілген мөлшерлік кедергілері саналады.

Мөлшерлік кедергілер материалдардың механикалық қасиеттерін статистикалық өндеу негізінде табылады. Олардың шамасы қамтамасыздығы 95 %-дан кем болмайтындай етіп белгіленеді, яғни механикалық қасиеттері төмендеу материалдар үшін кездейсоқ ауытқу шамасы 5 %-дан аспауы керек.

Болаттың созуға, сығуға, майысуға мөлшерлік кедергісі ретінде, металды мемлекеттік стандарттармен және техникалық шарттармен кепілденген σ_y аққыштық шек кернеуінің ең төмен бақыланатын мәні қабылданады. Оны былай белгілейді "R_{yn}".

Анық білінген аққыштық алаңшасы жоқ болса, шартты аққыштық шегі ретінде салыстырмалы қалдық ұзаруы 0,2 %-ға сәйкес келетін $\sigma_{0,2}$ кернеуі қабылданады.

Егер де созуға жұмыс жасайтын құралымдардың пайдалануы аққыштық шегіне жеткеннен кейін де жалғастыра беруге болатын болса (мысалы, ішкі қысымға ұшырайтын құбыржолдар, цилиндрлік сыйымсауыттар), онда мөлшерлік кедергі ретінде ең кіші кепілденген беріктік шегінің, яғни уақытша кедергісінің σ_u мәні қабылданады. Оның белгісі "R_{un}".

Құрылыстық болаттардың беріктік қасиеттерін толығынан пайдалану мақсатымен, ҚР ҚМжЕ [4] олардың мөлшерлік кедергілері әр болат үшін прокаттың түріне және оның қалыңдығына қарай бөлек берілген.

Алюминий қорытпаларының мөлшерлік кедергісі ретінде екі – 0,7 σ_u және $\sigma_{0,2}$ мәндерінің кемдеуі қабылданады.

2.8. Материалдардың есептік кедергілері

Металлургия зауыттарында аққышттық шегін немесе уақытша кедергісі ішінара сынаумен тексереді, демек металл құралымының ішіне Мемлекеттік стандартта белгіленген қасиеттерден жамандау материал абайсызда түсіп кетуі мүмкін. Металдардың механикалық қасиеттері кішкене үлгілерде, қысқамерзімді және бір осьті жүктеу кезінде тексеріледі. Шындығында металл жүктемені ұзақмерзімді әсеріне үлкен өлшемді құралымдарда күрделі кернелген жағдайында жұмыс жасайды. Осы факторлардың ықпалынан материал кедергісінің мөлшерлік мәнінен қолайсыз жағына ауытқуы мүмкіндігін материал бойынша сенімділік еселеуішімен есепке алынады. Мемлекеттік стандартта немесе техникалық шарттар (ТУ) бойынша болаттың механикалық қасиеттерін тексеру ерекшеліктеріне байланысты материал бойынша сенімділік еселеуіштің шамасы 1,025-1,10 аралығында берілген. Мөлшерлік кедергіні материал бойынша сенімділік еселеуішіне бөліп алынған сипаттама есептік кедергі деп аталады

$$R = \frac{R_n}{\gamma_m} \qquad (2.12)$$

Есептік кедергілер:

а) аққыштық шегі бойынша $R_y = \frac{R_{yn}}{\gamma_m}$ (2.13)

ә) уақытша кедергісі бойынша $R_u = \frac{R_{un}}{\gamma_m}$ (2.14)

болып бөлінеді.

Болаттың есептік кедергілерінің санды мәндері ҚР ҚМжЕ [4] 51-кестесінде, алюминий қорытпаларынікі ҚМжЕ 2.03.06-85-те келтірілген.

Кернеуленген жағдайлардың басқа түрлері үшін есептік кедергілері мына формулалар бойынша анықталады:

а) прокаттың қалыңдығы бағытында созу үшін (60 мм-ге дейін)

$$R_{th} = 0{,}5R_{un}/\gamma_m = 0{,}5R_u; \qquad (2.15)$$

б) ығысу үшін

$$R_s = 0{,}58\ R_{yn}/\gamma_m = 0{,}58R_y; \qquad (2.16)$$

в) бүйір беті мыжылу үшін (қиюласқан кезінде)

$$R_p = R_{un}/\gamma_m = R_u; \qquad (2.17)$$

г) цилиндрлі топсаларда тығыз жанасқан кезде жергілікті мыжылу үшін

$$R_{ℓp} = 0{,}5R_{un}/\gamma_m = 0{,}5R_u; \qquad (2.18)$$

д) катоктарды диаметральды сығу үшін

$$R_{cd} = 0{,}025R_{un}/\gamma_m = 0{,}025R_u. \qquad (2.19)$$

2.9. Құралымдардың жұмыс шарттары және жауаптылығы бойынша сенімділік еселеуіштері

Элементтер материалының және толығымен құралымдардың, имараттар мен ғимараттардың есептерінде қарастырылмаған нақты жұмысының ерекшеліктері, керекті жағдайларда жұмыс шарттары γ_c еселеуішімен ескеріледі. Ол температураның, қоршаған орта агрессивтігінің, әсерлер ұзақмерзімділігінің және қайталанғыштығының, есептік сұлбалардың жуықтығының ықпалдарын ескеріп, есептік кедергі мәніне көбейткіш ретінде енгізіледі. Тұрғызу және пайдалану жағдайларында материалдар мен құралымдардың нақты жұмысын теориялық және эксперименталдық зерттеулер негізінде анықталған γ_c еселеуіштің сандық мәндері ҚМжЕ [4] 6-кестесінде және 4-қосымшасында келтірілген. Көбінесе қалыпты жұмыс жағдайларында $\gamma_c = 1$, мұндай кезде оны есепке енгізбеуге болады.

Имараттар мен ғимараттардың жауаптылық, күрделілік дәрежесі және шекті жағдайларына жеткендегі зардаптарының маңыздылығы керекті жағдайларда γ_n жауаптылығы бойынша сенімділік еселеуішімен ескеріледі. Оның сандық мәндері "Құралымдарды жобалау кезінде имараттар мен ғимараттардың жауаптылық дәрежесін есепке алу ережелерімен" анықталады. Осы еселеуішке есептік жүктеулер немесе күштеулер мәнін көбейту керек.

Халық шаруашылық немесе әлеуметтік аса маңызы бар негізгі ғимараттар мен имараттар нысандары (ЖЭС, АЭС, сыйымдылығы 10 мың $м^3$-ден артық резервуарлар, театрлар, цирктер, оқу орындары, ауруханалар имараттары және т.б.) үшін $\gamma_n = 0,95 \div 1,2$.

Халық шаруашылық немесе әлеуметтік маңызы бар имараттар мен ғимараттар нысандары (өндіріске, ауыл шаруашылыққа және тұрғын-азаматтыққа арналған нысандар) үшін $\gamma_n = 0,95$.

Халық шаруашылық немесе әлеуметтік шамалы маңызы бар имараттар мен ғимараттар нысандары (қоймалар, бір қабат

тұрғын үйлер, уақытша имараттар мен ғимараттар және т.б.) үшін $\gamma_n = 0,8 \div 0,95$.

2.10. Кернеулердің түрлері және оларды болат құралымдар элементтерінің есептеуінде ескеру

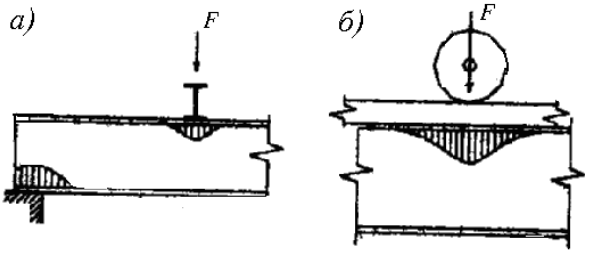
Кернеулерді, пайда болуына байланысты төрт түрге бөлуге болады: **негізгілер, қосымшалар, жергіліктілер** және **бастапқылар**.

Негізгі кернеулер жүктемелер әсерінің нәтижесінде пайда болады. Оларды құрылыс механикасының ережелері бойынша құралымның дәріптелінген (идиализирленген) есептік сұлбасын есептеп тапқан күштеулерден материалдардың кедергілері әдісімен анықтайды. Осы кернеулер сыртқы әсерлерді теңестіріп, құралымдар элементтерінің көтергіштік қабілетін анықтайды.

Қосымша кернеулер дәріптелінген сұлбасында есепке алынбаған факторлардан (түйіндерде қысып бекітуін тудыратын байланыстырғыштар, элементтердің қосылыстарында қиылмауы және т.б.) пайда болады. Мұндай кернеулердің шамасы көп жағдайларда анықтауға келеді, бірақ есептеуде ескерілмейді. Себебі пластикалық деформациялары дамып пластикалық топса пайда болуы арқасында кернеулері қайта таралып төмендеуі мүмкін. Бұл жағдай құралымның жұмысын, қабылданған есептік сұлбасына жақындатады. Бұдан басқа да, көбінде мұндай кернеулердің негізгі кернеулерге қарағанда таңбасы теріс келеді, демек көтергіш элементтердің жүктемесін біршамаға азайтады.

Жергілікті кернеулер құралымдар элементтерінде сыртқы жергілікті әсерлерден (шоғырланған жүктемелерден, тірек реакцияларынан, жылжымалы жүктемелерден) немесе күш ағымының өзгеруі арқасында кернеулерінің шоғырлануы дамитын, қима түрінің күрт өзгеретін жерлерінде пайда болады.

Пластикалық деформациялардың өте дамытпауы, жарықшақтардың пайда болдырмауы немесе жұқа қабырғалы элементтердің орнықтылығын жоғалтпауы үшін жергілікті кернеулердің бірінші түрі әдетте есептеуде ескерілмейді.

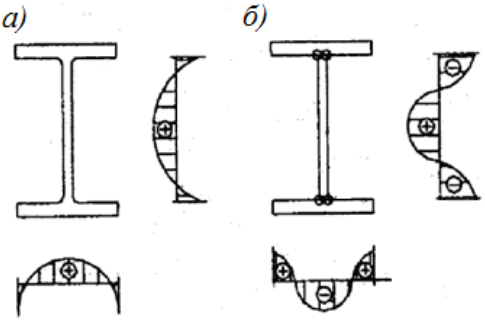


2.1-сурет. Жергілікті кернеулер: *а* – шоғырланған жүктемелер түскен жерлерде; *б* – кран доңғалағының астында

Кернеулердің шоғырлануынан болатын жергілікті кернеулердің екінші түрі әдеттегі температура және статикалық әсерлер кезінде құралымдардың көтергіштік қабілетіне елеулі әсерін тигізбейді, сондықтан оларды ескермеуге болады. Бірақ та төмен температура және динамикалық әсерлер кезінде кернеулердің шоғырлануы морт қирауына ұшыратуы мүмкін. Жобалау кезінде бұл құбылысты, болаттың тиісті маркасы мен конструктивтік түрін қабылдап, есепке алу керек. Және де кернеулердің шоғырлануы вибрациялық беріктігін төмендетеді.

Бастапқы кернеулер прокаттағаннан кейін, пісірілгенде бір қалыпты суымауы нәтижесінде немесе алдында элементтің пластикалық жағдайында жұмыс жасағаны арқасында пайда болады. Бұл кернеулерді олардың табиғатына сәйкес ішкі, меншікті немесе қалдықты деп атауға болады. Сыртқы күштердің кернеулері мен бастапқы кернеулердің үйлесімі нәтижелік кернеулердің есептік шамасынан елеулі ажырасуына келтіреді.

Егер мұндай кернеулердің сызықтық өрісі бағыты бойынша негізгі кернеулердің өрісімен сәйкес келсе, онда олар беріктігіне қауіп төндірмейді. Бастапқы кернеулер өзіндік теңдес болғандықтан, негізгі кернеулермен қосылып олар пластикалық деформациялардың дамуын кейбір нүктелерінде тездетсе басқаларында бәсеңдетеді. Дегенмен орнықтылығын және деформациялығын бағалаған кезде оларды елемеуге болмайды. Егер жазық немесе көлемді кернеуленген жағдайының өрісі пайда бола қалса, онда морт қирау қауіпі туады.



2.2-сурет. Прокатталған (*а*) және пісірілген (*б*) элементтердегі бастапқы кернеулердің эпюрлері

Шартты деформацияларды $\varepsilon_r = \sigma_r / E$ сыртқы жүктеменің деформациясымен қосып құралымдардың есептеуінде σ_r қалдық кернеулерді ескеруге болады.

2.11. Ортадан жүктелген элементтердің жұмысы және беріктікке есептеуі

Ортадан созылған элементтің жүктемеге жұмысы, материалдың созу диаграммасына толығымен сәйкес келеді. Ортадан созу тартпаларда, аспаларда, түйіндері топсалы фермалардың бірсыпыра элементтерінде пайда болады.

Созылған элементтер серпімді жұмысы кезінде мына формула бойынша есептеледі

$$\sigma = \frac{N}{A_n} = R_y \gamma_c , \qquad (2.20)$$

мұндағы R_y – аққыштық шегі бойынша есептік кедергісі; N – есептік жүктемеден бойлық күш. Қирауы осалданылған (мәселен, бұрамаларға немесе тойтармаларға арналған тесіктермен) қимасы бойынша үзілу арқылы болады. Осы себептен беріктігі көлденең қиманың нетто ауданы бойынша

тексеріледі $A_n = A\text{-}A_{oc}$. Бұл жерде A – көлденең қиманың жалпы ауданы, A_{oc} – осалдану ауданы.

Металы серпімді жұмыс шегінен асқаннан кейін де пайдалануын жалғастыруға болатын ортадан созылған элементтер, $R_u/\gamma_u > R_y$ болған кезде, беріктікке мына өрнекпен есептеледі

$$\sigma = \frac{N}{A_n} \le \frac{R_u \gamma_c}{\gamma_u}, \qquad (2.21)$$

мұндағы R_u – болаттың уақытша кедергісі бойынша есептік кедергісі; $\gamma_u = 1{,}3$ – беріктікке уақытша кедергісі бойынша есептелетін құралымдар элементі үшін сенімділік еселеуіш, алюминий қортпалары үшін $\gamma_u = 1{,}46$.

Өстік күшпен сығылған стержіндер шекті жағдайлардың бірінші тобы бойынша:

а) ұзындығы көлденең қимасының ең кіші өлшемінен 5-6 еседен артық аспайтын қысқа стержіндер беріктігі бойынша;

ә) ұзын, иілгіш стержіндер орнықтылығы бойынша есептеледі.

Беріктікке ортадан сығылған элементтер созылғандары сияқты есептеледі

$$\sigma = \frac{N}{A_n} \le R_y \gamma_c .$$

Майысатын элементтердің шекті жағдайлары және есептеуі

Майысатын элементердің шекті жағдайының бірінші тобы – көтергіштік қабілетімен (яғни тұтқыр немесе шаршап қирауы және орнықтылығын жоғалтумен) және пластикалық деформацияларының аса дамуымен; екінші тобы құралымдарды қалыпты жағдайларында пайдалануын бұзатын, үлкен серпімді деформациялардың дамуымен анықталады.

2.12. Майысатын элементтерді серпімділік аралығында есептеу

Беріктігі жоғары болаттан және алюминий қорытпаларынан әзірленілген құралымдарда пластикалық деформациялары уақытша кедергісіне жақын таялған кернеулері кезінде дамиды, яғни бұл кернеулерді есепте қолдану қауіп төндіреді. Осы себептен мұндай құралымдар серпімді жұмыс кезеңі бойынша есептеледі. Бұл кездегі шекті жағдайы максималды тік және жанама кернеулерінің аққыштық шек мәніне жетумен анықталады. Осыған сәйкес элемент басты жазықтарының біреуінде майысқан кезінде беріктігі мына формуламен тексеріледі

$$\frac{M}{W_{n,\min}} \le R_y \gamma_{c,} \qquad (2.22)$$

мұндағы M – есептік жүктеме бойынша анықталған максималды майыстырушы момент; $W_{n,min}$ – элементтің серпімді жұмыс кезеңі бойынша анықталған осалданған қимасының минималды кедергі моменті; R_y – аққыштық шегі бойынша анықталған, майысуға есептік кедергісі; γ_c – жұмыс шарттары еселеуіші.

Майысатын элементтердің есептік қималарындағы жанама кернеулер мәні мына шартты қанағаттандыруы керек

$$\tau = \frac{Q \cdot S}{J \cdot t} \le R_s \, \gamma_c, \qquad (2.23)$$

мұндағы Q – есептік жүктеме бойынша анықталған көлденең күш; S – ысырылатын қима бөлігінің бейтарап осіне қатысты статикалық моменті (брутто); I – элементтің брутто қимасының бейтарап осіне қатысты екпін моменті; t – арқалық кабырғасының қалындығы; $R_s = 0{,}58\ R_y$ – материалдың ығысуға есептік кедергісі.

Элементтердің екі басты жазықтықтарында майысқан кезінде беріктігі былай тексеріледі

$$\frac{M_x}{J_{xn}} \cdot y \pm \frac{M_y}{J_{yn}} \cdot x \le R_y \gamma_c , \qquad (2.24)$$

мұндағы M_x пен M_y – х-х, у-у осіне қатысты әсер ететін сәйкес есептік майыстырушы момент; I_{xn} пен I_{xy} – х-х, у-у осіне қатысты осалданған қиманың екпін моменті; х пен у – қарастырылатын қима нүктелерінің басты остеріне қатысты координаттары.

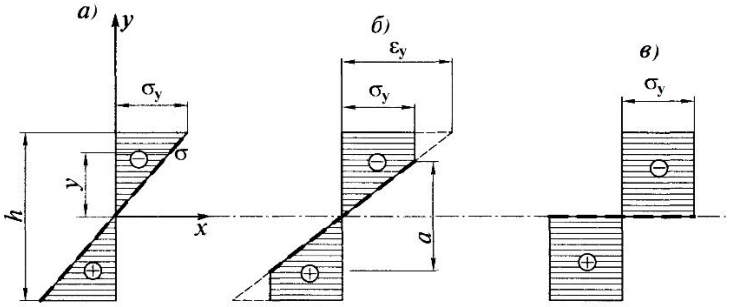
Тік және жанама кернеулер бірге әсер еткен кезде келтірілген кернеуі σ_{red} аққыштық шегіне тең болғанда аққыштық пайда болады

$$\sigma_y = \sigma_{red} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \le R_y \gamma_c . \qquad (2.25)$$

Егер жанама кернеулер шамасы аздау болса, онда материалдың аққыштығы қиманың шеткі жиегінен басталады. Көлденең күш басым келгенде материалдың аққыштығы бейтарап осінен басталып, майысатын элементтің көтергіштік қабілеті ертерек жоғалады.

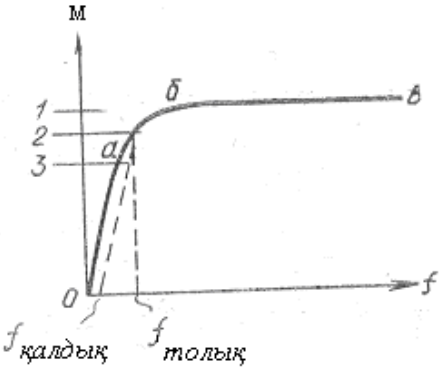
2.13. Майысатын элементтердің пластикалық деформациялары дамығаны ескерілген кездегі жұмысы және есептеуі

Азкөміртекті және беріктігі көтеріңкі болаттардан әзірленіп, жалпы және жергілікті орнықтылықтары қамтылған қимасы тұрақты (прокатты немесе дәнекерленген) арқалықтардың көтергіштік қабілеті пластикалық деформациялары дамығанда жоғалтады. Мұндай майысатын элементтерде, серпімді жұмысы біткеннен соң, пластикалық деформациялары қиманың ортасына қарай тарала бастайды. Шекті жағдайында олар қиманы толығымен өтіп шығуы арқасында пластикалық топсаны құрайды.



2.3-сурет. Майысқан кездегі кернеу эпюрлерінің өзгеру реті:
а – серпімді жағдайы; б – серпімдіпластикалық жағдайы; в – пластикалық топса

Пластикалық топсада қима толығымен аққыштық күйде болады, сондықтан майысатын элемент топса осін айналған сияқты бейтарап осін айналып бұрыла алады. Пластикалық топса майыстырушы моменттің әсер ету бағытында ғана жұмыс істей алады. Момент кері бағытта әсер етсе кернеу азайып материал қайтадан серпімділігіне келеді де пластикалық топса тұйықталады. Әдеттегі топсадан айырмасы – пластикалық топсада момент нөлге тең емес.



2.4-сурет. Майысатын элементтердің жүктелген кездегі жұмысы (арқалықтың майысымы)

Пластикалық топса күйіне сәйкес келетін, ішкі күштердің шекті моменті

$$M = \sigma_y \int ydA = \sigma_y 2S, \qquad (2.26)$$

мұндағы S – кима жартысының бейтарап осіне катысты статикалық моменті материалдың серпімді жұмысы кезеңінде әдеттегі формуладан табылған шекті момент

$$M = \sigma_y W_{n\,min.}$$

Осы екі формулаларды салыстырсақ "2S" пластикалық кедергі момент міндетін атқаратындығын байқауға болады, яғни $W^{pl} = 2S$.

Пластикалық кедергі моменті серпімділік кедергі моментінен көбірек болады. Бұл айырмашылық, бейтарап осінің маңайында материал орналасуы көбейген сайын, арта түседі.

ҚМжЕ [4] сәйкес аққыштық шегі 530-МПа-ға дейін болаттан әзірленген тұтас қималы қиылатын аркалықтар, статикалық жүктемені қабылдап олардың жалпы және жергілікті орнықтылығы қамтылса, онда беріктікке пластикалық деформациялары дамуын ескерумен есептеледі: басты жазықтықтарының біреуінде майысып, жанама кернеулері $\tau \le 0{,}9R_s$ (тірек қималарынан басқа) болған кезде

$$\frac{M}{c_1 W_{n\min}} \le R_y \gamma_c ; \qquad (2.27)$$

басты жазықтықтарының екеуінде майысып жанама кернеулері $\tau \le 0{,}5R_s$ (тірек қималарынан басқа) болған кезде

$$\frac{M_x}{c_x W_{xn\min}} + \frac{M_y}{c_y W_{yn\min}} \le R_y \gamma_c , \qquad (2.28)$$

$\tau \le 0{,}5R_s$ болған кезде жанама кернеулердің пластикалық деформация дамуына тигізетін ықпалы шамалы келеді, сондықтан $c_1 = c$ деп қабылданады.

$0{,}5R_s < \tau \le 0{,}9R_s$ болған кезде

$$c_1 = 1{,}05\beta \cdot c,$$

мұндағы $\tau = \dfrac{Q}{t \cdot h}$; $\beta = \sqrt{\dfrac{1-(\dfrac{\tau}{R_s})^2}{1-\alpha(\dfrac{\tau}{R_s})^2}}$;

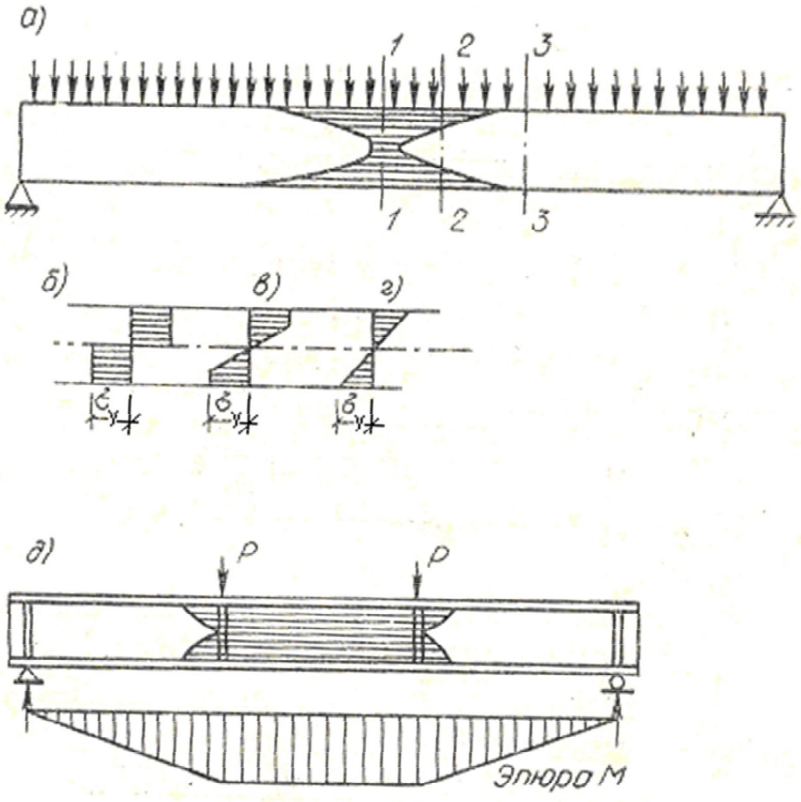
M, M_x, M_y – майыстырушы моменттердің абсолюттік мәндері; α – қабырғасы жазықтығында майысқан қоставрлы қима үшін 0,7-ге тең еселеуіш, басқа қима түрлері үшін α = 0; c, c_x, c_y – пластикалық деформациялар дамуын есепке алатын еселеуіштер. Олар қима түріне және арқалықтың сөресі мен қабырғасы аудандарының арақатынасына A_f/A_ω байланысты КМжЕ [4] 6, б-кестесі бойынша қабылданды.

Келтірілген формулалар бойынша, материалдың пластикалық деформациясы майысатын элементтің шамалы ұзындығында таралған кезде ғана, шекті жағдайын тексеруге болады (мәселен, жүктеме біркелкі таралған кезде). Пластикалық деформация едәуір ұзындығына таралған кезде (мәселен, таза майысу аймағы бар болғанда) жалпы майысым деформациясы өте үлкен болып, пластикалық деформация толық қимаға таралғанға дейін, майысатын элемент пайдалануға жарамайтын жағдайға жетеді.

Мұндай жағдайларда өте үлкен деформациялардың дамуын болдырмау үшін, металдың толық қимасы бойынша пластикалық деформациясының дамуына жол берілмейді. Ол үшін, жалпы деформацияға-майысымға шек қоятын, қимада серпімді аймақ қалдырылады. Мұндай жағдайларда есепке серпімді және пластикалық кедергі моментінің аралық мәні енгізіледі

$$\frac{W + W^{\rho\ell}}{2} = \frac{W + c\,W}{2} = 0,5\ \mathrm{W}\ (1+\mathrm{c}). \qquad (2.29)$$

Сондықтан ҚМжЕ [4]-ке сәйкес c, c_x, c_y коэффициенттерінің орнына $c_{1m} = 0,5\ (1+c)$, $c_{xm} = 0,5\ (1+c_x)$, $c_{ym} = 0,5(1+c_y)$ қабылданады.



2.4-сурет. Майысатын элементтердің жүктелінген кезіндегі жұмысы: *а – арқалықтың ұзындығы бойынша пластикалық деформациялардың дамуы; б, в, г – түрлі қималардағы кернеулер; д – таза майысу аймағында пластикалық деформациялардың дамуы*

2.14. Майысатын элементтерді пластикалық деформацияларының дамуын ескеру арқылы майыстырушы моменттермен көлденең күштердің бір мезгілдегі әсеріне есептеу

Әдетте майысатын элементтерде майыстырушы моменттің тік кернеулерінен басқа көлденең күштердің жанама кернеулері де пайда болады. Элемент басты жазықтарының біреуінде майысып $\tau \le 0{,}9R_s$ немесе екі басты жазықтықтарында майысып $\tau \le 0{,}5R_s = 0{,}5 \cdot 0{,}58\ R_y \approx 0{,}3R_y$ болған кезде, алдын ала қабылданған болжам бойынша материалдың аққыштығы майыстырушы момент тудырған тік кернеулер әсерінен пайда болады деп, пластикалық қасиеттерін пайдалана есептеуге болады.

Жанама кернеулер τ көбірек болған кезде көлденең күш майыса элементтің көтергіштік қабілетіне едәуір ықпалын тигізеді. Сондықтан оны есепке алу кажет. Тік және жанама кернеулер қатарымен әсер еткен арқалықтың пластикалық күйге ауысуы келтірілген кернеу арқылы анықталады

$$\sigma_y = \sigma_{red} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}\ . \qquad (2.30)$$

Бұл жағдайда аққыштық қима бойынша, тек кана тік кернеулер әсер еткендегісіне қарағанда, тезірек таралады τ көбейген сайын σ азая беретіндігі айкын, себебі $\sigma_{red} \le R_y$. Сондықтан қиманың шеті аққыштыққа жеткен кезде келтірілген кернеу эпюрі үшбұрыш түрінде емес дөңестеу келеді. Таза ысыру, яғни $\sigma = 0$; $\sigma_y = \sigma_{red} = \sqrt{3\tau^2}$ кезінде

$$\tau_y = \frac{\sigma_y}{\sqrt{3}} = 0{,}577\sigma_y \approx 0{,}6\sigma_y \qquad (2.31)$$

болғанда аққыштық бейтарап өсінен басталуы мүмкін.

Пластикалық топса құралған уақытта көлденең күші бар кездегі шекті момент $M^{Q}_{шек}$ көлденең күші жоқ кездегі шекті моменттер $M^{0}_{шек}$ кем болады

$$(M^{Q}_{шек} < M^{0}_{шек}),\ \text{яғни}\quad m = \frac{M^{Q}_{шек}}{M^{0}_{шек}} \prec 1\ .$$

Бұл жағдай көлденең күшке де қатысты $n = \frac{Q^{м}_{шек}}{Q^{о}_{шек}} \prec 1,$ мұндағы $Q^{м}_{шек}$ – майыстырушы момент бірге әсер еткен кездегі шекті көлденең күш; $Q^{о}_{шек}$ – тек қана жалғыз көлденең күш әсер еткен кездегі шекті көлденең күш.

Майыстырушы момент пен көлденең күштің әсерлері бірге түскенде пластикалық топсаның пайда болу шарты *"m"* және *"n"* функциясымен анықталады. Осы *"m"* мен *"n"* шамаларды координаттар ретінде қарастырсақ, серпімді және пластикалық күйлер аймағын бөлетін қисық сызылады. Зерттеулер нәтижесінде шекті қисық сызық теңдеуі мына түрде алынған

$$m^2 + n^2 - am^2n^2 = 1, \qquad (2.32)$$

қоставр үшін a =0,8 … 0,9.

$M^{0}_{шек} = \sigma_y W^{p\ell}$; $M^{Q}_{шек} = \sigma W$, себебі көлденең күш Q бар кезде $\sigma < \sigma_y$

$$m = \frac{M^{Q}_{шек}}{M^{o}_{шек}} = \frac{\sigma \cdot w}{\sigma_y w^{p\ell}} = \frac{\sigma}{\sigma_y}\psi\ ; \qquad (2.33)$$

қоставр үшін $\psi = \frac{W}{W^{p\ell}} = 0{,}89$.

Көлденең күшті негізінде қабырға қабылдайды деп санасақ $Q^{0}_{шек} = \tau_y \cdot A_w = \frac{\sigma_y}{\sqrt{3}} A_w$; $Q^{M}_{шек} = \tau_{op} A_w$, мұндағы $\tau_{op} = Q / A_w$ –

қабырғадағы орташа кесу кернеуі; A_w – арқалық қабырғасының қима ауданы.

$$n = \frac{Q^{м}_{шек}}{Q^{0}_{шек}} = \frac{\tau_{ор} A_w}{\frac{\sigma_y}{\sqrt{3}} A_w} = \frac{\tau_{о р}\sqrt{3}}{\sigma_y}. \qquad (2.34)$$

$''m''$ мен $''n''$ мәндерін шекті қисық сызық теңеуіне (2.32) еңгізіп, $\sigma_y=R_y$ екендігін ескере отырып өрнектеген соң аламыз:

$$\sigma^{\ m}_{red} = \sqrt{0{,}75\sigma^2 + 3\tau^2_{ор}(1 - 0{,}5\frac{\sigma^2}{R^2_y})} \le R_y\gamma_c$$ – қоставрлы арқалықтар қабырғаларында пластикалық топса пайда болған мезгілге сәйкес келетін келтірілген кернеу, мұндағы $\sigma = \frac{M}{W}$ – материалдың серпімді жұмысы кезіндегі арқалық қабырғасы шетіндегі ең үлкен кернеу; $\tau_{ор} = \frac{Q}{h_w t} = \frac{Q}{A_w}$ – арқалық қабырғасындағы орташа жарнама кернеу.

Екі бағыттағы σ_x пен σ_y тік кернеулер мен жанама кернеулер τ бірге әсер еткенде шекті қисық сызық тендеуін (33) дәл шығару күрделі болып келеді. Сондықтан есептеуді оңайлату үшін ҚМжЕ [4] сәйкес келтірілген кернеу киманың ең кернелген нүктесіндегі аққыштық бойынша тексеріледі, ал пластикалық топса пайда болуы есептік кедергісін 15 %-ға молайту арқылы есепке алынады:

$$\sigma^{\ ш}_{red} = \sqrt{\sigma^{\ 2}_x + \sigma^{\ 2}_y - \sigma_x\sigma_y + 3\tau^{\ 2}_{xy}} \le 1{,}15\, R_y\gamma_c. \qquad (2.35)$$

Мұнда мына шарт сақталуы керек $\sigma_x \le R_y$; $\sigma_y \le R_y$; $\tau_{xy} \le R_s$.

2.15. Ортадан тыс жүктелген сырықтарды серпімді және серпімдіпластикалы кезеңдерінде беріктікке есептеу

Ортасынан тыс созылған және қысқа ортасынан тыс сығылған элементтердің шекті жағдайларының бірінші тобы беріктігі бойынша немесе пластикалық деформацияларының тым дамуымен, ал иілгіш (яғни ұзын) ортасынан тыс сығылғандар – орнықтылығын жоғалтумен анықталады.

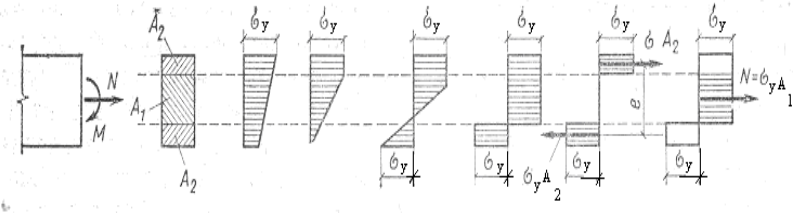
Ортасынан тыс сығу және ортасынан тыс созу жағдайлары есептік қимада майыстырушы момент пен бойлық сығу немесе созу күштері бір мезгілде әсер еткенде пайда болады.

Ортасынан тыс сығылған (сығыла-майысқан) және ортасынан тыс созылған (созыла-майысқан) құралымдар элементтері, $\sigma_y > 530$ МПа беріктігі жоғары болаттан әзірленген кезде, жүктемелердің барлық түрлерінде және дағдылы беріктіктегі мен беріктігі көтеріңкі болаттан әзірленген құралымдар элементтері динамикалық әсерге ұшырағанда беріктікке серпімді жұмыс сатысында есептеледі. Мұнда шекті жағдайлары фибрлік кернеулері есептік кедергіге жеткенде түседі

$$\sigma = \frac{N}{A_n} \pm \frac{M_x}{I_{x,n}} y \pm \frac{M_y}{I_{y,n}} x \le R_y \gamma_c . \qquad (2.36)$$

Ортасынан тыс созылған мен ортасынан тыс сығылған азкөміртекті болаттан және $\sigma_y < 530$ МПа-ға дейінгі беріктігі көтеріңкі болаттан әзірленген элементтер үшін статикалық жүктемелер әсеріне беріктігі пластикалық деформациялар дамуын ескерумен есептеледі.

Майыстырушы моментпен бойлық күш бірлесіп әсер еткен кезде, майысқан элементтердегідей, пластикалық деформацияның дамуы пластикалық топса пайда болуына келтіреді (2.5-сурет). Бірақ бұл жағдайда пластикалық деформация даму үрдісінде бейтарап осінің орны созылған жаққа қарай жылжи береді.



2.5-сурет. Майыстырушы момент пен бойлық күш бірлесіп әсер еткен кезде пластикалық топсаның құралуы

Майыстырушы момент пен бойлық күштің көбеюіне қарай элементтің жоғары жағындағы кернеуі өсіп σ_y аққыштық шегіне жетеді, сонан соң оның дамуы тоқтайды. Жүктеме одан әрі өскен сайын пластикалық қиманың сол жоғарғы бөлігі бойынша жайыла береді. Осы кезде қиманың төменгі жағындағы кернеуі де аққыштық шегіне жетіп, пластикалық осы жағына да жайыла бастайды. Шекті жағдайға, пластикалық толық қима бойына таралғандағы кернеу эпюрі сәйкес келеді. Осыдан кейін моментті немесе бойлық күшті өсіру мүмкін емес.

Кернеулер эпюрінің сығылған және созылған аудандары айырымының σ_y аққыштық шегіне көбейтіндісі шекті бойлық күшке тең

$$N^{шек} = \sigma_y \cdot A_1. \qquad (2.37)$$

Шекті момент қиманың жоғарғы мен төменгі бөліктеріндегі екі бірдей кернеу аудандарымен анықталады

$$M^{шек} = \sigma_y \cdot A_2 \cdot e, \qquad (2.38)$$

мұндағы A_1, A_2 – суретте көрсетілген қима бөліктерінің аудандары; e – A_2 - аудандарының ауырлық орталары арасындағы арақашықтық.

Сонымен пластикалық кезеңінде бойлық күштен және майыстырушы моменттен пайда болатын кернеулерді шартты түрде бөлуге болады. Бойлық күштің кернеулері қиманың ортаңғы $A_1 = A - 2A_2$ бөлігінде орналасса, майыстыру моментінің кернеулері қиманың шеткі A_2 аудандарында орналасады.

Пластикалық топса дамыған кезде момент бар кездегі шекті бойлық күштің $N^{м}_{шек}$ және момент жоқ кезіндегі $N^{0}_{шек}$ арақатынасы келесі қатынаспен анықталады

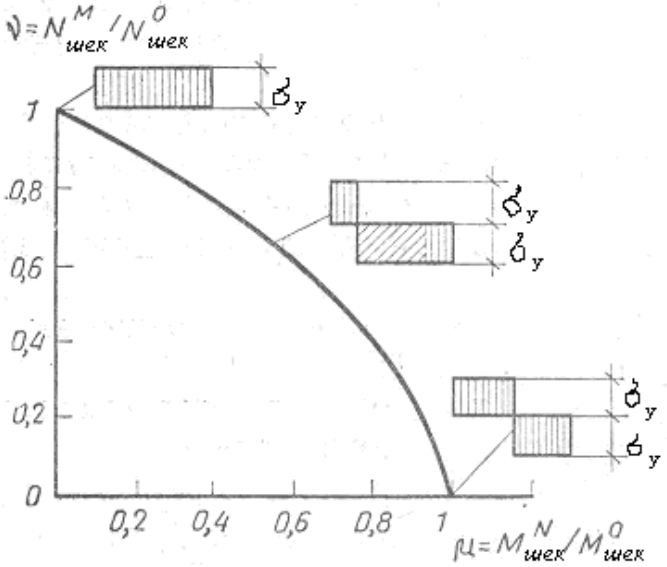
$$\upsilon = N^{M}_{пр} / N^{o}_{пр} \prec 1, \qquad (2.39)$$

ал бойлық күш бар кездегі $M^{N}_{шек}$ мен оның жоқ кезіндегі $M^{0}_{шек}$ шекті моменттердің арақатынасы мына өрнекпен анықталады

$$\mu = M^{N}_{пр} / M^{o}_{пр} \prec 1. \qquad (2.40)$$

Тік бұрышты қима үшін осы қатынастардың арасындағы байланыс мына параболамен көрсетіледі

$$\upsilon^2 + \mu = 1. \qquad (2.41)$$



2.6-сурет. M мен N бірге әсер еткен кезде материалдың пластикалық күйге ауысу шекарасының қисық сызығы

Қоставрлы қималар үшін бұл тәуелділік түзу сызыққа жақындау. Ол $\upsilon^2 + \alpha\ \mu\upsilon + \mu = 1$ түрде көрсетіледі, мұндағы α – қоставрлы қима бойынша материалдың таралу сипаттамасымен анықталатын коэффициент.

Сырық екі момент M_x, M_y пен тік күштің бірлескен әсеріне жұмыс істеген кезінде де осындай амал пайдалануға болады.

Пластикалық топсаның құралуы деформацияны шексіз өсуіне келтіріледі. Құралымдардың пайдалануға жарауын қамту үшін M мен N бірге әсер еткенде беріктігі, майысатын элементтердегі сияқты, шектелген пластикалық деформациялары бойынша тексеріледі. $\tau < 0{,}5R_s$ және $N/A_nR_y > 0{,}1$ кезінде

$$(\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{A}_n R_y \gamma_c})^n + \frac{\mathrm{M}_x}{C_x W_{xn,\min} R_y \gamma_c} + \frac{\mathrm{M}_y}{C_y W_{yn,\min} R_y \gamma_c} \le 1, \quad (2.42)$$

мұндағы n, c_x, c_y – пластикалық деформациялардың даму дәрежесін есепке алатын еселеуіштер. Олардың мәндері [4] ҚМжЕ 5-қосымшасында келтірілген. Басқа жағдайларда есептеуді мына формула бойынша орындау керек

$$\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{A}_n} \pm \frac{\mathrm{M}_x}{\mathrm{I}_{nx}} y \pm \frac{\mathrm{M}_y}{\mathrm{I}_{ny}} x \le R_y \gamma_c .$$

2.16. Болат құралымдар элементтерінің морт қирауын ескерумен беріктікке есептеу

Болаттың морт кирауы пластикалық деформациялардың дамуы шамалы және кернеулері төмендеу кезінде өтеді.

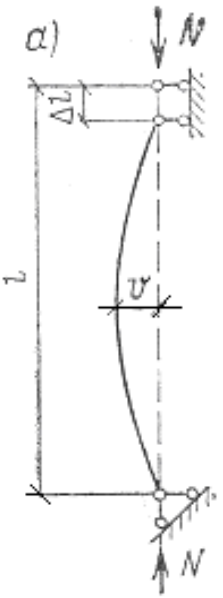
ҚМжЕ [4] сәйкес температурасы -30-дан -65 °С-ға дейінгі климаттық (ауарайылық) аудандарда тұрғызылатын ортасынан, ортасынан тыс созылған элементтер және құралымдардың майысатын элементтерінің созылатын аймақтары беріктікке морт қирауға кедергісін ескерумен есептеу керек

$$\sigma_{max} \le \beta \frac{R_u}{\gamma_u}, \qquad (2.43)$$

мұндағы σ_{max} – нетто қимасы бойынша анықталған элементтің есептік қимасындағы ең үлкен созушы кернеу; R_u – болаттың уақытша кедергісі бойынша есептік кедергісі; β – конструктивтік түрін, болаттың аққыштық шегін және пайдаланған кездегі есептік температураны ескеретін еселеуіш, ол [4] ҚМжЕ-нің 84-кестесі бойынша қабылданады; γ_u – уақытша кедергісі бойынша есептеген кездегі сенімділік еселеуіш.

2.17. Ортасынан сығылған сырықтардың орнықтылығы

Металл құралымдардың көтергіштік қабілетінің тамамдалуы тек беріктік шегіне жеткендіктен ғана емес, орнықтылығын жоғалтқаннан да болады. Ортасынан түсірілген күшпен сығылған иілгіш сырық бастапқы кезде түзу болып қала береді. Ол тіпті жасанды түрде шамалы қисайтылса да, қисайту себебі кетірілгеннен соң сырық бастапқы түзу күйіне қайта оралады (сырық орнықты тепе-теңдікте). Бұл жағдай сыртқы күштің сырықты майыстырылған күйінде ұстап тұралмайтындығына, яғни сығылған сырықтың майысу деформациясы "V" жұмысының, сырық ұштарын жақындату үшін жұмсалған бойлық күштің сыртқы "T" жұмысынан басымдылығына байланысты $T = \Delta\ell \cdot N$ (2.7-сурет).



2.7-сурет. Ортасынан сығылған сырық

Сыртқы N жүктемені одан әрі көбейткенде, майысу деформациясының жұмысы мен сыртқы күш жұмысы тең

V = T болатын кез туады. Осы жағдайда стержін жасанды түрде шамалы қисайтылып, қисайту себебі жойылғаннан соң ол майысқан түрінде қала береді, яғни сырткы күш өзінің аумалы (критикалық) мәніне жетеді $N = N_{cr}$. Осыдан әрі жүктеменің кішкентай болса да көбеюі сырықтың деформациясын күрт өсіріп, көтергіштік қабілетінің жоғалуына келтіреді. Сырықтың орнықты түрінен орнықсызға ауысқан мезгілдегі күш аумалы (критикалық) күш деп аталады. Ортадан сығылған ұштары топсалы тірелген серпімді сырық үшін аумалы күшті 1744 жылы Л.Эйлер алғашқы анықтаған (негізгі жағдай)

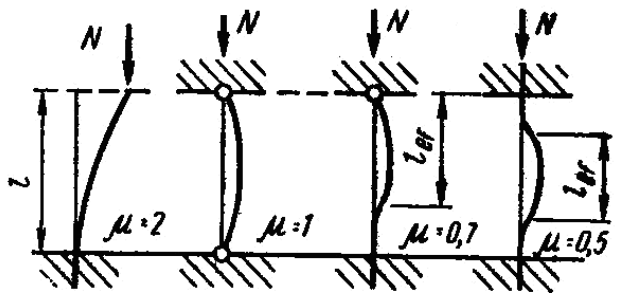
$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \mathrm{E} \mathrm{I}_{\min}}{\ell_{ef}^2}. \qquad (2.44)$$

Сәйкес аумалы кернеу

$$\sigma_{cr} = \frac{\mathrm{N}_{cr}}{\mathrm{A}} = \frac{\pi^2 \cdot \mathrm{E} \cdot \mathrm{I}_{\min}}{\ell_{ef}^2 \cdot \mathrm{A}} = \frac{\pi^2 \cdot \mathrm{E} \cdot i_{\min}^2}{\ell_{ef}^2} = \frac{\pi^2 \mathrm{E}}{(\ell_{ef} / i_{\min})^2} = \frac{\pi^2 \mathrm{E}}{\lambda^2}, \quad (2.45)$$

мұндағы $\ell_{ef} = \mu \cdot \ell$ – есептік ұзындығы; μ – сырықтың толық ұзындығын есептікке келтіру еселеуіші. Оның мәні сырықты бекіту және оны жүктеу шартына байланысты қабылданады; A – көлденең қимасының ауданы; $i_{\min} = \sqrt{I_{\min} / A}$ – қиманың инерция радиусы; $\lambda = \ell_{ef} / i_{\min}$ – сырықтың иілгіштігі.

Осы формуладан аумалы кернеулердің тек қана сырықтың иілгіштігіне тәуелді екені байқалады, себебі π мен E тұрақты шамалар. Бұл тәуелділік тек серпімді деформациялар аралығында, яғни $\sigma_{cr} \le \sigma_p$ және $\lambda \ge \pi \sqrt{\frac{E}{\sigma_p}}$ кезінде ғана орынды.



2.8-сурет. Сырықты бекіту тәсіліне байланысты келтіру еселеуішінің өзгеруі

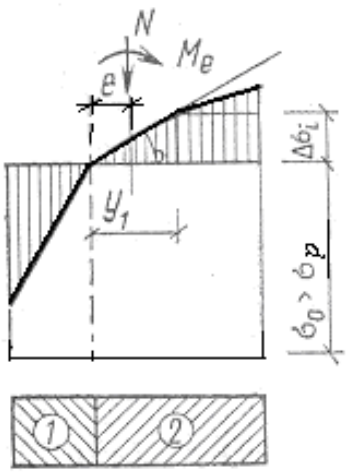
С 235 болат үшін пропорционал шегі σ_p = 200 МПа, серпімділік модулі $E = 2{,}06 \cdot 10^5$ МПа екенін есепке ала отырып, жоғарыда келтірілген формуладан Эйлер тәуелділігіне тура болатын ең кіші иілгіштікті табуға болады

$$\lambda_{\min} = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{\sigma_p}} = \sqrt{\frac{3{,}14^2 \cdot 206000}{200}} \approx 105. \qquad (2.46)$$

Басқа болаттар үшін, пропорционал шектері жоғары болғандықтан, ең кіші иілгіштіктің мәні аздау келеді.

Иілгіштігі кемдеу сырықтар орнықтылығын пластикалық деформациялары дамыған кезде жоғалтады $\sigma_p < \sigma_{cr} < \sigma_y$. Сырықтың түзу сызықты түрі сақталғанға дейін, кернеу қима бойынша біркелкі таралады (σ_o). Кездейсоқ себептен сырық түзу сызықты жағдайынан ауытқып қисайған кезінде осы кернеулерге майысу кернеулері қосылады (2.9-суреттегі жуан сызық). Майысудан қосымша сығылған жағында материал серпімдіпластикалы сатысында жұмыс жасайды. Ал, майысудан созылған жағында кернеуі кемиді, бұл кезде материал серпімді жұмыс жасайды (2.9-сурет). Сонымен қиманың бір бөлшегі ① серпімділік Е модулімен серпімді сатысында, қалған бөлшегі ② – деформация E_{pl} модулімен серпімдіпластикалы сатысында жұмыс жасайды. Серпімділік модулі деформация модулінен

басым болғандығынан ($E > E_{pl}$) сырық майысқан кезінде бейтарап осі созушы кернеу жағына қарай ығысып, N бойлық күште біршама эксцентриситет ″*e*″ пайда болады.



2.9-сурет. Орнықтылығы жоғалған кезде кернеулердің таралуы

Сыртқы күштер моментінің өсімшесі $\Delta M_e = N \cdot e$ ішкі кернеулер моментінің өсімшесінен $\Delta M_i = \int_A \Delta\sigma_i \cdot y_i dA$ кем болған кезі бойынша сырық орнықтылығын сақтайды. Аумалы (критикалық) жағдайында олар теңеседі $\Delta M_e = \Delta M_i$.

Бейтарап осі қиманы модулдері әртүрлі бөлшектерге бөледі. Бұл жағдайда сырықтың ″I″ инерция моментін ″T″ келтірілген модуліне көбейтіп сырықтың келтірілген қатаңдылығын табуға мүмкіндік береді $TI = EI_1 + E_{pl}^{opt} I_2$. Осыдан келтірілген модул

$$T = \frac{EI_1 + E_{pl}^{opt} I_2}{I}, \qquad (2.47)$$

мұндағы I_1 мен I_2 – серпімді және серпімді пластикалы бөлшектер қимасының бейтарап осіне қатысты инерция моменті;

E_{pl}^{opm} – қиманың қосымша жүктелген ② бөлшегінің пластикалық модулінің орталандырылған шамасы; I – жалпы инерция моменті.

Тұрақты серпімділік Е модулінің орнына айнымалы келтірілген Т модулін пайдаланып, Эйлер формуласын осы жағдайға да таратуға болады

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 T}{\lambda^2}. \qquad (2.48)$$

Келтірілген амал жүктеменің тұрақты кезінде ($\Delta N = 0$) ортасынан сығылған сырықтың орнықтылық есебін шығаруға мүмкіндік береді.

Жүктеме көбее беретін жағдайда ($\Delta N > 0$) серпімділік заңы бойынша қима жүктемесінің азаюы болмайды, қима толығымен айнымалы деформация E_t модулімен серпімді пластикалық сатысында жұмыс жасайды. Сонда аумалы кернеуін мына формула бойынша табуға болады:

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E_t}{\lambda^2}. \qquad (2.49)$$

Нақтылы құралымдардың жүк түсуінде, остік сығудан басқа майыстыруды да тудыратын, әрдайым эксцентриситеттер, бастапқы майысымдар болады. Осы факторларды есепке алу үшін, остік күшпен сығылған сырықтардың орнықтылығы шамалы эксцентриситетпен ортасынан тыс сығылған сияқты есептеледі.

Остік күшпен сығылған сырықтардың орнықтылығын тексеру, қима бойынша біркелкі таралған кернеулерді, бастапқы эксцентриситетін ескере есептелген аумалы кернеумен салыстыруға келтіріледі

$$\sigma = N / A \le \sigma_{cr}. \qquad (2.50)$$

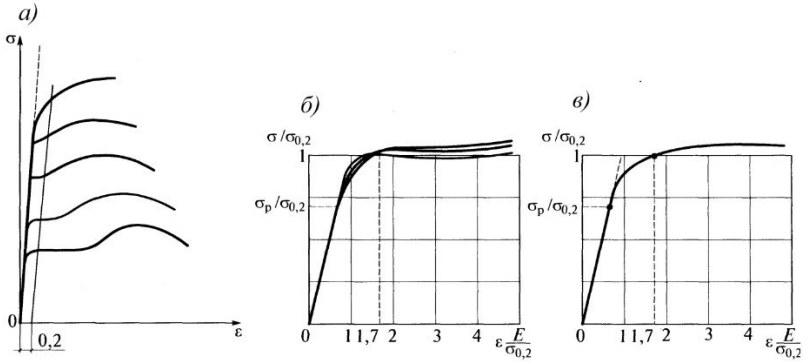
Есептеуді ыңғайлы жүргізу үшін аумалы кернеу болаттың есептік кедергісін бойлық иілу еселеуішіне көбейткен түрде қабылданады $\sigma_{cr} = \varphi \cdot R_y$.

Сонымен орнықтылық мына формула бойынша тексеріледі:

$$\sigma = \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{A}} \le \varphi \cdot R_y \gamma_c \quad \text{немесе} \quad \sigma = \frac{\mathrm{N}}{\varphi \cdot \mathrm{A}} \le R_y \gamma_c . \qquad (2.51)$$

Бойлық иілу еселеуіші иілгіштік пен болаттың есептік кедергісіне байланысты [4] ҚМжЕ-нің 72-кестесіне келтірілген.

Аумалы кернеу мен бойлық иілу еселеуіші болат жұмысының диаграммасы түріне байланысты. Диаграммалар әртүрлі болуы мүмкін (2.10, *а*-сурет). Әр болаттың нақты диаграммасының түрін есепке алу қиындыққа соғады. Сондықтан есептеуді жеңілдету үшін әлденеше диаграммаларды талдау негізінде бірыңғай унификацияланған диаграмма қабылданған (2.10 б, *в*-сурет).

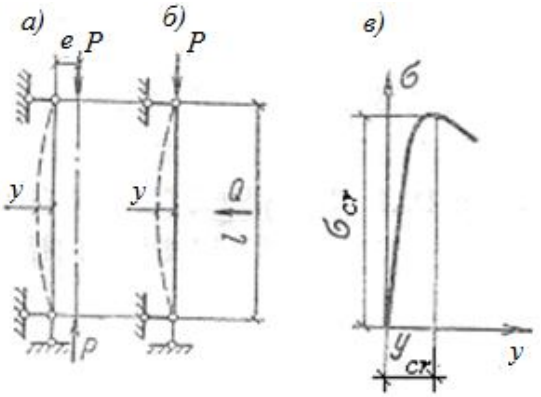


2.10-сурет. Болат жұмысының диаграммаларын унификациялау
а – әртүрлі болаттардың жұмыс диаграммасы; б – салыстырмалы координаттағы диаграммалар; в – унификацияланған диаграмма

Мөлшерлік құжаттарда құралым элементтерінің орнықтылығыа байланысты есептеріндегі барлық параметрлер шамалары осындай унификацияланған диаграмма негізінде алынған.

2.18. Ортадан тыс сығылған (сығыла-майысқан) элементтердің орнықтылығын тексеру

Сырыққа бойлық сығу күші өсіне қатысты ″e″ эксцентриситетпен әсер етсе, онда сырық ортадан тыс сығуға жұмыс жасайды. Ал, егерде сырыққа бір мезгілде остік сығу күшімен майысу тудыратын көлденең күш түсірілген болса, онда сырық сығыла-майысады. Бұл кездердегі элементтердің жұмысында, әсіресе иілгіштігі шамалы болған уақыттағы шекті жағдайларында, біраз айырмашылық болады. Бірақ есептеу әдісін жеңілдету үшін сығыла-майысқан сырықты, орнықтылығын тексерген кезде, күш e = M / N эксцентриситетпен түскен, ортасынан тыс сығылған ретінде қаралады.



2.11-сурет. Ортасынан тыс сығылған және сығыла-иілген сырықтардың орнықтылығы

а, б – жүктеу сұлбалары, в – сырық жұмысының диаграммасы

Ортасынан тыс сығылған кезде бойлық деформациядан басқа сырықтың майысу деформациясы да пайда болады. Ол жүктелгеннен басталып бойлық күш пен майыстырушы моменттің өсуімен бірге дами береді. Осы себептен мұндай сырықтардың есебін деформацияланған сұлбасы бойынша жүргізу керек.

Сырықтың ортасынан тыс сығылған кездегі жұмысының диаграммасында (2.11, в-сурет) қисық сызықтың өрлеген бөлігі

орнықты күйін, ал төмен түскен сызық бөлігі орнықсызды күйін сипаттайды. Көтергіштік қабілеті сырық қабылдай алатын сығу кернеуінің максималды мәніне тең.

Ортасынан тыс сығылған сырық орнықтылығының жоғалу жағдайы, ортасынан сығылғандағы сияқты алда келтірілген себептер негізінде анықталуы мүмкін. Ортасынан тыс сығылған сырықтың, бастапқы эксцентриситет пен сырық майысымына тәуелді бойлық күш моментінің ΔM_e өсімшесі ішкі күштеулер (кернеулер) моментінің ΔM_i өсімшесіне тең болған кезден орнықтылығының жоғалуы басталады

$$\Delta M_e = \Delta M_i.$$

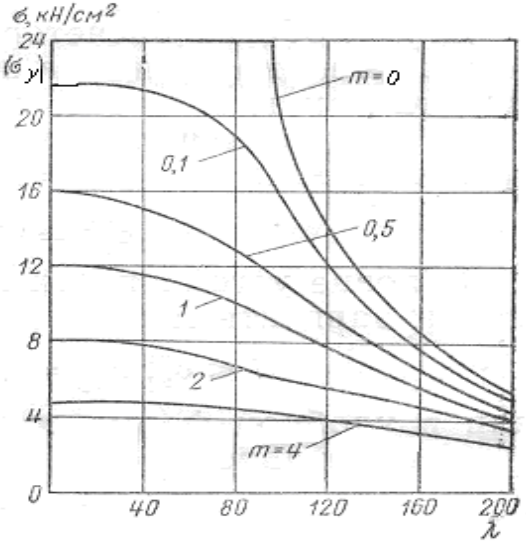
$$\int_A \sigma \cdot y \cdot dA + N(f + e) = 0 .$$

Мұндай сырықтардың аумалы кернеуі үш факторларға байланысты-иілгіштігіне, қимасының пішініне, эксцентриситетіне. Іс жүзіндегі есептерде абсолюттік емес, ядролық қашықтықтың бөлігімен көрсетілген ″m″ салыстырмалы эксцентриситетпен пайдаланған қолайлы $m = e/\rho$ (ρ – қиманың ортасынан ядро қимасының шеткі нүктесіне дейінгі қашықтық).

Тәжірибелік және ілімдік зерттеулер негізінде, ортасынан тыс сығылған сырықтар үшін аумалы кернеуінің иілгіштігі мен салыстырмалы эксцентриситетіне тәуелділігін көрсететін қисық сызықтар алынған (2.12-сурет). Салыстырмалы эксцентриситеті өскен сайын бойлық күшінің ықпалы азая түсіп, қисық сызықтың иілгіштіктен тәуелділігі кеми береді.

Әр қима пішіндері үшін қисық сызық аумалы кернеудің әр алуан мәндерін береді, бірақ жалпы түрде олардың бір-бірімен ұқсастығы қалады. Бұл жағдай тік бұрышты қиманың қисық сызығынан ″η″ қима түрінің әсері еселегішіне көбейтіп, басқа пішіннің кисық сызығына көшуге мүмкіндік береді. Осы ортасынан тыс сығылған сырықтың орнықтылығын жоғалтуы майыстырушы момент әсер еткен жазықтықта болған кездегіге қатысты. Ол иілмелі немесе жазық түрде орнықтылығын жоғалту деп аталады.

Іс жүзіндегі ортасынан тыс сығылған сырықтардың орнықтылығын тексеру әдісі, орташа кернеулерін σ = N/A орнықтылығын жоғалтқызатын аумалы кернеуімен салыстыруға келтіріледі.



2.12-сурет. Аумалы кернеулердің қисық сызықтары

Иілмелі түрде орнықтылығын жоғалтуы кезіндегі аумалы кернеу, есептік кедергісін ортадан тыс сығылған кезде есептік кедергісін төмендететін "φ_e" еселеуішіне көбейтілген көрсеткішке келтіріледі. Сонымен, ортадан тыс сығылған қимасы тұрақты сырықтардың момент әсер еткен жазықтықтағы орнықтылығы мына формула бойынша тексеріледі

$$\sigma = \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{A}} \le \sigma_{cr} = \varphi_e R_y \gamma_c \quad \text{немесе} \quad \sigma \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{A} \cdot \varphi_e} \le R_y \gamma_c, \quad (2.52)$$

мұндағы $\mathrm{N}-$ (e = M / N) эксцентриситетпен түсірілген бойлық күш;

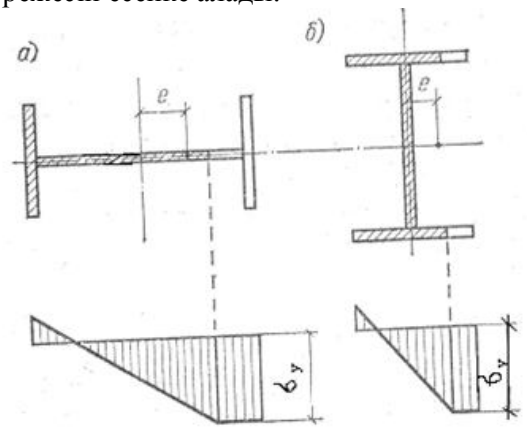
φ_e – ортасынан тыс сығылған кездегі есептік кедергілерін төмендететін еселеуіш. Ол тұтас қабырғалы сырықтар үшін $\bar{\lambda} = \lambda\sqrt{\frac{R_y}{E}}$ шартты иілгіштігіне және "m_{ef}" келтірілген салыстырмалы эксцентриситетіне байланысты ҚМжЕ-дің 74-кестесі бойынша анықталады

$$m_{ef} = \eta \cdot m,$$

мұнда m – салыстырмалы эксцентриситет $m = \frac{e}{\rho} = \frac{eA}{W_c}$;

$e = \frac{M}{N}$ – эксцентриситет; $\rho = \frac{W_c}{A}$ – ядро қимасының радиусы; W_c – ең сығылған талшық үшін қиманың кедергі моменті; η – қима түрінің ықпалын есепке алатын еселеуіш, ол [4] ҚМжЕ-нің 73-кестесі бойынша анықталады.

Қима түрінің ықпалын ескеретін еселеуіш "η" орнықтылығы жоғалған кезде пластикалық деформациялармен қиманың осалдану дәрежесін есепке алады.



2.13-сурет. Қоставрлы қимада пластикалық деформациялардың таралуы

а – эксцентриситет қабырғасы жазықтығында болған кезде;
б – эксцентриситет қабырғасына тікше орналасқан кезде

Қоставрлы қиманы қабырғасы жазықтығындағы эксцентриситетпен сыққан кезде сөре қалыңдығы бойынша аққыштық тез таралып, қима таврға айналады (2.13, *а*-сурет). Қиманың күрт осалдануы $\eta > 1$ еселеуішпен есепке алынады. Егер таврлы қима қабырғасына тікше жазықтықтағы эксцентриситетпен сығылса, онда пластикалық деформациялармен қимасы шамалы осалданады (2.13, б-сурет). Бұл жағдайда $\eta < 1$. Тік бұрышты қима үшін еселеуіш $\eta = 1$.

Ортасынан тыс сығылған өтпелі сырықтарда тармақтарының қимасы бойынша кернеулер біркелкі дерліктей таралады, яғни тармақтар ортадан сығуға жұмыс жасайды. Сондықтан қима түрінің ықпалын ескеретін еселеуіш "η" есепке алынбайды.

Көп жағдайдаларда эксцентриситеті ең үлкен қатандығы бар жазықтығында орналасқан кезде, сырық тек қана иіле қоймай қосымша тағы бұралып, қатаңдығы төмен бағытында, яғни әсер етуші моментке тікше жазықтықта орнықтылығын жоғалтады. Орнықтылығын жоғалтудың бұл түрі иіле-бұралмалы немесе кеңістікті деп аталады. Мұндай сырықтардың момент әсер ету жазықтығынан тыс орнықтылығы былай тексеріледі

$$\sigma = \frac{\mathrm{N}}{C \cdot \varphi_y \cdot A} \le R_y \gamma_c, \qquad (2.53)$$

мұндағы φ_y – сырықтың қатаңдығы төмен бағытында орнықтылығын жоғалтқан кездегі, ортадан сығылған сырық сияқты анықталған бойлық иілу еселеуіші. Ол λ_y иілгіштікке байланысты қабылданады ([4] ҚМжЕ-нің 72-кестесін қара); С – орнықтылығының иіле-бұралып жоғалуы түрін есепке алатын еселеуіш. Ол салыстырмалы эксцентриситетке және қима түріне тәуелді.

2.19. Майысатын элементтердің жалпы орнықтылығын тексеру

Арқалықтардың қирауы беріктігінің жетпегендігіне қарағанда орнықтылығын жоғалтудан жиірек болады.

Арқалықтың жалпы орнықтылығын жоғалту құбылысы ортасынан сығылған иілгіш сырықтардың, орнықтылығын жоғалтқанына ұқсас. Арқалыққа қабырғасы жазықтығында әсер ететін жүктемені тиеген кезде, ол бастапқыда тікеден-төмен қарай майысады, яғни арқалық өз жазықтығында иіледі. Сонан соң жүктеме критикалық (аумалы) шамасына жеткен сәтте ол бұралып майысу жазықтығынан шыға бастайды. Арқалықтың белдемелерінде пластикалық деформациялар пайда болады да оларды тез арада өте шығады. Жүктеме критикалық шамасынан сәл асқан кезінде арқалық көтергіштік қабілетін жоғалтады. Егер жүктемені, аркалық аралығының ортасына түскен, бір эквивалентті қадалған көлденең "Р" күшке келтірсек, онда қимасы симметрия арқалықтар үшін критикалық күшті мына түрде анықтауға болады

$$\mathrm{P}_{cr} = \frac{C}{\ell^2}\sqrt{\mathrm{E}I_y\left(GI_{\mathrm{K}} + \frac{\pi^2}{\ell^2}\mathrm{E}I_w\right)} = \frac{C}{\ell^2}\sqrt{\mathrm{E}I_y GI_K\left(1+\frac{\pi^2}{\alpha}\right)}, \quad (2.54)$$

мұндағы $\mathrm{EI_y}$ – жүктеменің әсер ететін жазықтығына тікше жазықтықтағы арқалықтың қатаңдығы; $\mathrm{GI_k} + \frac{\pi^2}{\ell^2}\mathrm{EI}_w$ – қысылып бұрылған кездегі қатаңдылық; G – ысыру модулі; $\mathrm{I_w}$ – секториалық инерция моменті; $\mathrm{I_к}$ – таза бұралған кездегі екпін моменті. Пластиналардан тұратын тұйықталмаған профильдер үшін (мәселен, қоставр үшін)

$$\mathrm{I_K} = \eta\frac{\sum t^3 \cdot в}{3}, \quad (2.55)$$

мұндағы η – қиманың түріне байланысты еселеуіш; t – табақтың (пластинаның) қалыңдығы; в – оның ені; С – жүктеме арқалықтың үстіңгі немесе астыңғы белдемесі бойынша орналасуына және тіректер үстіне бекітілуіне байланысты еселкуіш; ℓ – сығылға белдемесінің ерікті ұзындығы (бекітулер арасы)

$$\alpha = \frac{\ell^2 GI_{\text{K}}}{\text{EI}_w} \approx \frac{4\ell^2}{h^2} \cdot \frac{G}{\text{E}} \frac{\text{I}_{\text{K}}}{\text{I}_y} \approx \frac{4\ell^2}{h^2} \cdot \frac{1}{2(1+\upsilon)} \frac{\text{I}_{\text{K}}}{\text{I}_y} \approx 1{,}54(\frac{\ell}{h})^2 \cdot \frac{\text{I}_{\text{K}}}{\text{I}_y}, \quad (2.56)$$

мұндағы υ = 0,3 – Пуассон еселкуіші; h – арқалық қимасының биіктігі. Осыдан критикалық момент

$$\text{M}_{\text{cr}} = \text{k} \cdot \text{P}_{\text{cr}} \cdot \ell = \frac{k \cdot C \sqrt{\text{EI}_y GI_{\text{K}} (1 + \pi^2 / \alpha)}}{\ell}, \quad (2.57)$$

мұндағы k – арқалықтың ұзындығы бойынша жүктеменің орналасуына байланысты еселкуіш. Аумалы кернеу (арқалықтың сығылған жиегінде)

$$\sigma_{cr} = \frac{\text{M}_{cr}}{W_{\text{X}}} = \frac{\text{M}_{cr} \cdot h}{2\text{I}_{\text{X}}} = \frac{k \cdot C}{2} \cdot \frac{h}{\ell} \cdot \frac{\sqrt{\text{I}_{\text{K}} \text{I}_y}}{\text{I}_{\text{X}}}. \quad (2.58)$$

Арқалықтың жалпы орнықтылығын тексеру, пайда болған кернеулерін аумалы кернеу шамасымен салыстыруға саяды

$$\sigma = \frac{\text{M}}{\varphi_b \cdot W_c} \le R_y \gamma_c, \quad (2.59)$$

мұндағы М – есептік жүктеме әсер еткен кезде анықталған майыстырушы момент; W_c – сығылған белдеме үшін кедергі момент; $\varphi_b = \sigma_{cr} / \sigma_y$ – арқалықтардың жалпы орнықтылығын майыса бұралу түріне жоғалтқан кезде есептік кедергісін төмендететін еселеуіш ([4] ҚМжЕ-нің 7-қосымшасын қара).

Егер арқалықтың сығылған белдемесі тұтас қатаң төсеммен (темірбетон, армакөбікбетон, тақталарымен немесе профильді төсеммен) немесе байланыстырғыштармен горизонталды бағытта жеткілікті бекітілген болса, онда оның жалпы орнықтылығын тексермеуге болады. Арқалықтың серпімді-пластикалық жұмысын есепке алғанда оның жалпы орнықтылығы төмендейді. Сондықтан сығылған белдемесін горизонталды жылжудан бекітетін байланыстырғыштардың түйіндері арасындағы аралығы бірден кем “δ” еселеуішіне көбейту арқылы кішірейтіледі.

Бақылау сұрақтары

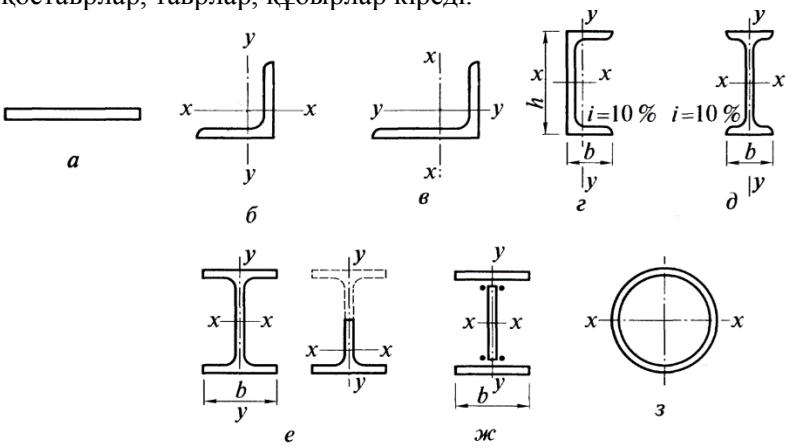
1. Шекті жағдайлар әдісімен есептеудің екі тобын түсіндіріңіз.
2. Әсер ету уақытына байланысты жүктемелер қалай бөлінеді?
3. Тұрақты, ұзақмерзімді, қысқамерзімді жүктемелерді атаңыз.
4. Есептік жүктеме қалай анықталады?
5. Жүктемелер үйлесімі не үшін қолданылады?
6. Болаттың мөлшерлік кедергісі қалай анықталады?
7. Болаттың есептіккедергісі қалай анықталады?
8. Кернеулерді атаңыз?
9. Ортасынан жүктелген элементтердің беріктігін тексеретін формуланы жазыңыз.
10. Майысатын элементтердің серпімділік аралығында беріктігін тексеретін формуланы жазыңыз.
11. Пластикалық топса қалай құралады?
12. Майысатын элементтерде пластикалық деформацияның дамуы қалай есепке алынады?
13. Ортасынан тыс сығылатын элементтердің беріктігін тексеретін формуланы жазыңыз.
14. Ортасынан сығылатын элементтердің орнықтылығы қалай тексеріледі?
15. Ортасынан тыс сығылатын элементтердің орнықтылығы қалай тексеріледі?

3. СОРТАМЕНТ (СҰРЫПТАМА)

3.1. Сортамент профильдерінің сипаттамасы

Металлургиялық зауыттар жеткізіп тұратын профильдердің тізімі сортамент деп аталады. Сортаментте профильдердің негізгі геометриялық сипаттамалары, қимасының түрлері, ауытқу шегінің шамалары және ұзындық бірлігінің массасы келтіріледі. Болат профильдер прокаттау, суық күйінде табақтарды майыстыру және пісірумен (болат құбырлар, тұйықталған жұқа қабырғалы профильдер, қоставрлар) алынады.

Болат құралымдардың алғашқы элементі болып табылатыны – прокатталған болат. Ол екі топқа бөлінеді – табақты болат және фасонды, яғни профильді болат. Табақты болаттың құрамына (3.1, *а*-сурет) жұқа табақты, қалың табақты, кең жолақты, универсалды және кедір-бұдырлылар кіреді. Ал, фасондыға, яғни профильдіге (3.1, *б–з*-сурет) бұрыштамалар, швеллерлер, қоставрлар, таврлар, құбырлар кіреді.



3.1-сурет. Профильдердің негізгі түрлері:
а – тілім; б – тең бүйірлі бұрыштама; в – бүйірлері тең емес бұрыштама; г – швеллер; д – профилі қалыпты қоставр; е – кеңсөрелі қоставр және тавр; ж – пісірілген құрама қоставр; з – құбыр

Дайын прокатты профильдердің бар болуы және оларды зауыттарда машинамен өңдеу құралымдардың әзірлеуінің индустрияландыруын қамсыздандырады.

Профильдердің әр түрлілігі және де бір түрлі профиль өлшемдерінің жиіленген градациясы құралымдардың үнемді жобалауына мүмкіндік береді.

Әртүрлі профильдердің бағасы өзгеше болады. Ең арзаны болып табылатындары табақтық болат, прокатты қоставрлары мен швеллерлер. Сондықтан олар құрылыста кең таралып келеді. Жобалаған кезде қолданылған профильдердің түрлері көбейтілген сайын металл құралымдар зауытының сорттау, қоймалау, тасымалдау бойынша жұмыстарының көлемі де арта түседі. Құралымдарды әзірлеу кезіндегі жұмыс көлемін азайту мақсатымен, құрылыс құралымдарын жобалау үшін жиі қолданылатын және үнемді профильдерден құрастырылған, қысқартылған сортаменттер еңгізілген.

Прокатты профильдер үшін прокаттау технологиясы қабырғасының жіңішкелігін 4 – 6 мм-мен шектейді. Сондықтан аралығы үлкен майысатын элементтерде прокатты профильдердің орнына жұқа қабырғалы пісірілген арқалықтарды қолданған ұтымдылау болуы мүмкін, себебі оларда қабырғасының жіңішкелігі шектелмейді.

3.2. Табақтық болат

Құрылыс құралымдарында табақтық болат прокаттың басқа түрлеріне қарағанда көбірек қолданылады. Арқалықтарда, ұстындарда, фермаларда оның массасы жалпы массасының 40 – 60 % құрайды. Осы себептен металл құралымдардың көбі «табақтық құралымдар» деп аталады.

Қалың табақтық болат (Сталь толстолистовая). Қазіргі уақытта өнеркәсіпте қалыңдығы 3 – 160 мм, табақтың ені 600 – 3800 мм (ГОСТ 19903-74) қалың табақтық болат прокатталады. Бірақ олардың ішінен жиі пайдаланатын өлшемдері: қалыңдығы 40 мм-ге дейін, ені 2400 мм-ге дейін, ұзындығы 6 м-ге дейін. Табақтық ыстықтай өндірілген болат ұзындығы 6 – 12 м және қалыңдығы 160 мм-ге дейін кезінде табақ түрінде жеткізілсе,

қалыңдығы 1,2 – 12 мм және ені 500 – 2200 мм кезінде оралған рулон түрінде жеткізіледі.

Жұқа табақтық болат (Сталь тонколистовая). Жұқа табақтық болат қалыңдығы 4 мм-ге дейін, табақтың ені 2000 мм және ұзындығы 5 м-ге дейін суық (ГОСТ 19904-90) және ыстық тәсілдермен прокатталады. Суықтай прокатталған болаттың бағасы ыстықтай прокатталғанынан едәуір қымбаттау келеді. Жұқа табақтық суықтай прокатталып мырышталған болаттан пішінделген төсем жасалады.

Универсалды кең тілімді болат. Қалыңдығы 6 – 60 мм, ені 200 – 1050 мм және ұзындығы 18 м-ге дейін прокатталатын универсалды кең тілімді болат (ГОСТ 82-70) құрамалы арқалықтар мен ұстындарды пісірмелеп жасау үшін пайдаланылады. Ол төрт біліктер арасында прокатталады. Соның нәтижесінде шеттері тегіс болып шығады. Универсалды болатты қолданғанда құралымды әзірлеуге жұмсалатын еңбек көлемі кемиді, себебі ол жиектерін кесіп тегістеуін қажет етпейді.

Кедір-бұдырланған болат (ГОСТ 8568- 77) төсем және жүретін алаңшалар үшін қолдалынады.

3.3. Бұрыштамалық профильдер

Фасонды (профильді) болат дайындау үшін ең универсалдысы, құралымдық жағынан ыңғайлысы және үнемдісі болып табылады.

Бұрыштамалық профиль екі түрде прокатталады: теңсөрелі бұрыштамалар (ГОСТ 8509-86) және сөрелері тең емес бұрыштамалар (ГОСТ 8510-86), сөрелерінің ара қатысы орташа есеппен 1:1,6 тең (3.1, *б, в*-сурет). Бұрыштамалардың пайдалануға универсалдығы олардың сортаментін едәуір дамуына келтірді. Осы күндері көлденең қимасының ауданы 1 – 1,5 см^2 ең кіші және жеңіл профильден қимасының ауданы 140 см^2 ең қуатты және ауыр профильге дейін прокатталады.

Құралымдаған, бекіткен және түйістірген кездерде ыңғайлы болуы үшін бұрыштамалар сөрелерінің қырларын параллельді етіп жасайды.

Сырықтық құралымдар құрамында дербес қима ретінде осьтік күштерге жұмыс атқарған кезде ең жіңішке бұрыштамаларды қолданған жөн. Себебі сығылған элементтердің ұтымдылығы инерция радиусымен *i* анықталады. Инерция радиусына иілгіштігі және есептік кедергісін төмендететін бойлық иілу еселеуіші φ байланысты. Инерция радиусы өскен сайын ұтымдылығы да арта түседі. Ал, жіңішке бұрыштамалардың инерция радиусы қимасы қалыңынан әрдайым көптеу болады. Жіңішке бұрыштамаларды қолданғанда сөрелерінің жергілікті дөңестелуінен қауіптенбеу керек. Өйткені сортамантте қабылданған сөресінің иілгіштігі (b / t ≤ 15…17) әрдайым сөрелерінің жергілікті орнықтылығын қамтамасыз етеді.

Көтергіш болат құралымдарда жұмыстық элементтері үшін минималды профильдері ретінде 50 х 5 және 63 х 40 х 5 қабылданады.

3.4. Швеллерлер

Швеллерлер (ГОСТ 8240-89) көбінесе бойлық күштерге, майысуға және кей кездерде ортасынан тыс сығуға жұмыс істейтін құрама қималарда қолданылады. Сортамент бойынша сөрелерінің ішкі қыры еңісті швеллерлер үшін нөмірлері 5-тен 40-қа дейін белгіленген. Сол нөмірлері қабырғасының см бойынша биіктігін көрсетеді (3.1, г-сурет). ГОСТ-қа сөрелерінің қырлары параллельді швеллерлер де еңгізілген. Олардың негізгі остеріне қатысты есептік сипаттамалары жақсырақ болады және құралымдылауға ыңғайлы келеді. Өнеркәсіптік ғимараттардың жабынында сырғауыл ретінде, екі элементті планкалармен немесе керегеторлармен қосқан құрама қима түрінде ұстындарда, фермалардың белдеулерінде швеллерлер кеңінен қолданылады.

3.5. Қоставрлар

Қоставр арқалықтық профильдің негізгісі болып табылады. Қоставрлар дағдылы және сөрелерінің қырлары параллельді (немесе кеңсөрелі қоставрлар) болып ажыратылады.

Дағдылы қоставрлы арқалықтар (ГОСТ 8239-89) швеллерлерге ұқсас сөрелерінің ішкі қыры еңісті болып, 10-нан 60-қа дейінгі нөмірлермен белгіленген. Қоставрдың нөмірі сантиметр бойынша оның биіктігін көрсетеді (3.1, *д*-сурет). Ірі қоставрлар қабырғасының қалыңдығына минималды шамасы берілген. Себебі қабырғасының қалыңдығы кішірейген сайын майысуға жұмыс істеген кезде арқалық қимасының ұтымдылығы арта түседі. Бірақ прокаттау технологиясының шарты бойынша қоставрдың қабырғасы олардың орнықтылық шартының талап ететін қалыңдығынан біршама қалыңдау болады. Сондықтан қоставрдың *x* осіне қатысты қатаңдылығы үлкен болады. Дегенмен сөресі енінің аздығы *y о*сіне қатысты орнықтылығын кішірейтіп тастайды. Дағдылы қоставрлар негізінде майысуға жұмыс істейтінт арқалықтар ретінде, және де ұстындардың құрамалы қималарында қолданылады.

Қоставрлы кеңсөрелі арқалықтар (ГОСТ 26020-83) сөрелерінің қырлары параллельді болады (3.1, е-сурет). Кеңсөрелі қоставрлар үш түрде прокатталады: қалыпты қоставрлар (Б), кеңсөрелі қоставрлар (Ш), ұстынды қоставрлар (К). Арқалықтық (Б) профильдердің биіктігі 1000 мм-ге, кеңсөрелілердікі – 700 мм-ге, ұстындылықтардікі – 400 мм-ге жетеді. Сөресі енінің биіктігіне қатынасы (биіктігі шамалы кезінде) 0,606-дан (биіктігі үлкен кезінде) 0,8-ге дейін өзгереді. Ұстындық профильдер (К) сөресі енінің биіктігіне қатынасы бірлікке жақын болады. Б-типті қоставрлар негізінде арқалықтар үшін, К-типтісі – ұстындар үшін, Ш-типтісі – арқалықтар мен ұстындар үшін де пайдаланылады.

Кеңсөрелі қоставрлар тұтас құрылыс элементінің (ұстынның немесе арқалықтың) жұмысын орындай алады. Мұндай кезде олар қосымша өңдеуді қажет етпейді, соның нәтижесінде құралымдарды әзірлеуге жұмсалатын еңбек 2–3 есеге қысқарады.

Қеңсөрелі қоставрдан, бойлық бағытында қабырғасын кесіп, тавр профилі алынады (3.1, *е* - сурет).

Бақылау сұрақтары

1. Сортамент деген не?
2. Болат құралымдардың алғашқы элементі не?
3. Табақты болаттың құрамын атаңыз.
4. Профильді болаттың құрамын атаңыэ.
5. Табақтық болаттың түрлерін атаңыз.

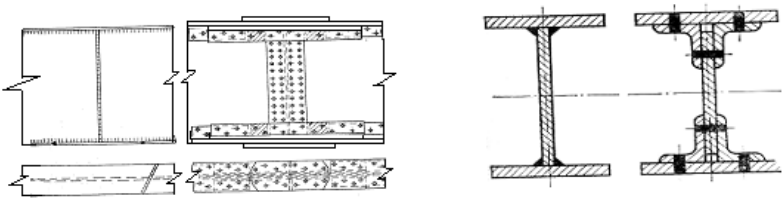
4. ПІСІРІЛМЕЛІ ҚОСЫЛЫСТАР

4.1. Пісірілмелі қосылыстардың ерекшеліктері

Пісірілмелеу болат құралымдар қосылысының негізгі тәсілі болып табылады. Казіргі уақытта елімізде болат құрылыс құралымдарының шамамен 98 % пісірмелеумен жасалады. Отанымыздың металл құрылысындағы негізгі ерекшелігі осында, өйткені шет елдерде әртүрлі себептерден құралымдардың жартысына жуығы тойтармалап жасалады.

Пісірілмелі құралымдардың негізгі артықшылықтары

1) Құралымдар массасын кеміту арқасында металл шығыны 15-20 %-ға үнемделеді. Ол тойтармаға арналған тесіктері болмай, бөлшектердің созылған аймағындағы қимасын толығымен пайдалану және ұтымды конструктивтік түрі арқылы орындалады. Пісірілмелі құрамалы арқалықтардың түйісі көмекші бөлшектерсіз жасалса, тойтармаланған арқалықтар түйісі бастырмалар көмегімен әзірленеді. Пісірмелеу кезінде өз ара тікше жазықтықтарда орналасқан бөлшектер тікелей қосылса, тойтармалаған кезде бұрыштамалар арқылы қосылады.



4.1-сурет. Пісірмеленген және тойтармаланған қосылыстар

Пісірмеленген құралымдарда балқыған металдың массасы негізгі металл массасының 2 %-нан аспайды. Тойтармаланған құралымдарда тойтарманың массасы 3,5-4 %-ға дейін жетеді.

2) Металл өңдеу операциялары санының азаюы және олардың жеңілдеуі арқасында құралымдарды әзірлеу еңбексыйымдылығы төмендейді.

3) Пісірмелі жіктердің тығыздығы және герметикалығы, бұл әсіресе резервуарлар мен газеольдерді әзірлеу және жинақтау кезінде маңызды.

Сонымен бірге пісірмелеуден пайда болған ішкі қалдық кернеулер, элементке әсер еткен күштің кернеулерімен қосылып, пісірмелі қосылыстың морт қирауына мүмкіндік туғызады, әсіресе төмен температуралар және динамикалық жүктемелер әсері кезінде. Бұл жағдай кемшілігі болып табылады.

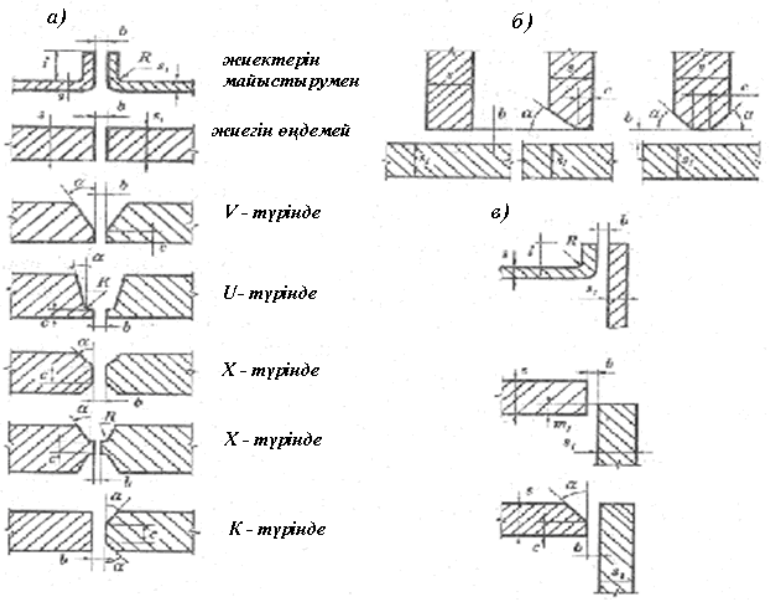
4.2. Пісірмелі жіктердің және қосылыстардың түрлері

Пісірмелі жіктер бірқатар белгілері бойынша бөлінеді:

1) құралымы бойынша олар түйістік және бұрыштық болуы мүмкін. Түйістік жіктер ұтымды түрі болып табылады, себебі мұндағы кернеулер шоғырлануы аздау байқалады. Бірақ, жақсы пісірмеленуі үшін, олар жиектерінің қосымша өңделуін талап етеді. Жиектерін өңдеу пішініне сәйкес түйістік жіктер V, U, К, Х-түрінде болады. Жіктерді өңдеу өлшемдері пісіру әдісіне (қолдық немесе автоматтық), пісірленетін элементтердің қалыңдығына, жіктің сипаттамасына (біржақты немесе екіжақты) байланысты.

Түйістік жіктер пісірленетін металдар арасындағы кеңістікті балқыған металмен толтыру арқылы орындалады. Бұрыштық (білікшелік) жіктерді орындау үшін әртүрлі жазықтықтарда орналасқан пісірленетін элементтер арасындағы бұрыш балқыған металмен толтырылады. Әсер ететін остік күштеуге параллельді орналасқан бұрыштық жіктер қапталдық, ал оған тікше орналасқаны маңдайлық деп аталады;

2) тағайындалуы бойынша пісірмелі жіктер жұмысшы және байланыстырушы-конструктивтік болып ажыратылады. Байланыстырушы жіктер құралымның беріктігіне әсерін тигізбейді. Оларды конструктивтік талаптар бойынша белгілейді. Жұмысшы жіктер әсер ететін күштеуге есептелулері керек;



4.2-сурет. Пісірленетін элементтердің жиектерін әзірлеу түрлері

4.1-кесте

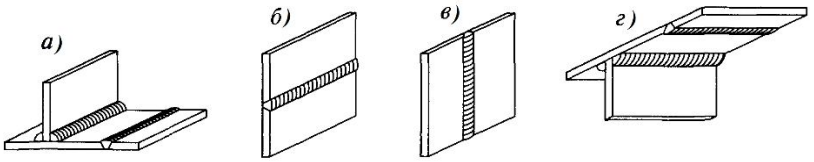
Құрылыстық сызбаларда пісірілмелі жіктердің шартты көрінісі

Жік	Көрінетін жік (бет жағынан)		Көрінбейтін жік (теріс жағынан)	
	зауыттық	жинақтаулық	зауыттық	жинақтаулық
Түйістік				
Бұрыштық:				
үздіксіз				
үзілмелі				

3) орындау орны бойынша пісірмелі жіктер зауыттық және жинақтаулық болып бөлінеді. Зауыттық жіктер стационарлы жағдайларда құралымның жөнелтетін элементтерін әзірлегенде,

ал жинақтаулық жіктер элементтерді ірілендіру жинағы кезінде құрылыс алаңында орындалады;

4) пісірген кезде кеңістіктегі жайы бойынша жік төменгі, горизонталды, тік және төбелік болуы мүмкін. Олар жіктің бойлық және көлденең осьтерінің бұрылу бұрышына байланысты Мемлекеттік стандартпен белгіленеді;



4.3-сурет. Кеңістіктегі жайы бойынша пісірмелі жіктердің бөлінуі:
а – төменгі; б – горизонталды; тік; төбелік

5) ұзындығы бойынша пісірмелі жіктер үздіксіз, үзілмелі (шпонкалы) болып бөлінеді.

Пісірмелі қосылыстар пісіріленетін элементтердің өзара орналасуына байланысты түйістік, қаусырмалық, бұрыштық, таврлық және құрамалы болып бөлінеді.

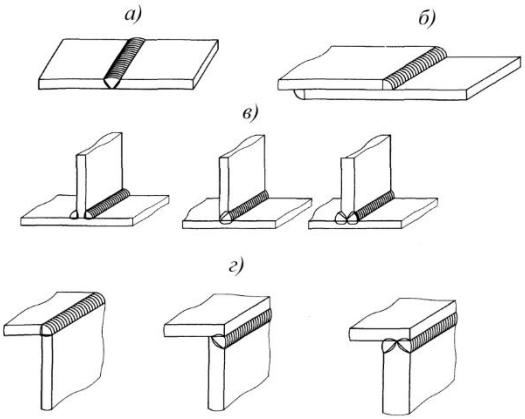
Түйістік деп бөлшектері бірімен бірі бүйірімен немесе шетімен қосылып, бір бөлшегі екіншісінің жалғасы болатын қосылыстарды атайды. Түйістік қосылыс түзу немесе қиғаш түйістік жікпен орындалады. Аталып шыққан қосылыстардың қалғандары бұрыштық (білікшелік) жіктермен жасалады.

Қаусырмалық деп пісірілетін бөлшектерінің беттері жарым-жартылай бірімен бірі жабылып қалатын қосылыстарды атайды. Мұндай қосылыс әсіресе табақтық және керегеторлы конструкцияларда кеңінен таралған. Бастырмалармен жасалған қосылыс оның бір түрі болып табылады. Мұндай қосылыс профилі әртүрлі, металдан қабылданған элементтерді түйістірген кезде және түйісті күшейту үшін қолданылады.

Каусырмалық қосылыстарды орындау үшін өндеуі оңай, бірақта метал шығыны бойынша түйістік қосылысқа қарағанда үнемделігі төмендеу келеді. Мұндай қосылыстарда кернеулер шоғырлануы күрт өседі, ол динамикалық және айныма таңбалы

жүктемелер әсері кезінде немесе төмен температуралар жағдайында жұмыс жасайтын құралымдарға теріс әсерін тигізеді. Кейде бастырмамен түйістік қосылысты күшейтеді, мұнымен қосылыстың құрамалы түріне ауысады.

Таврлық қосылыста бір элементтің бүйірін екіншісінің бетіне тік бұрышпен бекітеді. Бұрыштық қосылыста, өзара тікше жазықтықтарда орналасқан элементтердің бүйірлері бекітіледі. Таврлық пен бұрыштық қосылыстар орындауының жеңілдігіне, жоғары беріктігіне және үнемділігіне байланысты пісірілмелі құралымдарда кеңінен қолданылады.



4.4-сурет. Пісірілмелі қосылыстардың түрлері:
а – түйістік; б – қаусырмалық; в – таврлық; г – бұрыштық

4.3. Пісірмелеуге арналған материалдар

Ашық электродпен (сыммен) және қорғалмаған электр доғасымен пісіру сапасы төмен жік береді. Себебі балқыған жік металына ауадан оттек пен азот ілінеді, соның нәтижесінде жік мортты болып қалады. Жік металын қорғайтын газды ортаны пайда болдыру үшін электродқа сылақ жағылады. Бұл сылақтан балқыған сұйық металдың ішінде қож пайда болады. Қож металды қышқылдандыру арқылы тазалайды және ыстық жіктің бетін ауамен жанасудан қорғайтын қожды қабықша пайда болғызады. Сылақ натрийлі немесе калийлі сұйық шынымен байланыстырған уақ үгітілген құрамдардан жасалады. Жіктің

механикалық сипаттамаларын жоғарылату және оған қосымша арнайы қасиеттер (ыстыққа, коррозияға төзімділік) беру мақсатымен сылақ құрамына легирлендіруші қоспалар (ванадий, вольфрам, марганец, молибден, т. б.) енгізіледі. Қолмен пісіруге арналған электродтар, жік металының уақытша кедергісінің шамасы бойынша, бірнеше түрге бөлінеді. Олар цифрі бар "Э" әріпімен белгіленеді. Цифрі жік металының кг/мм^2 бойынша үзуге уақытша кедергісін көрсетеді. Мәселен, Э60-уақытша кедергісі σ_u = 60 кг/мм^2 = 590 МПа жіктің электроды. Белгісінде косымша әріпі болса, электрод жоғары пластикалы және соққы тұтқырлы жоғары металл беретіндігін көрсетеді. ҚНжЕ [4] 55-кестесінде жікке пісірілетін металдың беріктігінен жоғары (немесе тең) беріктік беретін материалдар ұсынылған.

Қолмен ашық доға арқылы пісіруге арналған электродтар маркасы СВ-08 азкөміртекті сымнан жасалады. Ал, ауыр жағдайларда жұмыс жасайтын құралымдарды пісіру үшін маркасы СВ-08А сым қолданылады. Бастапқы әріптері сымның пісіруге арналғанын (сварочная) көрсетсе, цифрлері көміртегінің пайыз бойынша жүзден бөлігі мөлшерінің айғағы болып табылады.

4.4. Пісірілмелі жіктерінің есептік кедергілері

Жұмысшы жіктер, әсер ететін күштеулер бойынша, беріктікке есептелуі керек.

Балқыған металдың беріктігі электрод сымының материалдарына, электрод сылағының құрамына және пісірмелеу технологиясына байланысты. Болат құралымдар қосылыстарының есептік кедергілерін анықтауға арналған формулалар [4] ҚР ҚНжЕ-нің 3-кестесінде келтірілген. Соған сәйкес болат құралымдардың пісірілмелі қосылыстарының R_w-есептік кедергілері мына формула бойынша анықталады:

- түйістік жіктің сапасын көзбен шолып тексерген жағдайда сығуға, және де автоматтық немесе қолмен дәнекерлеп жіктің сапасын физикалық тәсілмен тексерген жағдайда созу мен майысуға аккыштық шегі және уақытша кедергісі бойынша есептік кедергілері $R_{wy} = R_y$ және $R_{wu} = R_u$;

- автоматтық, жартылай автоматтық немесе қолмен пісірілген түйістік жіктің сапасын көзбен шолып тексерген жағдайда созуға және майысуға аққыштық шегі бойынша есептік кедергісі $R_{wy} = 0,85R_y$;

- түйістік жіктің ығысуға (сдвигу) есептік кедергісі жік сапасын тексеру тәсіліне байланысты емес $R_{ws} = R_s = 0,58R_y$;

- бұрыштық жіктің металы бойынша (шартты) кесуге есептік кедергісі

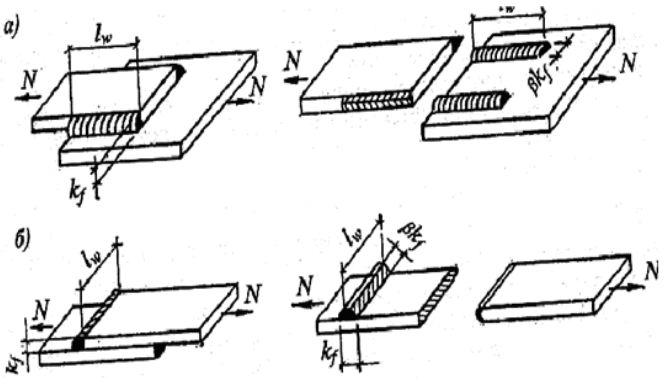
$$R_{wf} = 0,55R_{wun} / \gamma_{wm},$$

мұндағы R_{wun} – жік металының уақытша кедергісі бойынша мөлшерлік кедергісі ([4] 4-кесте), оның мәні пісірмелік сымның маркасына байланысты; γ_{wm} – жіктің материалы бойынша сенімділік еселеуіші, $R_{wun} \leq 490$ МПа кезінде $\gamma_{wm} = 1,25$, $R_{wun} \geq 590$ МПа болса $\gamma_{wm} = 1,35$;

- негізгі металмен жік металының балқып қосылған жерінің металы бойынша бұрыштық жіктердің (шарты) кесуге есептік кедергісі $R_{wz} = 0,45R_{un}$.

Пісіру материалы дұрыс таңдап қабылданса, балқып қосылған металдың беріктігі негізгі металдың беріктігінен кем болмайды. Сөйтсе де жіктің сапасы жұмысты өндіру жағдайларына елеулі дережеде байланысты. Сондықтан созуға немесе майысуға ұшырайтын түйістік жік мұқиятты түрде физикалық тәсілмен (ультрадыбысты дефектоскопия, радиациялық тексеру-рентген, гамма сәулелерін түсіру) тексеруге тартылса ғана қосылатын элементтер металымен теңберікті деп қабылданады. Бұл тексерудің мақсаты ішіндегі көзге байқалмайтын кернеу шоғырланғыштары – газдық саңылаулардың; бөлшектер қырларын және пісіру сымын таттан, қақтан және ластан немқұрайды тазалау нәтижесіндегі қожды қосылыстарының жоқтығын анықтау болып табылады.

Сығуға және ығысуға жұмыс істейтін түйістік жіктерге ішіндегі ақаулары әсерлерін аздау тигізеді. Сондықтан олардың дағдылы көзбен шолып сапасын тексеру, сыртын байқау және өлшеу, сумен (гидравликалық сынау), керосинмен, сығылған ауа және тағы басқамен өткізбеушілігін бақылау тәсілдері жеткілікті.



4.5-сурет. Бұрыштық жіктер:
а – қапталдық жіктер; б – маңдайлық жіктер

Қаусырмалы қосылыстардың бұрыштық жіктері (маңдайлық, қапталдық әдетте күрделі кернеуленген жағдайларда (осьтік созу-сығумен майысу және кесулердің үйлесімінде) жұмыс жасайды. Көпке дейін кернеулерінің шоғырлануы елеулі болғандығынан олардың беріктік сипаттамалары төмен деп саналатын, сондықтан есептік кедергілерін түйістік қосылыстардан кемдеу қабылдайтын. Соңғы зерттеулердің көрсетуі бойынша, бұрыштық жігі бар қосылыстардың шекті жағдайы ретінде қирау күйін қабылдауға болады. Сондықтан қосылыстың есептік кедергісін аққыштық шегі бойынша емес, үзілуге беріктік шегі бойынша белгілеуге мүмкіншілік туды.

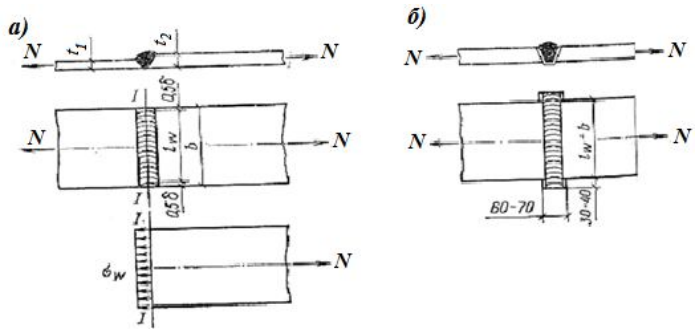
4.5. Түйістік жіктердің жұмысы мен есептеуі

Қосылатын элементтердің қалыңдығына және пісіру тәсіліне байланысты түйістік жік элемент жиектерін өңдеумен немесе өңдеусіз орындалады. Жиектері тек технологиялық мағынамен ғана өңделеді, ол қосылыстың беріктігіне әсерін тигізбейді.

Түйістік қосылыстар арқалықтарда, ұстындарда, әсіресе табақтық құралымдарда (резервуарлар, газгольдерлер,

бункерлер, силостар) қолданылады. Олар герметикалығын жақсы қамтамасыз етеді, жік сапасын физикалық әдіспен тексеруге қолайлы, үнемді және басқа пісірмелі қосылыстарға қарағанда жіктің шодыраюы басталған жерінде кернеудің шоғырлануы аздау болады.

Түйістік жікке ортадан түскен күш N әсер еткен кезде, жіктің ұзындығы бойынша кернеулердің таралуы біркелкі және жіктің жұмыстық қалыңдығы қосылатын элементтердің жіңішкелуіне тең деп қабылданады.



4.6-сурет. Түйістік түзу жіктер

Осы себептен түзу жік жасаған кезде оның беріктігі мына формула бойынша тексеріледі:

$$\sigma_w = \frac{N}{A_w} = \frac{N}{t\ell_w} \le R_{wy}\gamma_c, \qquad (4.1)$$

мұндағы σ_w – есептелетін жіктегі тік кернеу; N – есептік күштеу; A_w – жіктің бойлық қима ауданы; $t = t_1$ – жіңішкелеу элементінің қалыңдығы; R_{wy} – түйістік жіктің созуға немесе сығуға есептік кедергісі; γ_c – жұмыс шарттарының еселеуіші; ℓ_w – жіктің есептік ұзындығы.

Пісіру басталғанда, негізгі металл жеткілікті қызбаған кезде, жіктің түбірі толық пісірілмеуі мүмкін, ал пісірілу аяқталғанда электр доғасының күрт үзілуі арқасында пісірілмеген шұңқырша

қалады, яғни жіктің бас және аяқ жақтарындағы бөліктерінің сапасы төмен болады. Осы себептен түйістік жіктің есептік ұзындығы нақтылысынан болат құралымдарда $\delta = 2t_{min}$ және алюминий құралымдарында $\delta = 3t_{min}$ шамаларына қысқалау қабылданады

$$\ell_w = \ell - \delta.$$

Жіктің сапасы кемдеу шеткі бөліктері көбінесе арнайы планкалар арқылы (4.6, б-сурет) пісірілетін элементтерден тыс шығарылады. Пісіру біткеннен соң планкалары шауып түсіріледі. Мұндай жағдайда $\ell_w = \ell$.

Болат құралымдардың созылған элементтерінің түйістік қосылыстарын есептеген кезде, егер олардың пайдалануын металдың аққыштық шегіне жеткеннен кейін де жалғастыруға болатын болса, онда R_{wy} орнына R_{wu} / γ_u қабылдау керек, яғни

$$\sigma = \frac{N}{t\ell_w} \le \frac{R_{wu}\gamma_c}{\gamma_u}, \qquad (4.2)$$

мұндағы γ_u – уақытша кедергісі бойынша есебіндегі сенімділік еселеуіш.

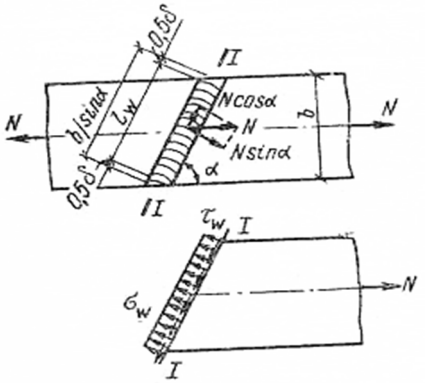
Жік сапасын көзбен шолу тәсілімен тексерген жағдайда, түйістік жіктің созуға есептік кедергісі негізгі металдан кем болғандықтан, түзу жіктің ұзындығы жеткіліксіз болуы мүмкін. Онда қиғаш жікті құрылымдауға тура келеді. Кесу еңістігі $\operatorname{tg}\alpha = 2 : 1$ болса қиғаш жіктің беріктігі әдетте негізгі металмен тең келеді. Сондықтан оның беріктігі тексерілмейді.

Кейбір жағдайларда жіктердің кернеулерін бәсеңдету керек болып қалады, мәселен вибрациялық жүктеме кезінде, онда қиғаш жіктерді де есептеуге тура келеді. Олай болса, әсер ететін күштеуді жік бойынша және жік осіне тікше бағытқа ыдыратып кернеулері анықталады:

$$\sigma_w = \frac{N \cdot Sin\alpha}{t \cdot \ell_w} \le R_{wy}\gamma_c; \qquad (4.3)$$

$$\tau_w = \frac{\mathrm{N} \cdot Cos\,\alpha}{t \cdot \ell_w} \le R_{ws}\gamma_c, \qquad (4.4)$$

мұндағы τ_w – есептелетін жіктегі жанама кернеу; α – күштеудің әсер ететін сызығына қиғаш жіктің еңкіштік бұрышы.



4.7-сурет. Қиғаш түйістік жік

Қосылысқа майыстырушы момент әсер еткен кезде, ол белгілі формула бойынша есептеледі

$$\sigma_w = \frac{\mathrm{M}}{W_w} = \frac{6\mathrm{M}}{t\ell_w^2} \le R_{wy}\gamma_c, \qquad (4.5)$$

мұндағы M – қосылатын элементтердегі есептік майыстырушы момент; $W_w = \frac{t\ell_w^2}{6}$ – бейтарап өсіне қатысты жіктің бойлық қимасы бойынша кедергі моменті.

Майыстырушы момент пен көлденең күш бірлесіп әсер еткен кезде түйістік жік жанама және тік кернеулер бойынша жеке есептеледі

$$\sigma_w = \frac{\mathrm{M}}{W_w} = \frac{6\mathrm{M}}{t\ell_w^2} \le R_{wy}\gamma_c, \qquad (4.6)$$

$$\tau_w = \frac{Q \cdot S_w}{\mathrm{I}_w \cdot t} \le R_{ws}\gamma_c, \qquad (4.7)$$

мұндағы Q – біріктірілетін элементтердегі есептік көлденең күш; S_w – жіктің бойлық қимасы бойынша жарты ауданының бейтарап осіне қатысты статикалық моменті; I_w – толық қима ауданының бейтарап осіне қатысты инерция моменті.

Осыған қоса пісірілмелі жіктердегі келтірілген кернеулер де тексерілуі керек. Тік кернеулер бір бағытта ғана әсер еткен кезде

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_w^2 + 3\tau_w^2} \le 1{,}15R_{wy}\gamma_c\,. \qquad (4.8)$$

Тік кернеу екі бағыттарда әсер еткен кезде

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_{wx}^2 + \sigma_{wy}^2 - \sigma_{wx}\sigma_{wy} + 3\tau_{wxy}^2} \le 1{,}15R_{wy}\gamma_c, \qquad (4.9)$$

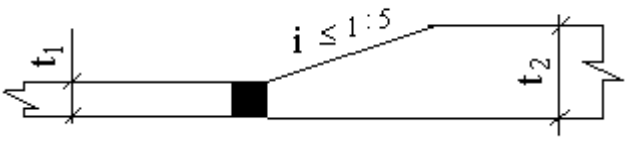
мұндағы σ_{wx}, σ_{wy} – пісірмелі жіктегі өзара тікше бағыттардағы тік кернеулер;

$$\tau_{wxy} = \frac{Q}{t \cdot \ell_w}; \qquad (4.10)$$

1,15 – пластикалық деформациялардың дамуын есепке алатын еселекіш.

4.6. Түйістік жіктерге қойылатын құралымдық талаптар

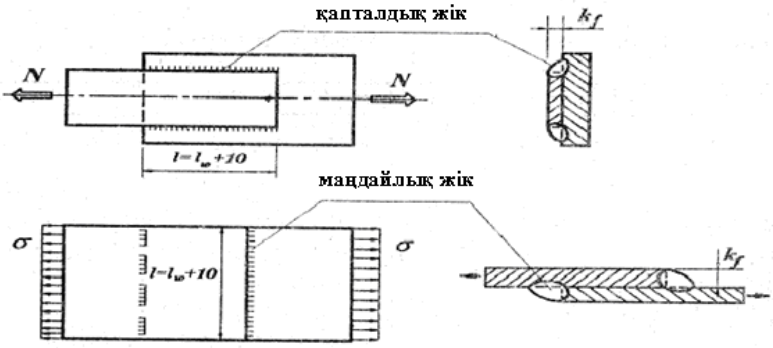
Қалыңдығы немесе ені әртүрлі металл табақтарды жалғастырған кезде, қимасы күрт өзгермеуі үшін, түйіскен жеріндегі өлшемдері бірдей болуы керек. Ол үшін қалыңдау немесе енділеу табақта 1:5-тен аспайтындай еңістік жасау керек. Егер қалыңдықтарының айырымы $t_2 - t_1 = 4$ мм-ден және жіңішкелеу табақ қалыңдығының 1/8-нен аспайтындай болса, онда түйісті еңістіксіз жасауға болады.



4.8-сурет. Түйістік жік

4.7. Бұрыштық жіктердің жұмысы мен есептеуі

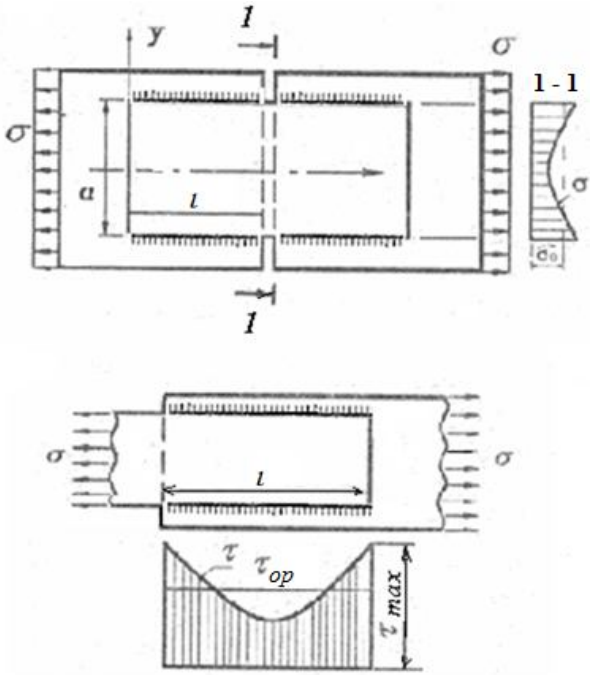
Бұрыштық жіктер қапталдық немесе маңдайлық болуы мүмкін.



4.9-сурет. Бұрыштық жіктердің түрлері

Қапталдық жіктер қосылыстың ені бойынша кернеулерді біркелкі таралуына келтірмейді, себебі олар күштеулерді қиманың тек жиегі бойынша ғана жеткізеді.

Ұзындығы бойынша қапталдық жіктер әркелкі жұмыс жасайды, қосылатын элементтер кернеулерінің айырмасы ең көп болатын, жіктердің шеткі жақтары ғана күштеулерді қарқынды жеткізеді. Күштеулердің өсуіне қарай, жіктің тым кернеуленген шеткі жақтарының пластикалық деформациялануы арқасында, жіктің ұзындығы бойынша жұмысының біркелкісіздігі біршама түзеледі, бірақ толығымен түзелмейді. Аяғында қапталдық жіктер екі шетінен ортасына қарай жік білікшесі қимасының шамамен биссектрисасы бойынша қирайды.



4.10-сурет. Қапталдық жікті қосылыста кернеулердің таралуы

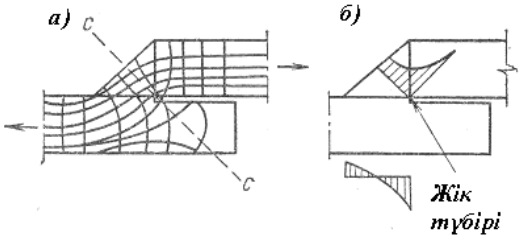
Қапталдық жік қима пішінін шұғыл өзгертіп, жік білікшесінің басталатын жерінде кернеулердің көп шоғырлануына келтіреді. Осы себептен қапталдық жікпен жасалған қосылыс, жік металы бойынша немесе жік металымен балқып қосылған жеріндегі негізгі металл бойынша қирауы мүмкін.

Күштеулерді жеткізу сипатына сәйкес, қапталдық жіктер бір мезгілде кесу мен майысуға жұмыс істейді.

Маңдайлық жіктер қапталдық жікке қарағанда күштеулерді элементтің ені бойынша біркелкіге жақындау жеткізеді. Бірақ жіктің қалыңдығы бойынша, көлденең өлшемдері шамалы болғандықтан, кернеулер біркелкі таралмайды.

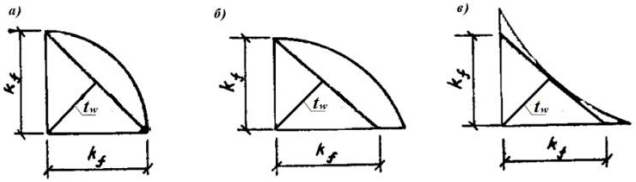
Негізінде маңдайлық жіктер осьтік күшке, кесуге және майысуға жұмыс жасайды. Олар да қапталдық жіктер сияқты екі қималары бойынша қирайды.

Маңдайлық пен қапталдық жіктер үйлескен кезде жалғыз қапталдық жікке қарағанда біркелкіге жақын жұмыс істейді, кернеу эпюрінің үшкір жерлері біршама төмендейді. Қирау алдында кернеулері теңеседі.



4.11-сурет. Маңдайлық жіктің жұмысы
а – күш сызықтарының траекториясы; б – кернеулердің шоғырлануы

Қосылысқа ортасынан түскен күш әсер еткен кезде, жіктердің ұзындығы бойынша кесу кернеулерінің таралуы біркелкі болады деп қабылданады. Бұрыштық қапталдық және маңдайлық жіктердің есебі жік білікшесі қимасының биссектриса бұрышы бойымен кесілу мүмкіндігіне сүйенеді. Бұрыштық жіктердің жұмыстық қимасының есептік биіктігі «t_w» биссектрисасы бойынша өтетін, жік білікшесінің қимасынан қабылданады.



4.12-сурет. Бұрыштық жіктердің түрлері

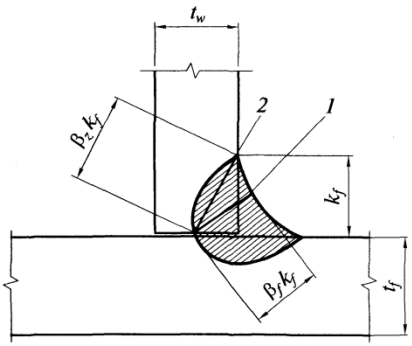
Жік қолмен пісірілген жағдайда

$$t_w = k_f \cdot \mathrm{Sin}\ 45° \approx 0{,}7 \cdot k_f.$$

Ал, жік автоматты немесе жартылай автоматты пісіріліп металл тереңдеу балқытылса, онда жіктің жұмыстық қалыңдығы үлкейтіңкіреп қабылданады

$$t_w = 1{,}1 \cdot k_f.$$

Мұндағы k_f – катеті бойынша жіктің қалыңдығы.



4.13-сурет. Жіктің есептік қимасы:
1 – жік металы бойынша; 2 – балқып қосылған шекарасының металлы бойынша

Сонымен, есептеген кезде екі қималардың біреуі бойынша шартты кесуден қирау мүмкіншілігі қарастырылады:

1) жік металы бойынша

$$\tau_{wf} = \frac{N}{A_{wf}} = \frac{N}{\beta_f \cdot k_f \cdot \ell_w} \le R_{wf}\gamma_{wf}\gamma_c, \qquad (4.11)$$

мұндағы N – есептік бойлық күш; β_f – жіктің балқу тереңдігіне байланысты еселеуіш, оның шамасы пісіру жағдайына тәуелді; k_f – жіктің көлденең қимасы ішіне жазылған тең бүйірлі тік бұрышты үшбұрыштың катетіне тең, жік қалыңдығы; $\ell_w = \ell$ - 10 мм – қосылыстағы бұрыштық жіктердің есептік ұзындығының қосындысы; γ_{wf} – жіктің жұмысы шарттарының еселеуіші; R_{wf} – жік металы бойынша кесуге бұрыштық жіктің есептік кедергісі;

2) жік металымен балқып қосылған жерінің негізгі металы бойынша

$$\tau_{wz} = \frac{N}{\beta_z k_f \ell_w} \le R_{wz}\gamma_{wz}\gamma_c, \qquad (4.12)$$

мұндағы R_{wz} – балқып қосылған жерінің металы бойынша бұрыштық жіктің (шартты) кесуге есептік кедергісі, [4] 3-кестесі бойынша $R_{wz} = 0{,}45R_{un}$; β_z – ҚМжЕ [4] 35-кестесі бойынша қабылданады; γ_{wz} – жіктің жұмыс шарттарының еселеуіші; γ_c – құралым элементтерінің жұмысы шарттарының еселеуіші.

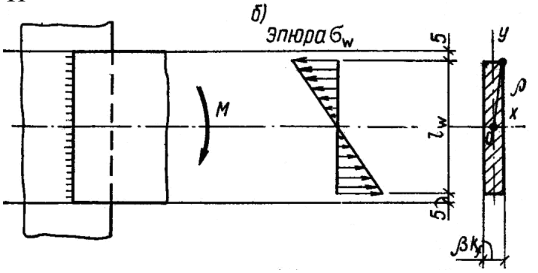
Егер есеп бойынша жіктің қажетті ұзындығын табу керек болатын болса, онда алдын ала қосылатын элементтердің жіңішкеленуіне тең етіп жіктің қалыңдығы k_f белгіленеді. Онда

$$\ell_{wf} \ge \frac{N}{\beta_f \cdot k_f \cdot R_{wf} \cdot \gamma_{wf} \cdot \gamma_c}; \qquad (4.13)$$

$$\ell_{wz} \ge \frac{N}{\beta_z \cdot k_f \cdot R_{wz} \cdot \gamma_{wz} \cdot \gamma_c}. \qquad (4.14)$$

Аяғында қажетті шамаларының үлкендеуін қабылдау керек.

Таза майысуға жұмыс жасайтын қосылыстардағы бұрыштық жіктердің есебі, жіктің бойлық қимасы бойынша кернеу біркелкі емес таралып, қиманың ауырлық ортасынан ең алыс орналасқан нүктелерінде максималды шамасына жетеді деген болжам бойынша жүргізіледі.



4.14-сурет. Бұрыштық жіктің майыстырушы моменттің әсеріне жұмысы

[4] ҚМжЕ-те беріктік шартты полярлық инерция моменті арқылы жазылған. Мәселен, жік орналасқан жазықтықта әсер ететін моментке бұрыштық жігі бар қосылысты жік металы бойынша беріктікке есептеген жағдайда

$$\sigma_{wf} = \frac{\mathrm{M}}{\mathrm{I}_{fp}} \cdot \rho \le R_{wf}\gamma_{wf}\gamma_c, \qquad (4.15)$$

мұндағы M – есептік майыстырушы момент; I_{fp} – бас инерция моменттерінің қосындысына ($I_{fx} + I_{fy}$) тең болатын, жік металының тік бұрышты қимасы ауданының полярлық инерция моменті

$$\mathrm{I}_{fx} = \frac{\beta_f \cdot k_f \cdot \ell_w^3}{12}, \qquad (4.16)$$

$$\mathrm{I}_{fy} = \frac{(\beta_f \cdot k_f)^3 \cdot \ell_w}{12}; \qquad (4.17)$$

ρ – тік бұрышты қиманың бұрыштық нүктесінің радиус-векторы, оның шамасы осы нүктенің бас орталық осьтеріне қатысты $x = \frac{\beta_f \cdot k_f}{2}$, $y = \ell_w/2$ координаттарының геометриялық қосылыстарына тең. Сонымен

$$\sigma_{wf} = \frac{\mathrm{M}}{\mathrm{I}_{fx} + \mathrm{I}_{fy}} \sqrt{x^2 + y^2} \le R_{wf}\gamma_{wf} \cdot \gamma_c. \qquad (4.18)$$

Балқып қосылған жері металының беріктік шарты да осыған ұқсас жазылады

$$\sigma_{wz} = \frac{\mathrm{M}}{\mathrm{I}_{zx} + \mathrm{I}_{zy}} \sqrt{x^2 + y^2} \le R_{wz}\gamma_{wz}\gamma_c. \qquad (4.19)$$

Бұрыштық жіктер орналасқан жазықтыққа тікше жазықтықта майысқан кезде, есептеу осьтік кедергі моменті бойынша жүргізіледі

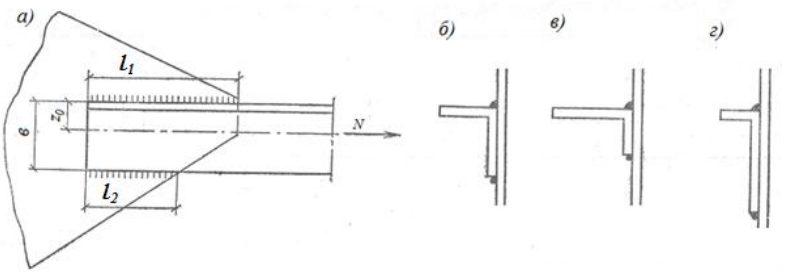
$$\sigma_{wf} = \frac{\mathrm{M}}{W_{fy}} = \frac{6\mathrm{M}}{\ell_w(\beta_f \cdot k_f)^2} \le R_{wf}\gamma_{wf}\gamma_c, \qquad (4.20)$$

$$\sigma_{wz} = \frac{\mathrm{M}}{W_{zy}} = \frac{6\mathrm{M}}{\ell_w(\beta_z \cdot k_f)^2} \le R_{wz}\gamma_{wz}\gamma_c, \qquad (4.21)$$

мұндағы $W_{fy} = \frac{\ell_w(\beta_f \cdot k_f)^2}{6}$ – ″у″ осіне қатысты жік металының кедергі моменті; $W_{zy} = \frac{\ell_w(\beta_z \cdot k_f)^2}{6}$ – балқып қосылған жері металының кедергі моменті.

Майысу мен кесу бір мезгілде әсер еткенде бұрыштық жіктер осы кернеулердің тең әсеріне есептеледі

$$\tau_{f(z)} = \sqrt{\sigma^2_{wf(z)} + \tau^2_{wf(z)}} \le R_{wf(z)} \cdot \gamma_{wf(z)} \cdot \gamma_c. \qquad (4.22)$$



4.15-сурет. Бұрыштамаларды пісірмелеп бекіту
а – жіктердің ұзындығы; б – теңсөрелі бұрыштамалар; в , г – сөрелері тең емес бұрыштамалар

Бұрыштық жіктермен симметриялы емес пішіндерді біріктірген кезде, қосылатын элемент эксцентриситеттен

қосымша майысуға ұшырамауы үшін, күштеудің әсер ету сызығы қосылыстың ауырлық ортасынан өткені дұрыс. Ол үшін жіктердің аудандары жіктен элемент осіне дейінгі қашықтыққа кері пропорционалды бөлінуі керек.

Сонымен жіктердің жалпы қажетті ауданы $A_w = N/R_{wf(z)}$ болса, онда суретте келтірілген түйіннің үлкендеу жігінің ауданы

$$A_{w1} = \frac{A_w \cdot (в - z_0)}{в}, \qquad (4.23)$$

кішілеу жігінің ауданы

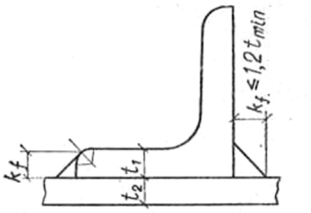
$$A_{w2} = \frac{A_w \cdot z_0}{в} \qquad (4.24)$$

болады. Бұрыштаманың екі жіктерінің қалыңдықтары "k_f" бірдей болған кезінде аудандарының ара қатынасы жіктер ұзындықтарының ара қатынасына тең келеді

$$\ell_{w1} = \frac{A_{w1}}{\beta_{f(z)} \cdot k_f}; \qquad \ell_{w2} = \frac{A_{w2}}{\beta_{f(z)} \cdot k_f}.$$

4.8. Бұрыштық жіктерге қойылатын құралымдық талаптар

1. Пісірілетін элементтердің күйіп кетпеуі үшін бұрыштық жіктердің қалыңдығы $1{,}2t_{min}$ -нан аспауы керек. Мұндағы t_{min} – біріктірілетін элементтердің жіңішкеленуінің қалыңдығы.

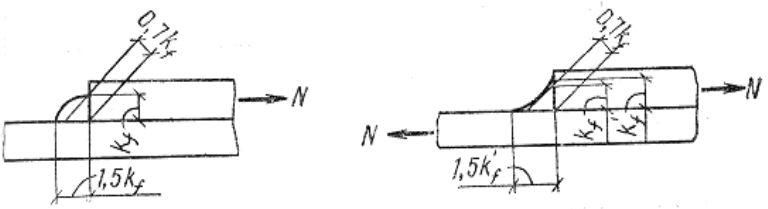


4.16-сурет. Бұрыштық жіктердің максималды қалыңдығы

2. Бұрыштық жіктердің ең кіші қалыңдығын, толық пісірілмеуінің әсерін кеміту үшін, пісіру түріне, аққыштық

шегіне (R_{yn}), біріктірілетін элементтердің қалыңдығына байланысты [4] ҚМжЕ-нің 39-кестесі бойынша қабылдау керек.

3. Динамикалық әсерлерге немесе -40 °С-дан төмен теріс температура жағдайларында жұмыс жасайтын болат құралымдарда қатеттері тең емес жіктер қолданылады. Кернеулер шоғырлануын азайту үшін катеттерінің ара қатынасы 1:1,5 болатын жайпақ жіктер ұсынылады.



4.17-сурет. Катеттері тең емес бұрыштық жіктер

4. Қолмен пісірген кезде бір өткенде катеті бойынша қалыңдығы 8 мм-ден аспайтын жік жасалуы мүмкін. Катеті $k_f >$ 20 мм бұрыштық жіктерді қолданбаған жөн, себебі олардың ішкі кернеулері үлкен болады.

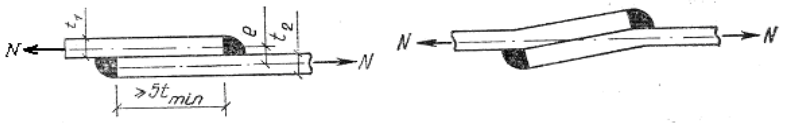
5. Жіктің бас және аяқ жақтарында кернеулердің көп шоғырланғандығынан, бұрыштық жіктің ең кіші ұзындығы $4 \cdot k_f$-тен және 40 мм-ден кем болмауы керек.

6. Қапталдық жіктердің ең үлкен ұзындығы $85 \cdot \beta_f k_f$-тен аспауы керек, себебі кернеуі жіктің ұзындығы бойынша біркелкі таралмайды, сондықтан жік ұзын болса оның шеткі жақтары аса кернелуге ұшырайды, ал ортаңғы жағы жеткілікті кернелмейді.

Егер де жіктің қабылдайтын күштеуі оның барлық ұзындығы бойынша пайда болатын болса (мәселен, арқалықтардағы белдеулік жіктер), онда бұл шектеу оған жатпайды.

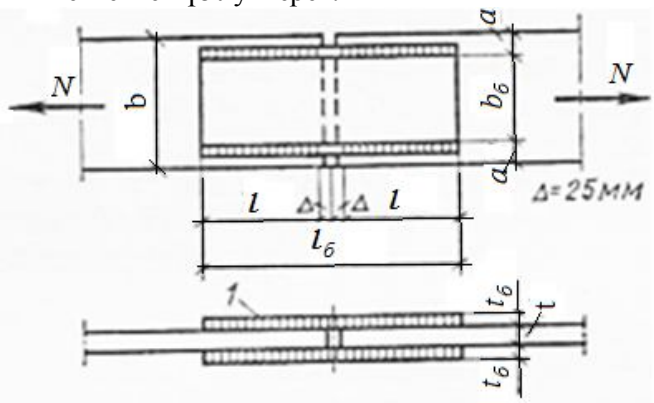
7. Табақтардың қауыстыру өлшемі $5 \cdot t_{min}$-нан кем болмауы керек. Қосылатын элементтер арасында эксцентриситет "е" болуы қос күштердің пайда болуына келтіреді. Осы күштер қосылысты бұрып эксцентриситетті нөлге теңеуге тырысады. Мұндай жағдайда қосылатын элементтерде және жіктердің өздерінде де қосымша кернеулер пайда болады, қаусырыс

азайған сайын (яғни қосылыстың бұрылу бұрышы көбейген сайын) қосымша кернеулер арта түседі.



4.18-сурет. Қаусырмалы қосылыс

8. Түйіс бастырма арқылы жасалған кезде кернеулердің шоғырлануын азайту үшін қапталдық жіктер түйістің өсіне дейін $\Delta \geq 25$ мм-ге жетпей үзілуі керек.



4.19-сурет. Бастырмамен жасалған дәнекерлі қосылыс

4.9. Дүркін-дүркін қайталап жүктелген кездегі пісірмелі қосылыстардың жұмысы мен есебінің ерекшелігі

Дүркін-дүркін қайталап жүктеген кездегі беріктіктің, яғни вибрациялық беріктіктің, жалпы зандылықтары пісірілмелі қосылыстарда да сақталады.

Ең алдымен вибрациялық беріктік қосылыстың түріне байланысты. Түйістік қосылыстардың төзімділігі (выносливость) ең үлкен болса, қапталдық жікті қаусырмалы қосылыстарда, кернеулердің жоғары шоғырландыруына келтіргендіктен, төзімділігі төмен болады. Түйістік жігінің дөңесі алынса, оның вибрациялық беріктігі негізгі металдың вибрациялық беріктігіне

жақындайды. Вибрациялық жүктемеге жұмыс жасайтын құралымдарда тек түрі жақсартылған – жайпақ, ойыс (вогнутый), беті өңделген тағы солар сияқты басқа бұрыштық жіктерді қолдануға болады.

Осымен қатар вибрациялық беріктік пісіру ақауларына, оған сәйкес пісірудің технологиялық факторларына үлкен дәрежеде байланысты. Толық пісірілмеу, кеуектілік пісірілмелі қосылыстың вибрациялық беріктігін шұғыл төмендетеді. Мәселен, 1 % кеуектілігі вибрациялық беріктігін 30 %-ға төмендетсе, жік түбірінің ауданы 5 %-ға толық пісірілмесе – ол 50 %-ға төмендейді. Осы себептен жіктерді тығыздау етіп жасау керек, яғни автоматтық пісіру қолданған жөн. Дүркін-дүркін қайталанатын жүктемелерге ұшырайтын құралымдарда міндетті түрде жік түбірі қосымша пісірілуі керек. Қосылыстарда кернеу шоғырлануын төмендетуге қолданылатын шаралар вибрациялық беріктігін көтереді.

Негізгі металдың және пісірмелі қосылыстардың төзімділігін тексеру шекті жағдайлардың бірінші тобы бойынша есебіне жатады. Бұл есеп мына формула бойынша жүргізіледі:

$$\sigma_{max} \leq \alpha R_{\upsilon}\gamma_{\upsilon}, \qquad (4.25)$$

мұндағы α – жүктеу циклдерінің санын есепке алатын еселеуіш; R_{υ} – шаршауға есептік кедергісі, ол [4] ҚР ҚМжЕ-нің 33-кестесі бойынша қабылданады; γ_{υ} – кернеулеу жағдайы түріне және кернеулердің асимметрия $\rho = \sigma_{min} / \sigma_{max}$ еселеуішіне байланысты анықталатын еселеуіш.

4.10. Алюминий қорытпаларынан жасалған құралымдардың пісірмелі қосылыстарының ерекшеліктері

Балқыған алюминийдің оттегімен тез арада қосылуы арқасында қорытылған металл тамшыларында тотық үлпегі пайда болып, олардың қосылуына кедергі береді. Осы себептен ұзақ уақыт алюминийлік құралымдар пісіруге келмей жүреді. Электродоғалы пісіру аргонның инертті газының ортасында жасалса мұндай үлпек құралмайды. Пісіруді балқымайтын вольфрам электродымен алюминий сымын қосып аргон ағысында

жүргізуге болады. Мұндай пісіру қалыңдығы t = 1...8 мм табақтар үшін орынды. Қалыңдығы 8 мм-ден астам табақтарды балқитын электродпен автоматикалық тәсілмен пісіру керек.

Негізінде пісірілмелі қосылыстар термиялық нығайтылмаған қорытпаларынан (АДІМ, АМцМ, т. б.) жасалған құралымдарда қолданылады. Алюминий қорытпаларынан жасалған элементтер қосылыстарының құралымдық түрлері болат құралымдардың құралымдық түріне ұқсас. Есептеу ҚМжЕ 2.03.06-85 алюминийлік құралымдар бойынша жүргізіледі. Есептік формулалары болат құралымдардағыдай.

4.11. Пісірілмелі қосылыстардың есептеу мысалдары

4.1-мысал. Қалыңдығы t_1 = 10 мм және t_2 = 12 мм табақтардың пісірмеленген түйістік қосылысын N = 950 кН есептік осьтік созу күштеудің әсеріне есептеңіз (4.6, *а*-сурет). Табақтардың материалы – болат С245. Пісірмелеу Э42 электрод арқылы қолмен орындалады. Жіктің сапасы көзбен шолып бақыланады.

Шығаруы

ҚР ҚМжЕ 5.04-23-2002-нің 51-кестесіне сәйкес қалыңдығы 1,5...20 мм кезінде С245 болаттың аққыштық шегі бойынша есептік кедергісі R_y = 240 МПа = 24 кН/см^2-ге тең. Сапасы көзбен шолып бақыланған түйістік жіктің созуға есептік кедергісі R_{wy} = 0,85 R_y = 0,85 · 24 = 20,4 кН/см^2. Құралымдық талаптар бойынша жіктің жұмыстық биіктігін қосылатын табақтардың жіңішкелеуіне теңестіріп қабылдаймыз $t_w = t_1$ =10 мм, онда түзу түйістік жіктің есептік ұзындығы $\ell_w = b - 2t_w = 50 - 2 \cdot 1 = 48$ см.

Жіктің беріктігін тексеру:

$$\sigma = \frac{N}{t_w \cdot \ell_w} = \frac{950}{1{,}0 \cdot 48} = 19{,}8 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} < R_{wy} = 20{,}4 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2},$$

яғни беріктік шарты қанағаттандырылған.

4.2-мысал. Созатын есептік осьтік N = 950 кН күштеудің әсері кезіндегі қалыңдығы t=12 мм екі табақты қосатын пісірмелі

түйістік жіктің құралымдық ұзындығын анықтаңыз. Табақтардың материалы болат С235. Пісірмелеу қолмен орындалып, жіктің сапасы физикалық тәсілмен бақыланады.

Шығаруы

ҚР ҚНжЕ [4] бойынша табақтың қалыңдығы 1,5…20 мм кезінде С235 болаттың есептік кедергісі $R_y = 230$ МПа =23 кН/см^2.

Түйістік жіктің созуға есептік кедергісі жіктің сапасы физикалық тәсілмен бақыланада $R_{wy} = R_y = 23$ кН/см^2. Жіктің қалыңдығын табақтардың қалыңдығына тең деп белгілейміз $t_w = t = 1{,}2$ см.

Тік жіктің септік ұзындығын анықтаймыз

$$\ell_w = \frac{N}{t_w \cdot R_{wy}} = \frac{950}{1{,}2 \cdot 23} = 34{,}4 \text{ см},$$

онда жіктің құралымдық ұзындығы былай анықталады

$$\ell = \ell_w + 2t_w = 34{,}4 + 2 \cdot 1{,}2 = 36{,}8 \text{ см}$$

4.3-мысал. Созылған болат табақтар симметриялы екі жағынан бастырмалармен қосылған. Есептік созушы күштеу N = 600 кН, табақтардың қимасы b x t = 240 x 16 мм. Бастырманың ені $b_б$ = 200 мм (4.18-сурет). Материалы – болат С245. Жік төменгі орнында жартылай автоматты пісіріледі. Пісіруге арналған маркасы Св-10ГА сымның диаметрі 2 мм, $\gamma_c = 0{,}9$. Бастырмалардың ұзындығын анықтаңыз.

Шығаруы

Алдымен бір жағындағы бастырма бетінің ауданын табамыз

$$A_б = \frac{0{,}5N}{R_y \gamma_c} = \frac{0{,}5 \cdot 600}{24 \cdot 0{,}9} = 13{,}9 \text{ см}^2.$$

Онда бастырманың қалыңдығы мынаған тең болады

$$t_б = \frac{A_б}{b_б} = \frac{13,9}{20} = 0,7 \text{ см}.$$

Қабылдаймыз бастырманың қалыңдығы 8 мм және бұрыштық жіктердің қалыңдығын $k_f = t_б = 8$ мм.

$$\beta_f \cdot R_{wf} \cdot \gamma_{wf} = 0,9 \cdot 21,5 \cdot 1,0 = 19,35 \text{ кН/см}^2 >$$

$$> \beta_z \cdot R_{wz} \cdot \gamma_{wz} = 1,05 \cdot 16,6 \cdot 1,0 = 17,4 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2},$$

мұндағы жіктің балқыту тереңдігін $\beta_f = 0,9$ және балқып қосылған шекарасының тереңдігін $\beta_z = 1,05$ есепке алатын еселеуіштер [4]-тің 35-кестесі бойынша қабылданған; R_{wf} – бұрыштық жіктердің жік металы бойынша кесуге есептік кедергісі [4] 56-кестесінен қабылданған; R_{wz} – бұрыштық жіктердің балқып қосылған шекарасының металы бойыша кесуге (шартты) есептік кедергісі ($R_{wz} = 0,45 R_{un}$).

Есептік қимасы ретінде балқып қосылған шекарасының металы бойынша қимасын қабылдаймыз. Бір бастырманың екі жағындағы қапталдық жіктердің қажетті жалпы есептік ұзындығы

$$2\ell_w = \frac{0,5N}{k_f \beta_z R_{wz} \gamma_{wz} \gamma_c} = \frac{0,5 \cdot 600}{0,8 \cdot 17,4 \cdot 1,0 \cdot 0,9} = 24 \text{ см}.$$

Бір жіктің есептік ұзындығы $\ell_w = \frac{24}{2} = 12$ см.

Бастырма қапталдық жігінің құралымдық ұзындығын анықтаймыз

$$\ell = \ell_w + 2t = 12 + 2 \cdot 0,8 = 14 \text{ см}.$$

Құралымдық талаптарға сәйкес қапталдық жіктің ұзындығы

4см мен $4k_f = 4 \cdot 0,8 = 3,2$ см < 14 см және $85\beta_f k_f = 85 \cdot 0,9 \cdot 0,8 = 61,2$ см > 14 см.

Онда бастырманың ұзындығы былай анықталады

$$\ell_{\text{н}} = 2(\ell + \Delta) = 2(14 + 2{,}5) = 33 \text{ см}.$$

4.4-мысал. Созылған сырықтың, бұрыштық жіктермен орындалған пісірілмелі қосылысын есептеңіз. Сырық қалыңдығы t = 10 мм фасонкаға пісірмелеп қосқан теңсөрелі екі 50х5 мм бұрыштамалардан тұрады. Материалдары – болат С245. Пісірілмелі қосылыс қимасының ауырлық ортасынан өтетін күштеу N = 500 кН. Жік төмен орналасқан жағдайында жартылай автоматты тәсілмен орындалады. Пісіруге арналған диаметрі 2 мм сымның маркасы Св-10ГА.

Шығаруы

ҚР ҚМжЕ-тің [4] 9-кестесі бойынша пісірмеленетін элементтердің жуандауының қалыңдығы t = 10 мм кезінде жіктің минималды катеті $k_f = 4$ мм. Бұрыштаманың қалыңдығы 5 мм кезінде жік катетінің максималды шамасы $k_{fmax} = 0{,}9 \cdot 5 =$ 4,5 мм. Осы себептерден бұрыштама сөрелерінің екеуінде де жік катетін k_f 4 мм-ге тең қабылдаймыз.

ҚР ҚМжЕ-нің [4] 56-кестесі бойынша $R_{wf} = 215$ МПа = $21{,}5$ кН/см^2;

35-кестесі бойынша $\beta_f = 0{,}9$ және $\beta_z = 1{,}05$.

$$R_{wz} = 0{,}45R_{un} = 0{,}45 \cdot 370 = = 166 \text{ МПа} = 16{,}6 \text{ кН/см}^2.$$

$$\beta_f R_{wf}\gamma_{wf} = 0{,}9 \cdot 21{,}5 \cdot 1{,}0 = 19{,}35\text{кН/см}^2 >$$

$$> \beta_z R_{wz}\gamma_{wz} = 1{,}05 \cdot 16{,}6 \cdot 1{,}0 = 17{,}4\text{кН/см}^2.$$

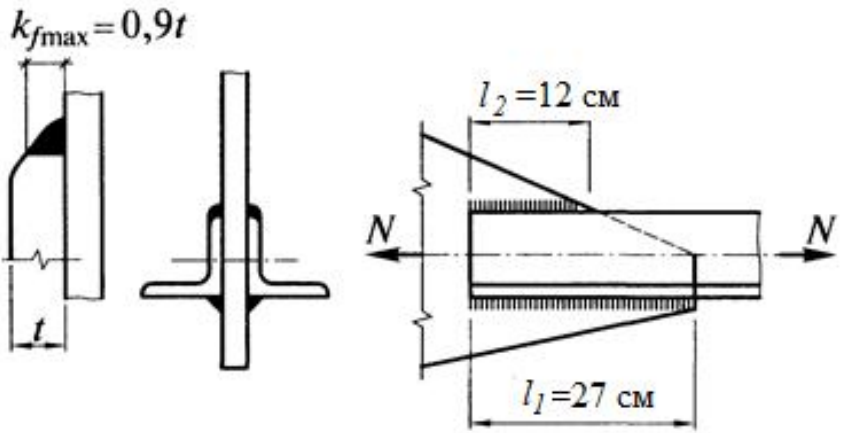
Осы себептен есептік қимасы ретінде балқып қосылған шекарасы металының қимасын қабылдаймыз.

Бір бұрыштаманы бекітетін жіктердің есептік жалпы ұзындығы

$$\ell_w = \frac{N}{k_f \cdot 2 \cdot \beta_z \cdot R_{wz} \cdot \gamma_{wz} \gamma_c} = \frac{500}{0{,}4 \cdot 2 \cdot 17{,}4 \cdot 1{,}0} = 36 \text{ см}.$$

Жіктердің құралымдық ұзындықтарын анықтаймыз:

бұрыштаманың «желкешесінде» $\ell_1 = 0{,}7 \cdot \ell_w + 10 \text{ мм} = 0{,}7 \cdot 360 + 10 = 262 \text{ мм}$, қабылдаймыз $\ell_1 = 27$ см; бұрыштаманың «қанатшасында» $\ell_2 = 0{,}3 \cdot \ell_w + 10 \text{ мм} = 0{,}3 \cdot 360 + 10 = 118 \text{ мм}$, қабылдаймыз $\ell_2 = 12$ см.



4.20-сурет. Фасонкаға бұрыштамаларды бекіту

Бақылау сұрақтары

1. Пісірмелі құралымдардың негізгі артықшылықтарын атаңыз.
2. Пісірмелі жіктердің түрлерін атаңыз.
3. Пісіріленетін элементтердің өзара орналасуына байланысты қосылыстар қалай жіктеледі?
4. Пісірілмелі қосылыстардың есептік кедергілері қалай анықталады?
5. Түйістік жіктің есептік ұзындығы қалай анықталады?

6. Түзу түйістік жіктің беріктігін тексеретін формуланы жазыңыз.

7. Қиғаш түйістік жіктің беріктігін қалай тексеріледі?

8. Майыстырушы моменттің әсеріне түйістік жік қалай тексеріледі?

9. Бұрыштық жіктің жік металы бойынша беріктігін тексеретін формуланы жазыңыз.

10. Жік металымен балқып қосылған жерінің металы бойынша бұрыштық жіктің беріктігін тексеретін формуланы жазыңыз.

11. Пісірілетін элементтердің күйіп кетпеуі үшін бұрыштық жіктердің қалыңдығы қаншадан аспауы керек?

12. Қапталдық жіктердің ең үлкен ұзындығы қаншадан аспауы керек?

5. БҰРАНДАЛЫ ЖӘНЕ ТОЙТАРМАЛЫ ҚОСЫЛЫСТАР

5.1. Жалпы сипаттама

Құралымдардың бұрандалы қосылыстары тойтармалы мен пісіруден бұрын, шойын құралымдармен бір мезгілде пайда болған (XYIII ғасыр ортасында). Қолдану тәжірибесі олардың қолайлы және сенімді екендігін көрсетті. Әдеттегі бұрандалы қосылыстардың тығыздығы тойтармалыдан төмендеу болып ығысуды артығырақ береді. Бірақ орнатуы жеңілдеу келеді және қыздыру үрдісін керек етпейді. Сондықтан олар жинақтау қосылыстарында кеңінен пайдаланып келеді.

Бірақ та бұрандалы қосылыстардың металсыйымдылығы пісірілмеліден артығырақ келеді, себебі олардың түйістік бастырмалары бар және бұрандаларға арналған тесіктер қималарды осалдандырады.

Болат құралымдарда дағдылы беріктікті және жоғары беріктікті бұрандалар қолданылады.

Әзірлеу дәлдігі бойынша дағдылы беріктікті бұрандалар А – дәлдігі көтеріңкі, В – дәлдігі қалыпты, С – дәлдігі дөрекі кластарға бөлінеді. Олар бұранда диаметрінің номиналдысынан ауытқу мүмкіндігімен ажырасады. Мәселен, класы С, В $d \le 30$ мм бұрандалар үшін диаметрінің ауытқуы сәйкес 1 мм және 0,52 мм-ге дейін жетуі мүмкін.

Дағдылы беріктікті бұрандалар көміртекті болаттан әзірленеді. Бұрандалардың беріктік кластары 4,6; 4,8; 5,6; 5,8; 6,6; 8,8 және 10,9 болып бөлінеді. Беріктік класы нүкте арқылы бөлінген екі санмен белгіленеді. Бірінші санының 100-ге көбейтіндісі МПа бойынша бұранданың уақытша кедергісін анықтайды. Ал, екі сандардың көбейтіндісін 10-ға көбейтіп МПа бойынша аққыштық шегі табылады.

Қосылыста дәлдік класы В және С бұрандаларды диаметрі бұранда диаметрінен сәйкес 1 – 1,5 мм-ге және 2 – 3 мм-ге артық тесікке отырғызады. Қосылатын элементтердің тесіктері толық дәл келмегендігінің арқасында ойықтың беті тегіс болмайды. Бұл жағдай бұранданы тесікке тығыз қондыруға мүмкіндік бермейді. Бұранда мен тесік диаметрлерінің айырмашылығы

бұрандалардың отырғызуын жеңілдетеді, бірақ ығысуға жұмыс жасаған кезде қосылыстың деформациялығын ұлғайтып, жеке бұрандалар жұмысының бір қалыпсыздығын көбейтеді. Осы себептен дәлдік класы В және С бұрандамаларды σ_y>380 МПа болаттан жасалған құралымдарда және ығысуға жұмыс жасайтын жауапты қосылыстарда пайдаланбаған жөн. Олар созуға жұмыс жасайтын жинақтау қосылыстарында кең қолданылады.

Дәлдігі көтеріңкі (А класы) бұрандалар дайындаманы (заготовканы) станокта токарлық қайраумен жетілдіріп әзірленеді. Сондықтан олар кейде қайратылған (точеный) немесе таза (чистый) деп аталады. Мұндай бұрандалар үшін тесік диаметрі бұрандалар диаметрінен 0,3 мм-ден артық аспауы керек. Тесіктің беті тегіс болуы шарт. Ол үшін қосатын элементтерді кішілей диаметрмен алдын ала тесіп, оларды арнайы кондуктор-үлгіде жинастырғаннан кейін, тесіктерін есептік диаметрге дейін бұрғылап кеңейту арқылы жасауға болады. Мұндай бұранданы балғамен соқпаса тесікке оңай кіре қоймайды. Бұранда тесікке тығыз отырып ығысу күштерін жақсы қабылдап алады. Бірақ та тұтастыру күштерінің жеткіліксіздігі, беріктігі жоғары бұрандалармен немесе тойтармалармен жасалған қосылыстарға қарағанда, оның жұмысын төмендетеді. Әзірленуінің және орнатуының күрделілігі дәлдігі көтеріңкі бұрандалардың қолдануына шек қояды.

Жоғары берікті бұрандаларды алу үшін оларды легирлендірілген болаттан жасап соңынан термиялық өңдейді. Жоғары берікті бұрандалар дәлдігі қалыпты бұранда болып табылады. Сомынды-гайканы, тарту күшін бақылауға мүмкіндік беретін, тарирлендірілген кілтпен бұрап тартады. Үлкен тарту күшімен біріктірілетін элементтерді қатты қысып, қосылыстың тұтастығы қамтамасыз етіледі. Мұндай қосылысқа ығысу күштері әсер еткенде біріктірілетін элементтер арасында үйкеліс күштері пайда болып осы элементтердің бір-біріне қатысты ығысуына кедергі көрсетеді. Үйкеліс күштерін көбейту үшін элементтердің түйіскен жеріндегі беттері ластан, майдан, таттан және темір қағынан (окалина) тазаланады.

Іргетастық (анкерлік) **бұрандамаларды** ұстыннан іргетасқа созу күштеулерін жеткізу үшін пайдаланады. Оларды С235, С345, С375 болаттан әзірлейді.

Тойтармалы (заклепочные) **қосылыстар** алғашқыда металл құралымдар қосылыстарының негізгі түрі болып келген. Бірақ технологиялық үрдісінің қолайсыздығына (тойтарманы 800 ºС-ге дейін қыздыру) және қосылысқа металдың артық шығындалуына байланысты, тойтармалы қосылыстар қазіргі уақытта пісірмелік және жоғары берікті бұрандалық қосылыстарына ауыстырылған. Олар тек динамикалық немесе вибрациялық жүктемелер әсеріне ұшырайтын ауыр құралымдарда және қиын пісірілетін материалдарды қолданған кезде ғана пайдаланылады.

Тойтарма пластикалық қасиеттері жоғары болатын арнайы көміртекті немесе төменлегирлендірілген болаттан әзірленеді. Қосылатын элементтерде бұрандалы қосылыстағы сияқты тесіктер жасалады. Сол тесіктерге бір шетінде штамповкаланған бүркеншегі бар тойтарма сырықтарын 800-1000 ºС-ға дейін қыздырып салады. Сонан соң шығып тұрған шетін тойтарып (расклепав) екінші бүркеншегін жасайды. Осы кезде тойтарма сырығы жуандап тесікті тығыз толтырады. Мұны ыссылай тойтару деп атайды.

Зауытта ғана орындалатын суықтай тойтару кезінде тойтарма сырығы арнайы аспап арқылы пластикалық деформацияланады. Мұндай тойтару әдетте алюминий және кей кезде болат құралымдарында қолданылады.

Тойтармалы қосылыстардың ығысуға жұмысы дағдылы және жоғары беріктікті бұрандалар жұмысының арасында болады. Себебі пакетті тұтастыру күштері бірталай болса да ығысу күшін тек үйкеліспен қабылдауына жеткіліксіз. Сондықтан олардың есебі әдеттегі бұрандалардың есебіне сәйкес келеді. Ал, үйкеліс күштерінің болуы есептік кедергісін жоғарылату арқылы есепке алынады. Қазіргі ҚМжЕ-де тойтармалы қосылыстарды есептеу жөнінде нұсқалар берілмеген.

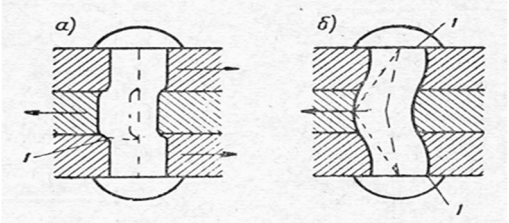
5.2. Статикалық жүктеме әсеріне бұрандалы қосылыстардың ығысуға жұмысы және есептеуі

Бұранадалы қосылыстарда бұранданың сырығын ойыққа қағып (таза бұранда кезінде) немесе бос отырғызып сомынмен (гайка) бұрап тартады. Сомынды тартқан кезде сырықта бастапқы тарту күші пайда болады. Сол күш бұрандалы қосылыс жұмысының негізі болып табылады. Бұл кезде көлденең күштеулер көбінесе үйкеліс арқылы жеткізіледі.

Дағдылы беріктікті бұранда қосылысында ығыстырушы күштердің әсерінен біріктірілетін элементтер арасында дамыған үйкеліс күштері, осы ығыстырушы күштерді толығымен қабылдауға көбінде жеткіліксіз болып келеді.

Қосылыс жұмысын мынадай түрде қарастыруға болады. Ығыстырушы күштеу үйкеліс арқылы жеткізіліп тұрғанда, біріктірілген элементтер тұтас серпімді дене тәрізді жұмыс жасайды. Күштеу үйкеліс күштерінен асқан кезде, ойық беті мен бұранданың сырығы арасындағы саңылау мөлшеріне қосылыс күрт ығысады. Бұдан былай күштеу негізінде бұранда немесе тойтарма сырығын ойық бетіне басу арқылы жеткізіледі. Қосылыс элементтерінің жылжуына сәйкес, күштеу жеткізілген кезде, сырық майысады, жылжыған элементтердің шығыңқы бөлшектерімен жапырылады және олардын да жапырылуына ұшыратады.

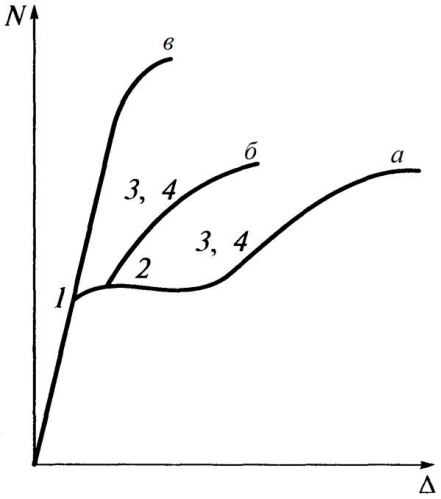
Сырықтың жұмысы біріктірілетін элементтер мен сырық материалдары қаттылықтарының ара қатысына байланысты. Егер сырықтың материалы біріктірілетін элементтердің материалынан жұмсағырақ болса, онда жергілікті жапырылу басым болып, қосылыс сырықтың кесілуінен қирайды.



5.1-сурет. Бұрандалы және тойтармалы қосылыстардың жұмысы

Егер де сырық материалы керісінше біріктірілетін элементтердің материалынан қаттырақ болатын болса, онда ойықтың беті сырық арқылы жапырылады да, сырықтың өзі майысуға ұшырайды. Сырықтың майысуына бүркеншектері кедергі көрсетеді, сондықтан онда созу күштеулері пайда болып сырықты аққыштығына жеткізеді. Яғни мұндай жағдайда сырық майысу мен созудан қирайды.

Бұрандалы қосылыс жұмысы, төрт кезеңге бөлінген диаграммасында келтірілген. Бірінші кезеңде күштеулер үйкеліс арқылы жеткізіледі, мұнда қосылыс серпімді жұмыс жасайды. Беріктігі жоғары бұрандадан жасалған қосылыстар осылай жұмысын атқарады. Сонан соң екінші кезеңде бұранда сырығы мен тесіктің беті арасындағы саңылау шамасына күрт ығысу пайда болады. Үшінші кезеңде ығыстырушы күштеулер негізінде тесік бетінің бұранда сырығын қысу арқылы жеткізіледі. Төртінші кезең серпімдіпластикалық жұмысымен сипатталады.

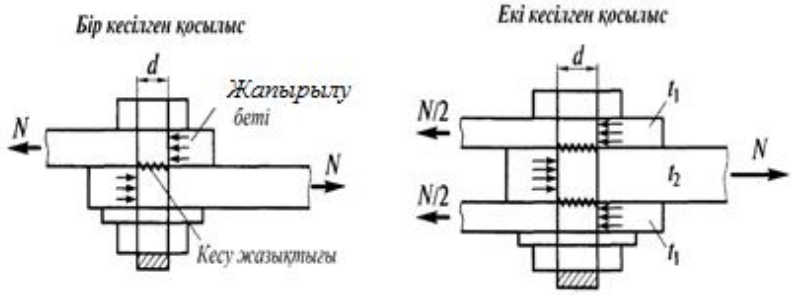


5.2-сурет. Бұрандалы қосылыстың ығысуға жұмысы
а – дөрекі мен қалыпты дәлдіктегі бұрандалар; б – дәлдігі көтеріңкі бұрандалар; в – жоғары берікті және ығысуға тұрақты бұрандалар; 1, 2, 3, 4 – қосылыс жұмыстарының кезеңдері

Қосылыстың есебі қирау түрінің мүмкіндігіне қарай бұранданың кесілуі бойынша (біріктірілетін табақтар қалыңдау болған кезде) немесе тесік бетінің жапырылуы бойынша (табақтар жіңішкелеу болған кезінде) жүргізіледі.

а) **кесуге есептеу**

Бұрандалы (тойтармалы) қосылыстардың кесуге жұмысы қаралған кезде бір кесілген және көп кесілген бұрандаларды ажырата білу керек. Кесу саны біріктірілетін элементтердің бір-біріне қатысты ығысу жазықтықтарының санымен анықталады.



5.3-сурет. Бұранданың кесілуі

Кесу бойынша бір бұранда қабылдай алатын есептік күштеу

$$N_b = R_{bs}\gamma_b A_b n_s, \qquad (5.1)$$

мұндағы R_{bs} – бұрандалардың кесуге есептік кедергісі (58-кесте, ҚНжЕ [4]), γ_b – бұранда және ойық сырт пішінінің (формасының) дұрыс еГОСТігін, бұранда мен ойық арасында саңылаулар болуы мүмкіндігін ескеретін, қосылыстың жұмыс шарты еселеуіші; n_s – бір бұранданың есептік кесілу саны; $A_b = \pi d^2/4$ – бұранда сырығы қимасының есептік ауданы (62-кесте ҚНжЕ [4]), d – бұранда сырығының сыртқы диаметрі.

б) **жапырылуға есептеу**

Бұрандалы қосылыстың жапырылуына есептеуі шартты түрде жүргізіледі, себебі күштеулерді бұрандалардан біріктірілетін табақтарға жеткізетін жерлерінде күрделі кернеуленген жағдайлар байқалады. Нақты кернеуленген жағдайын ескеру қиындығы, есепте бұранда ойық қабырғасын біркелкі қысады деп қабылдауға келтіреді. Осы нақты жұмысына есептеудің сәйкес келмеуі есептік кедергілердің шартты сипаттамасын еңгізумен ескеріледі.

Элементтің жапырылуы бойынша бір бұранда қабылдай алатын есептік күштеу

$$N_b = R_{bp}\gamma_b d\Sigma t, \qquad (5.2)$$

мұндағы R_{bp} – бұрандамен біріктірілетін элементтерінің жапырылуға есептік кедергісі (59-кесте, ҚНжЕ [4]); Σt – бір бағытта жапырылатын элементтер қалыңдығының ең кіші қосындысы; d – бұранда сырығының сыртқы диаметрі.

Барлық бұрандалар бірдей жұмыс жасайды деп санап, қосылыстың салмақ ортасынан өтетін бойлық (ығыстырушы) күш әсерін қабылдайтын бұрандалар саны былай анықталады

$$n \geq \frac{N}{\gamma_c N_{b\,min}}, \qquad (5.3)$$

мұндағы N_{bmin} жапырылу және кесу есебі бойынша анықталған бір бұранданың қабылдай алатын есептік күштеулерінің кішісі; γ_c – құралымның жұмыс шарттары еселеуіші.

Біріктірілетін элементтердің өздері, қимасының ойықтарымен осалдануын ескеріп, A_n – нетто ауданы бойынша беріктікке есептеледі.

5.3. Жоғары берікті бұрандалы қосылыстарды есептеу

Жоғары берікті бұрандамен жасалған қосылыста бақыланатын тарту күші біріктіретін элементтерді қатты тартып қысады. Сондықтан ығыстыру күші әсер еткен кезде, қосылыста пайда болатын үйкеліс күші осы ығыстырушы күштерді толығымен қабылдап алады, яғни қосылыс серпімді жұмыс жасайды.

Мұндай қосылыстың жұмысында бұранданы тарту күші мен үйкелетін беттер сапасының маңызды мәні бар.

Жоғары берікті жалғыз бұрандамен тартылған элементтер қосылысы қабылдай алатын есептік ығыстырушы күштеу мына формула бойынша анықталады:

$$Q_{bh} = P\gamma_b(\mu/\gamma_h)k = R_{bh}\gamma_b A_{bn}(\mu/\gamma_h)k, \qquad (5.4)$$

мұндағы R_{bh} – жоғары беріктікті бұранданың созуға есептік кедергісі ($R_{bh} = 0{,}7\ R_{bun}$; R_{bun} – бұранданың үзуге ең кіші уақытша кедергісі, [4] ҚНжЕ-нің 61-кестесі бойынша қабылданады); A_{bn} – бұранданың нетто қимасының ауданы (оймасы бойынша), ол [4] ҚНжЕ-нің 62-кестесі бойынша қабылданады; γ_b – бұрандалардың санына байланысты қосылыстың жұмыс шарттары еселеуіші

$$\begin{aligned} n < 5 \quad & \text{кезінде} \quad \gamma_b = 0{,}8 \\ 5 \le n < 10 \quad & \text{кезінде} \quad \gamma_b = 0{,}9 \\ n \ge 10 \quad & \text{кезінде} \quad \gamma_b = 1{,}0; \end{aligned}$$

μ – біріктірілетін беттердің өңдеу тәсіліне байланысты үйкеліс еселеуіші ([4] ҚНжЕ-нің 37-кестесі); γ_h – сенімділік еселеуіші ([4] ҚНжЕ-нің 37-кестесі). Оның мәні біріктірілетін беттерді өңдеу (тазалау) тәсіліне, жүктеменің түріне (статикалық немесе динамикалық) және ойықтар мен бұрандалардың номиналдық диаметрлерінің айырмашылығына тәуелді; k – бір бұранданың есептік үйкеліс жазықтығының саны.

Бойлық (ығыстырушы) күшті жеткізу үшін қажетті бұрандалардың саны, күштер бұрандаларға біркелкі таралады деп санай отырып анықталады

$$n \ge \frac{\mathrm{N}}{\gamma_c Q_{bh}} \ . \qquad (5.5)$$

5.4. Бұрандалы қосылыстардың созуға жұмысы және есептеуі

Қосылыстардың созуға статикалық жұмысы кезінде ойықтардың және бұранда бетінің сапасы маңызды емес. Дәлдігі қалыпты мен көтеріңкі бұрандалар созуға бірдей жұмыс жасайды, демек олардың есептік кедергілері бірдей.

Бастапқыдағы бұрандалардың тартылуы олардың созуға көтергіштік қабілетіне ықпалын тигізбейді. Сонымен, қосылыстың беріктігі тек бұранда материалының созуға беріктігімен анықталады.

Созуға жұмыс істейтін қосылыстардағы бұрандалар ығыстыруға жұмыс істейтін қосылыстардағыдай болаттардан жасалады.

Жалғыз бұранда қабылдайтын есептік күштеу мына формула бойынша табылады

$$N_b = R_{bt} \cdot A_{bn}, \tag{5.6}$$

мұндағы R_{bt} – бұранданың созуға есептік кедергісі; A_{bn} – бұранда нетто қимасының ауданы.

Ортасынан түскен созу күшіне жұмыс істейтін қосылыстағы бұрандалардың қажетті саны

$$n \geq \frac{N}{\gamma_c N_b}. \tag{5.7}$$

5.5. Бұрандалы қосылыстардың есептеу мысалдары

5.1-мысал. С235 болаттан әзірленген қимасының өлшемдері 400 х16 мм табақтардың бұрандалы түйісін есептеңіз. Бұрандалар «В» дәлдік класына жатады. Қосылысқа N = 900 кН созу күші әсер етеді. Бұрандалардың беріктік класы 4.6. Түйіс әрқайсысының қалыңдығы 10 мм-ден екі бастырмалармен симметриялы жобаланады.

Шығаруы

ҚР ҚНжЕ-нің [4] 58-кестесіне сәйкес беріктік класы 4.6 бұранданың кесуге есептік кедергісі $R_{bs} = 150$ МПа $= 15$кН/см^2, 51 және 59-кестелері бойынша С235 болаттың $R_{un} = 360$ МПа және бұрандалармен қосылатын элементтердің жаншылуға есептік кедергісі $R_{bp} = 430$ МПа $= 43$ кН/см^2.

Бұрандалардың диаметрін $d_b = 20$ мм және оларға арналған табақтардағы тесіктердің диаметрін d $= 23$ мм деп белгілейміз. Бұранда қимасының ауданы [4]-тің 62-кестесінен $A_b = 3{,}14$ см^2 және қосылыстың жұмыс шарты еселеуіші 36-кестесінен $\gamma_b = 0{,}9$.

Бір бұранданың қабылдай алатын күштеуін анықтаймыз:

- екі жазықтықта кесілген кезде бұрандалардың кесуге жұмысы шартынан

$$N_{bs} = R_{bs}\gamma_b A_b n_s = 15 \cdot 0{,}9 \cdot 3{,}14 \cdot 2 = 84{,}8 \text{ кН};$$

- элементтердің мыжылуы шартынан

$$N_{bp} = R_{bp}\gamma_b d_b \sum t = 43 \cdot 0{,}9 \cdot 2 \cdot 1{,}6 = 123{,}8 \text{ кН}.$$

Жарты бастырмадағы бұрандалардың қажетті саны

$$n = \frac{N}{N_{bmin}\gamma_c} = \frac{900}{84{,}4 \cdot 1} = 10{,}7 \text{ шт.}$$

12 бұрандаларды қабылдаймыз. Оларды 2 қатарға әрқайсына алты бұрандалардан орналастырамыз.

Бұрандаларға арналған тесіктермен осалданған табақтың көтергіштік қабілетін тексереміз

$$R_y A_n \gamma_c = 23 \cdot 1{,}6(40 - 6 \cdot 2{,}3) = 964{,}2 \text{ кН} > N = 900 \text{ кН},$$

яғни біріктірілетін элементтердің беріктігі жеткілікті.

Екі бастырмалардың көлденең нетто қимасының ауданы қосатын элементтің көлденең нетто қимасының ауданынан

көбірек. Сондықтан бастырмлардың қимасын тексеру қажет емес.

5.2-мысал. С235 болаттан әзірленген қимасының өлшемі 380 х 14 мм табақтардың жоғары берікті бұрандалы түйісін есептеңіз. Қосылысқа созатын N = 1100 кН күш әсер етеді. Табақтар материалының есептік кедергісі $R_y = 230$ МПа $= 23$ кН/см^2. Түйіс әрқайсының қалыңдығы 8 мм екі бастырмамен симметриялы жобаланады. Бұрандалардың диаметрі $d_b = 20$ мм. Екі жазықтықтарды өңдеу әдісі бытыраағысты қорғаусыз (дробеструйный без консервации). Тесік пен бұранданың нақтылы диаметрі арасындағы айырымы $\delta = 1 - 4$ мм. Бұрандалардың тартуын реттеу әдісі сомынды бұру бұрышы бойынша.

Шығаруы

ҚР ҚНжЕ [4]-тің 37-кестесіне сәйкес үйкеліс еселеуіші $\boldsymbol{\mu = 0,58}$ және сенімділік еселуіші $\boldsymbol{\gamma_h}$= 1,02. [4]-тің 61-кестесі бойынша бұрандалар материалы 40Х «селект» болаттың үзуге ең кіші уақытша кедергісі $\boldsymbol{R_{bun} = 110}$ кН/см^2. Жоғарыберікті бұрандалардың созуға есептік кедергісі $\boldsymbol{R_{bh} = 0,7R_{bun} = 0,7 \cdot 110 = 77}$кН/см^2.

Жалғыз жоғарыберікті бұранданың көтергіштік қабілетін анықтаймыз.

$$\mathbf{Q_{bh} = \frac{R_{bh}\gamma_b A_{bn}\mu k}{\gamma_h} = \frac{77 \cdot 0,9 \cdot 2,45 \cdot 0,58 \cdot 2}{1,02} = 193}\ \text{кН.}$$

Бұрандалардың саны 5-тен көп және 10-нан кем болады деп күтеміз, сондықтан қосылыстың жұмыс шарты еселеуіші $\gamma_b = 0,9$. Бұранданың нетто қимасының ауданы $d_b = 20$ мм кезінде [4]-тің 62-кестесіне сәйкес $A_{bn} = 2,45$ см^2. Үйкеліс жазықтықтардың саны k = 2.

Жарты бастырмадағы бұрандалардың қажетті саны

$$\boldsymbol{n = \frac{N}{Q_{bh}\gamma_c} = \frac{1100}{193 \cdot 1} = 5,7}\ \text{дана.}$$

6 бұранданы қабылдаймыз. Оларды 2 қатарға әрқайсына үш бұрандадан орналастырамыз.

Қосатын табақтың беріктігін тексереміз. Тесіктің диаметрі d = 23 мм кезінде табақтың көлденең қимасының ауданы $A_n = 1,4(38 - 3 \cdot 2,3) = 43,54$ см^2. Табақтың брутто қимасының ауданы $A = 1,4 \cdot 38 = 53,2$ см^2. Осы аудандардың ара қатынасы $A_n/A = 43,54/53,2 = 0,818 < 0,85$ болғандықтан осаданған қиманы шартты ауданы $\mathrm{A_c} = 1,18A_n = 1,18 \cdot 43,54 = 51,38$ см^2 бойынша тексереміз

$$\mathrm{A_c}R_y = 51,38 \cdot 23 = 1182\ \text{кН} > 1100\text{кН},$$

яғни түйістіретін табақтың беріктігі жеткілікті.

Бақылау сұрақтары

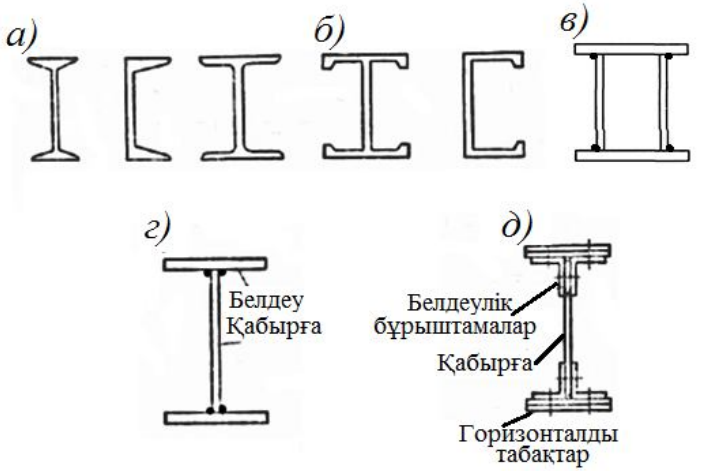
1. Бұрандалар беріктігі бойынша қалай бөлінеді?
2. Әзірлеу дәлдігі бойынша дағдылы беріктікті бұрандалар қалай бөлінеді?
3. Бұрандалардың беріктік кластарын қандай болады?
4. Статикалық жүктеме әсеріне бұрандалы қосылыстардың ығысуға жұмысын сипаттаңыз.
5. Кесу бойынша бір бұранда қабылдай алатын есептік күштеуді табатын формуланы жазыңыз.
6. Элементтің жаншылуы бойынша бір бұранда қабылдай алатын есептік күштеуді табатын формуланы жазыңыз.
7. Жоғары берікті жалғыз бұрандамен тартылған элементтер қосылысы қабылдай алатын есептік ығыстырушы күштеуді табатын формуланы жазыңыз.
8. Жалғыз бұранда созу кезінде қабылда алатын есептік күштеуді табатын формуланы жазыңыз.

6. АРҚАЛЫҚТАР ЖӘНЕ АРҚАЛЫҚТЫҚ ҚҰРАЛЫМДАР

6.1. Арқалықтардың түрлері және оларды қолдану саласы

Арқалық деп көбінесе көлденең майысуға жұмыс жасайтын конструктивтік бөлшектерді атайтындығы материалдар кедергісінен белгілі. Олар азаматтық, қоғамдық және өндірістік ғимараттардың құралымдарында, арқалықтық алаңшаларда, көпірлерде, эстакадаларда, өндіріс ғимараттарының кранасты арқалықтары түрінде кеңінен қолданылады.

Статикалық сұлбасы бойынша арқалықтар қиылған, қиылмаған және консольды болуы мүмкін. Металл шығыны бойынша консольды мен қиылмаған арқалықтар қиылғандарына қарағанда тиімділеу келеді, себебі олардың тірек моменті аралығындағы негізгі моменттерін азайтады. Бірақ әзірлеу мен құрастыру үшін еңбек шығыны бойынша қиылған арқалықтар ұтымдылау болып келеді.



6.1-сурет. Арқалықтың түрлері

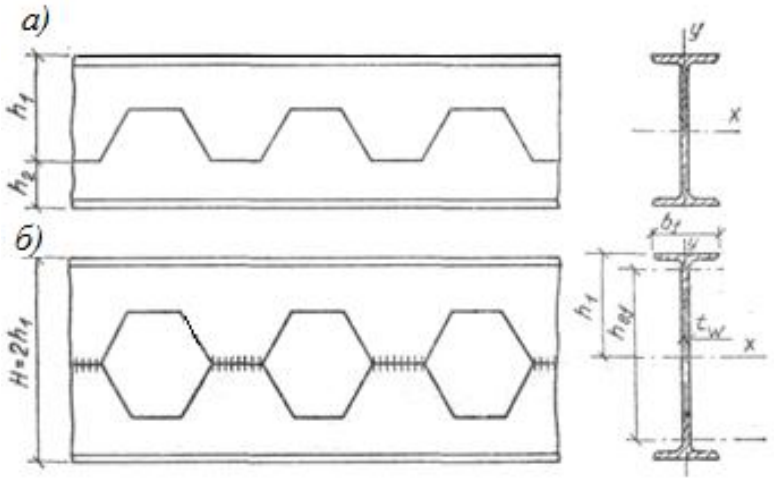
а – прокатты; б – престелген; в, г – пісірілмелі; д – тойтармалы және бұрандамалы

Жүктемесі мен аралығына байланысты қоставр және швеллер қималы, прокатты немесе құрамалы арқалықтар қолданылады. Құрамалы арқалықтарға пісірілмелі, бұрандамалы немесе тойтармалы арқалықтар жатады. Металл арқалықтардың қимасы көбінесе қоставр түрінде (қиманың негізгі түрі) жобаланады. Себебі қоставрлы қима металл шығыны бойынша үнемділеу және құрылымдық жағынан ыңғайлылау келеді.

Прокатты пішіндер беріктік, қатаңдық және орнықтылық шарттарын қамтамасыз ете алмағанда және прокатты арқалықтар металл шығынын арттырған кезде ғана құрама қималы арқалықтар қолданылады. Кейде қос қабырғалы арқалықтар қолданылады. Олардың салмағы ауырлау және еңбек сіңірімділігі көбірек болады. Сондықтан олар арқалықтың көлденең бағытында беріктігі мен қатаңдылығын көбейту қажет болғанда, көлденең байланыстырғыштары жоқ кезінде, қиғаш майысқанда, айналдырушы момент әсер еткенде ғана қолданылады.

Соңғы уақытта өтпелі (перфорацияланған-тесілген) қоставрлы арқалықтар қолданылып жүр. Олар прокатты қоставрдың қабырғасын сынық сызық бойымен кесіп (6.2, *а*-сурет), соңынан шығыңқы жерлерін түйістіре пісіріп жасалады (6.2, *б*-сурет). Осылай алынған элементтің тесігі 6 бұрышты болады. Сондықтан оны кейде «сотовый-кәрізді» деп атайды. Металл шығыны бірдей болса да өтпелі қоставрдың инерция моменті негізгі прокаттыдан 1,5-2 есе артық болады.

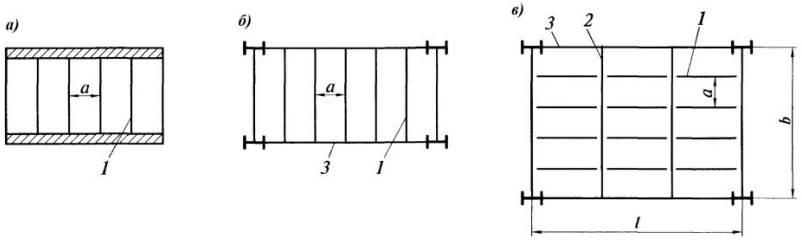
Құрылыста осылардан басқа жұқа қабырғалы арқалықтар, майыстырылған және престелген – қысымдалған пішіндерден әзірленген арқалықтар, алюминий қорытпасынан жасалған құрамалы арқалықтар, алдын ала кернелген арқалықтар және қабырғасы гофрленген-бүрмеленген арқалықтар қолданылады.



6.2-сурет. Перфорацияланған (өтпелі) арқалық
а – қабырғасының кесу сызығы көрсетілген бастапқы тұтас қоставр;
б – өтпелі қоставр

6.2. Арқалықтық құралымдарды құрастыру

Жұмыс алаңшаларының, көпірлер жүргінші бөлігінің тағы басқа құралымдардың көтергіш аражабын арқалықтарының айқасқан жүйесі арқалық торы деп аталады. Іс жүзінде арқалық торының келесі үш түрлері қолданылады: жеңілденген, қалыпты, күрделенген.



6.3-сурет. Арқалық торларының түрлері
а – жеңілденген; б – қалыпты; в – күрделенген; 1 – төсем арқалықтары; 2 – көмекші арқалықтар; 3 – негізгі арқалықтар

Арқалық торының жеңілденген түрінде тек бір бағыттағы ғана аралықтар болады – олар аражабынының кіші жағына параллельді орналасқан төсем арқалықтары. Мұндай арқалық торларында пайдалы жүктемелер тіректерге 2 сатылы жолмен жеткізіледі: төсем қабылдаған жүктеме төсем арқалығына (1-саты), сонан соң төсем арқалығынан тіректерге (2-саты).

Арқалық торларының қалыпты түрінде арқалықтардың екі жүйесі болады – негізгі арқалықтар және оған көлденең орналасқан төсем арқалықтары. Мұнда пайдалы жүктеме тіректерге 3 сатылы жолмен жеткізіледі: төсемнен төсем арқалықтарына (1-саты), төсем арқалығынан негізгі арқалықтарға (2-саты) соңында негізгі арқалықтардан тіректерге (3-саты).

Арқалық торларының күрделенген түрінде арқалықтардың үш жүйесі болады – негізгі арқалықтар, көмекші арқалықтар және төсем арқалықтары. Мұндай торларда пайдалы жүктемелер 4 сатымен тіректерге жеткізіледі.

Жабынның еңбек сіңірімділігін төмендету үшін төсем арқалықтары мен көмекші арқалықтар әдетте прокатты пішінмен қабылданады.

Төсемнің көтергіштік қабілеті төмен болғандықтан, оны сүйеп тұратын арқалықтар жиі қойылады. Сондықтан арқалық торының жеңілденген түрі аралықтары шамалы кезінде ғана тиімді келеді.

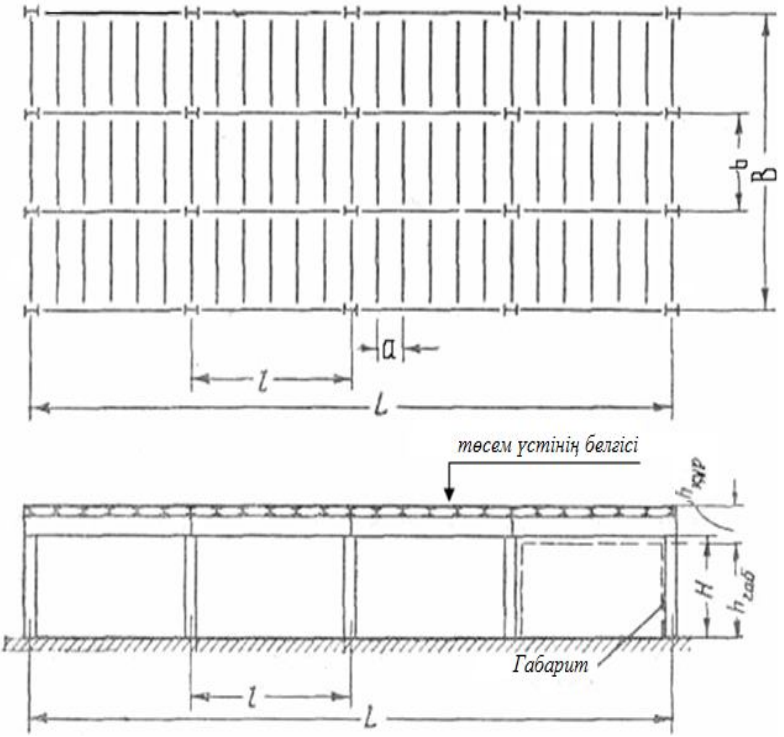
Арқалық торының жоспары мен биіктігі бойынша негізгі өлшемдері: толық ұзындығы «L», толық ені «B», арадағы тіректер – ұстындар арасындағы қашықтық «b», аражабыны астындағы жайдың биіктігі «H», төсем үстінің белгісі, жабдықтарды орналастыру және жайларды ыңғайлы пайдалану шарттарына қарай, сәулетшілермен немесе технологтармен тағайындалады. Төсем үстінің белгісі мен аражабын астындағы жайдың биіктігі арасындағы айырмасы аражабынның мүмкіндікті құрылыстық биіктігін $h_{құр}$. анықтайды.

Негізгі арқалықтарды әдетте өлшемі үлкенірек жағына орналастырып тікелей ұстындарға тірейді.

Төсем арқалықтары арасындағы қашықтық төсемнің көтергіштік қабілетімен анықталады, олар әдетінше болат төсем

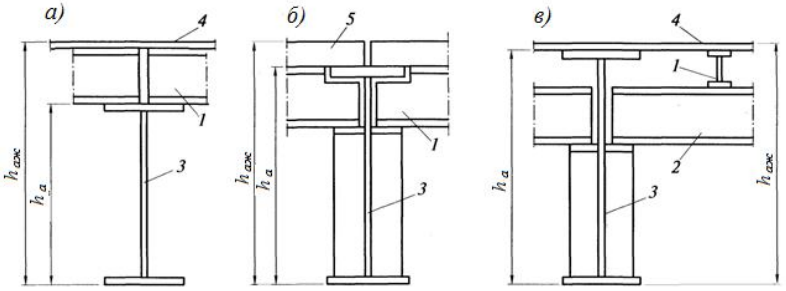
кезінде 0,6-1,6 м-ге, ал темірбетон төсем кезінде 2-3,5 м-ге тең етіп қабылданады.

Көмекші арқалықтар арасындағы қашықтықты таңдаған кезде өзі прокатты саны минималды арқалықтарды алуға тырысу керек. Мұндай қашықтық әдетте 2-5 м арасында қабылданады. Олар арқалықтың аралығына еселі болуы керек.



6.4-сурет. Арқалық торы аражабынының негізгі өлшемдері

Арқалық торының түрін таңдап алу арқалықтардың биіктігі бойынша өзара түйісу мәселесімен де байланысты. Арқалықтар түйісінің келесі түрлері қолданылады: қабаттық, бір деңгейде, төменделген.



6.5-сурет. Арқалықтардың түйісі
а – қабатты; б – бір деңгейде; в – төменделген; $h_а$ – негізгі арқалықтың биіктігі; $h_{аж}$ – аражабынның биіктігі; 1 – төсем арқалықтары; 2 – көмекші арқалықтар; 3 – негізгі арқалықтар

Қабаттық түйіс кезінде, төсем арқалықтары негізгі немесе көмекші арқалықтардың үстіне қойылады. Бұл ең қарапайым, құрастыру жағынан ыңғайлы арқалықтардың түйісу тәсілі болып табылады, бірақ құрылыстық биіктігінің ең үлкен мәнін талап етеді.

Бір деңгейде түйіскен кезде төсем арқалықтары мен негізгі арқалықтардың үстіңгі сөрелері бір деңгейде орналасады, ал оларға төсем сүйенеді. Бұл тәсіл, құрылыстық биіктігі $h_{құр}$ берілген кезде, негізгі арқалықтың биіктігін көбейтуге мүмкіндік береді, бірақ арқалықтардың тіреу құрылымын едәуір күрделендіреді.

Төмендетілген түйіс, арқалықтар торының күрделенген түрінде қолданылады. Мұнда көмекші арқалықтар негізгі арқалыққа жоғарғы сөресінен төмен жалғасады, ал олардың үстіне төсем арқалықтарын орналастырады. Бұл түйістің түрі бір деңгейдегі түйіс сияқты, құрылыстық биіктігі $h_{құр}$ берілген кезде, негізгі арқалықтың ең үлкен биіктігін қабылдауға мүмкіндік береді.

Негізгі арқалықтардың бағыты мен аралығын және төсем арқалықтары арасындағы қашықтығын белгілегеннен соң арқалық торының түрін таңдап алып оны құрастырады. Сонда арқалықтардың жалпы саны минималды, төсем арқалықтары мен көмекші арқалықтар прокатты, арқалықтар арасындағы жалғасуы қарапайым

болулары керек. Және де құрылыстық биіктігін $h_{құр}$ қанағаттандыруы қажет. Осы кезде, жүктемені қысқалау жолмен тірекке жеткізетін, арқалық торының жеңілдеу түрін қабылдаған жөн.

Кейбір кездерде тек қана жалпы өлшемдері беріледі: арқалық торының ұзындығы «L», ені «B», биіктігі «H». Арадағы ұстындар арасындағы қашықтық белгісіз. Онда арқалықтардың аралығын анықтау техника-экономикалық мәселе болып келеді. Оны шешу үшін келесі екі пікірді (принципті) қолдануға болады:

а) құралымның көтергіштік қабілетін толығынан пайдалану, бұл жағдайда арқалықтың қимасына ең қолайлы өлшем қойылады (мәселен, прокатты қоставрдың көп таралған нөмірін), сонан соң әсер ететін жүктемеге қарай, арқалықтың көтергіштік қабілеттілігі толығынан пайдаланылатындай етіп, арқалықтар арасындағы қашықтық немесе аралығы анықталады;

ә) үнемділік, бұл кезде арқалық торы мен оны ұстап тұратын тіректердің құны ең арзан болуына сүйенеді; бұл, көпір құрылысында кеңінен қолданылатын, пікірмен жабынның және ұстап тұратын құралымдардың құндары тең болуы шартынан негізгі арқалықтың құны бойынша оңтайлы (оптималды) аралығы анықталады.

Бақылау сұрақтары

1. Статикалық сұлбасы бойынша арқалықтардың қандай түрлері болады?
2. Арқалық қимасының қандай түрі негізгісі болып табылады?
3. Қосқабырғалы арқалықтар қандай кезде қолданылады?
4. Өтпелі (перфорланған) арқалықтар қалай жасалады?
5. Арқалық торының қарапайым, қалыпты және күрделенген түрлерін сызып көрсетіңіз.
6. Арқалық қимасының қандай түрі негізгісі болып табылады?
7. Қосқабырғалы арқалықтар қандай кезде қолданылады?
8. Өтпелі (перфорланған) арқалықтар қалай жасалады?
9. Арқалық торының қарапайым, қалыпты және күрделенген түрлерін сызып көрсетіңіз.
10. Арқалық торының қай арқалықтары прокатты болуы керек?

6.3. Арқалық торларының төсемдері

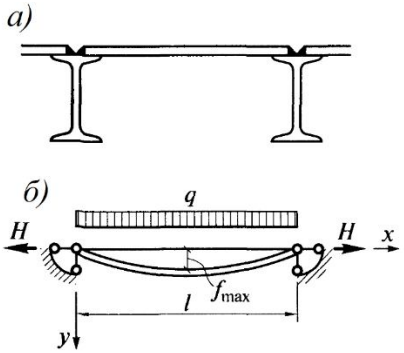
Арқалық торларын жабатын төсемдер, жабынның тағайындалуы мен құралымдық шешіміне байланысты әртүрлі болуы мүмкін. Әдетте олар, төсем арқалықтары арасындағы құралым болып жұмыс жасайтын, астыңғы көтергіш төсемнен және үстіңгі қорғаушы төсемнен тұрады. Қорғаушы төсем ағаштан, асфальттан, кірпіштен және басқа материалдардан әзірленуі мүмкін. Көтергіш төсем ретінде көбінесе жазық болат табақтар немесе құрастырмалы темірбетон тақталар қолданылады.

Соңғы уақытта қалқанды (щитовой) төсем қолданыла бастады. Ол, үстінде қорғаушы қабаттан, астында бойлық және көлденең қабырғашалармен күшейтілген көтергіш болат табақтан тұрады. Төсем қалқандарының өлшемдері 3х12 м-ге дейін жетеді. Олар жабын арқалықтарының үстіне орналастырылады. Мұндай төсем индустриалды болып келеді және шапшаң құрастырылады.

6.3.1. Болат төсем

Металлургия өнеркәсібінің өндіріс цехтарындағы жұмыстық алаңшаларда әдетте жазық болат төсем қолданылады. Ол, арқалықтарға пісірмелеп бекітілген, болат табақтарынан құрылады. Металл шығыны бойынша ең ұтымды шешімге, төсемнің қалыңдығы минималды болған кезде жетуге болады. Себебі майысуға жұмыс жасайтын қоставрлы арқалықта материал, тікбұрыш қималы төсемге қарағанда, жақсырақ пайдаланылады. Бірақ төсем жіңішкерген сайын арқалықтар саны көбейе түседі. Бұл жағдай жабынның еңбек сіңірімділігін күрт өсіреді. Осы себептен біркелкі таралған пайдалы уақытша жүктеме $q \le 10$ кН/м^2 болған кезде қалыңдығы t = 6-8 мм; $11 < q \le 20$ кН/м^2 - 8-10 мм; $21 < q \le 30$ кН/м^2 - t = 10-12 мм; $q > 30$ кН/м^2 - t = 12-14 мм табақтар қолданылуы тиіс. Төсемді арқалыққа пісірмелеп бекіту, жүктің әсерінен ол майысқан кезінде, төсем тіректерінің өзара таялуына мүмкіндік бермейді. Бұл жағдай төсемнің аралығында жұмысын жақсартатын, «Н»

созу күштеуін тудырады. Және пісірмелеп бекіту төсемді қысып ұстатады. Ол, тіректер үстінде момент пайда болдырып, төсем аралығындағы жүк әсерінің моментін төмендетеді. Бірақ, оны қатаңдық қорына енгізіп, қысып бекітілуі есепке алынбайды. Төсемнің тірелуі, тірек қимасында пластикалық топса пайда болуы мүмкіндігін ескеріп, қозғалмайтын топса түрінде қабылданады.



6.6-сурет. Металл төсем
а – төсемнің арқалыққа тірелуі; б – есептік сұлбасы

Төсемнің шекті салыстырмалы майысымы $[f/\ell] \le 1/150$. Жүктеме 50 кН/м^2-ден және салыстырмалы майысымы 1/150-нен аспаған кезде шеттері топсалы бекітілген болат табақтың беріктігі әрқашан қамтылады, сондықтан оны тек майысуға есептеу керек.

Төсемнің параллельді орналасқан арқалықтарға тірелуі оны цилиндр бетімен майысады деп санауға мүмкіндік береді. Мұндай төсемді есептеу үшін, шеттері қозғалмайтын топсалармен бекітілген бірлік енді жолақты төсемнен ойша тіліп аламыз. Онда жүк әсерінен оның майысымы былай анықталады

$$f = f_0 \frac{1}{1+\alpha} \sin\frac{\pi x}{l}, \qquad (6.1)$$

мұндағы $f_0 = \frac{5}{384}\frac{q_n l^3}{E_1 J}$ – көлденең q_n жүктеменің әсерінен пайда болған тілік ортасындағы арқалықтық майысым; $E_1 I$ –

жолақтың цилиндрлік қатаңдылығы, яғни көлденең деформациялардың пайда болуы мүмкін емес кезендегі майысу қатаңдылығы; $E_1 = \frac{\text{E}}{1-\nu^2}$, ν – Пуассон еселеуіші (болат үшін $\nu = 0{,}3$); $\alpha = H / P_э$, Н – жолақты созатын күш (керме), $P_э = \pi^2 E_1 I / \ell^2$ – Эйлер күші; x – жолақтағы тіректен бастап майысым анықталатын жерге дейінгі қашықтық; l – төсем аралығы.

Берілген шекті майысымның шартынан, төсемнің ең үлкен аралығының қалыңдығына қатынасын жуықталған тәуелділіктен (А. Л. Телоян) табуға болады

$$\frac{\ell}{t} = \frac{4n_0}{15}\left(1 + \frac{72E_1}{n_0^4 q_n}\right), \qquad (6.2)$$

мұндағы $n_0 = [l / f] = 150$; q_n – төсемдегі мөлшерлі уақытша жүктеме.

Созушы күш «Н» жуықталған формула бойынша табылады

$$H = \gamma_f \frac{\pi^2}{4}\left[\frac{f}{\ell}\right]^2 E_1 t, \qquad (6.3)$$

мұндағы γ_f – әсер ететін жүктеме үшін сенімділік еселеуіші. Осы күштің әсеріне, төсемді арқалыққа бекітетін, пісірілмелі жіктерді тексеру керек.

6.3.2. Темірбетонды төсем

Болат төсеммен қатар арқалықтар торларында көтергіш төсем ретінде құрастырмалы немесе тұтасқұймалы темірбетон тақталар да қолданылады. Олардың есептеуі мен құралымдауы «Темірбетон» пәнінде толық келтірілген. Болат арқалық торы бойынша есептік-графикалық жұмысын жасаған кезде, жабынның салмағын анықтау үшін темірбетон тақталардың қалыңдығы тақтаның аралығына және уақытша мөлшерлі

жүктемесіне байланысты анықтама әдебиеттерінде келтірілген кестелер бойынша қабылданады.

6.4. Прокатты арқалықтардың қимасын іріктеп алу және көтергіштік қабілетін тексеру

Прокатты арқылықтар ГОСТ 8239-89 бойынша әдеттегі қоставрлардан немесе СТО АСЧМ 20-93 және ГОСТ 26020-83 бойынша сөре қырлары параллельді «Б» түріндегі қоставрлардан, «Ш» түріндегі кең сөрелі қоставрлардан, ГОСТ 8240-93 бойынша швеллерден жобаланады. Прокатты арқалықтарды кедергі моментін $W \le 13000$ см^3 қажет ететін құралымдарда қолдануға болады.

Басты жазықтықтарының біреуінде майысатын прокатты арқалықтардың беріктікке есебі мына формула бойынша жүргізіледі:

$$\sigma = \frac{\mathrm{M}}{W_{n,\min}} \le R_y \gamma_c, \qquad (6.4)$$

мұндағы M – максималды майыстырушы момент; $W_{n,min}$ – нетто қиманың минималды кедергі моменті; R_y – болаттың созуға, сығуға, майысуға аққыштық шегі бойынша есептік кедергісі; γ_c – жұмыс шарттарының еселеуіші.

Сондықтан арқалықтың қажетті кедергі моментін былай табуға болады

$$W_n^{каж} = \frac{\mathrm{M}}{R_y \gamma_c}. \qquad (6.5)$$

Қажетті кедергі моменті бойынша прокатты пішіндердің сортаментінен арқалықтың ең жақын орналасқан үлкендеу нөмірі қабылданады. Аққыштық шегі 530 МПа-ға дейінгі болаттардан әзірленген тұтас қималы қиылған арқалықтар статикалық жүктемелерді қабылдап, жалпы және жергілікті орнықтылықтары қамтылса, оларды беріктікке пластикалық деформацияларының дамуын ескере есептеу қажет. Бұл кезде

арқалықтың қимасы беріктікке келесі формулалар бойынша тексеріледі:

- бас жазықтықтарының біреуінде майысып, жанама кернеуі $\tau \le 0{,}9\ R_s$ болса

$$\sigma = \frac{M}{c_1 W_{n,\min}} \le R_y \gamma_c; \qquad (6.6)$$

- екі бас жазықтықтарында майысып, жанама кернеуі $\tau \le 0{,}5\ R_s$ болса

$$\sigma = \frac{M_x}{c_x W_{xn,\min}} + \frac{M_y}{c_y W_{yn,\min}} \le R_y \gamma_c, \qquad (6.7)$$

мұндағы M, M_x, M_y – майыстырушы моменттердің абсолюттік мәндері;

R_s – болаттың ығысуға есептік кедергісі; c_1, c_x, c_y – пластикалық еселеуіштері; $\tau \le 0{,}5\ R_s$ болған кезде $c_1 = c$; $0{,}5\ R_s < \tau \le 0{,}9\ R_s$ болған кезде $c_1 = 1{,}05\ \beta \cdot c$,

мұнда $\tau = \dfrac{Q}{t_w h_w}$; $\beta = \sqrt{\dfrac{1-(\tau / R_s)^2}{1-\alpha(\tau / R_s)^2}}$.

t_w, h_w – арқалық қабырғасының сәйкес қалындығы мен биіктігі; α – қабырға жазықтығында майысатын қоставрлы қима үшін 0,7-ге тең еселеуіш. Қималардың басқа түрлері үшін $\alpha = 0$. c, c_x, c_y – еселеуіштерінің мәні [4]-тің 66 кестесі бойынша қабылданады.

Таза майысу аймағы бар болған кезде c_1, c_x, c_y – еселеуіштерінің орнына $c_{1m} = 0{,}5\ (1+c)$, $c_{xm} = 0{,}5\ (1+c_x)$; $c_{ym} = 0{,}5\ (1+c_y)$ қабылдау керек.

Арқалық бас жазықтықтарының біреуінде майысқан кезінде серпімді-пластикалық жұмысын есепке алу үшін, қимасының қажетті кедергі моментін мына формула бойынша іріктеп алуға болады

$$W_n^{каж} = \frac{M}{c_1 R_y \gamma_c}. \qquad (6.8)$$

Мұндағы c_1 әуелі 1,1-ге тең деп қабылданып, соңында дәлденеді.

Қабылданған қима жанама кернеу әсеріне тексеріледі (тіректік қимасында $M = 0$, $M_x = 0$, $M_y = 0$ кезінде)

$$\tau = \frac{Q_{\max}}{t_w \cdot h_w} \le R_s \gamma_c,$$

мұндағы Q_{max} – тірек үстіндегі максималды көлденең күш.

Беріктігінен басқа, ең үлкен тік кернеулері бар қималар жалпы орнықтылығына да тексерілуі керек.

Егер арқалықтың сығылған белдеуіне жүктеме үздіксіз тіреліп, оған сенімді байланыстырылған тұтас қатаң төсем арқылы жеткізілсе немесе арқалықтың сығылған белдеуіне көлденең жылжуына бөгет болатын байланыстырғыштар арасындағы арқалық бөлшектерінің есептік "ℓ_{ef}" ұзындығының оның "b_f" еніне қатынасы $1 \le h / b_f \le 6$ және $15 \le b_f / t_f \le 35$ кезінде төменде келтірілгеннен артып кетпесе, арқалықтардың орнықтылығын тексермеуге болады

$$\frac{\ell_{ef}}{b_f} \le \delta \left[0{,}41 + 0{,}0032 \frac{b_f}{t_f} + (0{,}73 - 0{,}016 \frac{b_f}{t_f}) \frac{b_f}{h} \right] \cdot \sqrt{\frac{E}{R_y}}, \qquad (6.9)$$

мұндағы b_f және t_f – сығылған белдеуінің сәйкес ені мен қалыңдығы; h – белдеулік табақтар өстерінің арасындағы қашықтық;

$$\delta = 1 - 0{,}7 \cdot \frac{c_1 - 1}{c - 1} \quad .$$

Серпімді жұмыс жасайтын арақалықтар үшін $\delta = 1$.

Арқалақтың сығылған белдеуі жеткілікті бекітілмеген болса, оның орнықтылығы мына формула бойынша тексеріледі

$$\frac{M}{\varphi_b W_c} \le R_y \gamma_c, \qquad (6.10)$$

мұндағы W_c – сығылған белдеуі үшін кедергі моменті; φ_b – арқалықтардың орнықтылығы майыса – бұралу түрінде жоғалатын кездегі есептік кедергісін төмендету еселеуіші; γ_c – жұмыс шарттары еселеуіші.

Тұтас арқалықтардың жалпы орнықтылығын тексерген кезде $\gamma_c = 0{,}95$ (ҚНжЕ [4] 6- кесте).

Екі симметриялық өстері бар қоставр қималы арқалақтар үшін $\varphi_1 \le 0{,}85$ кезінде $\varphi_b = \varphi_1$, ал $\varphi_1 > 0{,}85$ болса $\varphi_b = 0{,}68 + 0{,}21\,\varphi_1$, бірақ φ_b 1-ден артық болмауы керек. Бұл жағдайда орнықтылығын жоғалтатын аумалы кернеу материалдың серпімдіпластикалық жұмысы аймағында болады

$$\varphi_1 = \Psi \frac{J_y}{J_x}\left(\frac{h}{\ell_{ef}}\right)^2 \frac{E}{R_y}, \qquad (6.11)$$

мұндағы Ψ еселеуіштің мәнін ҚМжЕ [4] 77- кестесі бойынша жүктеменің түріне және α параметріне байланысты қабылдау керек. Прокатты қоставр үшін

$$\alpha = 1{,}54\frac{\mathrm{I}_t}{\mathrm{I}_y}\left(\frac{\ell_{ef}}{h}\right)^2, \qquad (6.12)$$

мұндағы h – қиманың толақ биіктігі; I_t – бұралған кездегі қиманың инерция моменті.

Қимасы швеллер және тағы басқа түрлеріндегі арқалақтардың орнықтылықтарын тексеруінде өздерінің ерекшеліктері бар. Сондықтан олардың есебі ҚМжЕ [4] 7-қосымшасында келтірілген нұсқауларға сәйкес жүргізілуі керек.

Тексерген кезде арқалықтың жалпы орнықтылығының қамтылмағандығы анықталса, онда сығылған белдемесінің есептік ұзындығын азайту керек.

Прокатты арқалықтардың белдеулері мен қабырғасының жергілікті орнықтылығын тексеру қажет емес, себебі ол

прокаттау шарттары бойынша қабылданған қалыңдығымен қамтылады.

6.5. Арқалықтардың қатаңдылығын тексеру

Шекті жағдайдың екінші тобы бойынша тексергенде, материалдың серпімді жұмысын болжамдай отырып, мөлшерлік жүктемелер әсеріне арқалықтың майысымы анықталады. Арқалықтың, қатаңдылық өлшемі болып табылатын, салыстырмалы майысымы өзінің мөлшерлік мәнінен аспауы керек. Мөлшерлік мәндері арқалықтың арналуына байланысты қабылданады

$$f/l \le [f/l] .$$

Таралған жүктememен жүктелген қиылмалы арқалықтың майысымы белгілі формула бойынша анықталады:

$$f_{киыл.} = \frac{5}{48}\frac{\mathrm{M}_{n,\max} \cdot \ell^2}{EI},$$

бірақ біркелкі таралған жүктememен жүктелген бір аралылықты арқалықтың ең үлкен майыстырушы моменті $\mathrm{M}_{n,\max} = \frac{q_n \ell^2}{8}$, сондықтан оның майсымы

$$f_{разр.} = \frac{5}{384}\frac{q_n \ell^4}{EI} \le [f]. \qquad (6.13)$$

Бақылау сұрақтары

1. Төсем болаттан жасалған кезде төсем арқалықтары арасындағы қашықтық қандай аралықта қабылданады?
2. Төсем темірбетоннан жасалған кезде төсем арқалықтары арасындағы қашықтық қандай аралықта қабылданады?

3. Көмекші арқалықтар арасындағы қашықтықтар қандай аралықтарда қабылданады?

4. Арқалықтардың биіктігі бойынша қосылатын үш түрін сызып көрсетіңіз.

5. Төсемнің шекті салыстырмалы майысымы қаншаға тең?

6. Төсемнің ең үлкен аралығының оның қалыңдығына қатынасын жазыңыз.

7. Кедергі моменттің қандай шекті мәніне дейін прокатты арқалықтар қолданылады?

8. Прокатты арқалықтың серпімді жұмысы кезеңі бойынша және пластикалық деформациялардың дамуын есепке алып беріктігін тексеретін формуласын жазыңыз.

9. Арқалықтардың жалпы орнықтылығын қандай жағдайларда тексермеуге болады ?

10. Жүктеме біркелкі таралған кездегі арқалық майысымын анықтайтын формуласын жазыңыз.

6.6. Құрама арқалықтарды жобалау

Көбінде арқалық торына біркелкі таралған жүктеме әсер етеді. Оларды, есептеген кезде, жүктеу ауданынан төсем арқалығына, көмекші және негізгі арқалықтарына түсетін ұзындық жүктемеге келтіреді. Қималарын іріктеп алу алдында арқалықтарды статикалық есптеу керек. Оның нәтижесінде ерекше қималарындағы есептік майыстырушы моменттер мен есептік көлденең күштер анықталады.

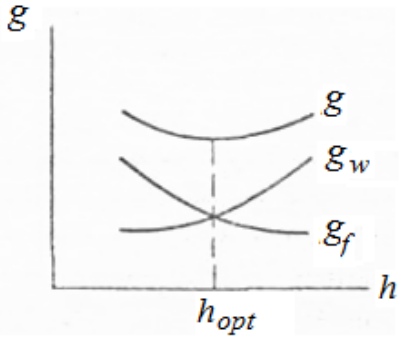
*6.6.1. Құрама арқалықтардың биіктіг***і**

Қиманың үйлестіруін арқалық биіктігін анықтаудан бастаған жөн, себебі оған арқалықтың барлық қалған параметрлері байланысты. Арқалықтың биіктігі келесі үш шарттарға қарай белгіленеді:

- металдың ең аз шығындалуы;
- арқалықтың қажетті қатаңдылықпен қамтамасыз етілуі;
- берілген құрылыстық биіктіктің бұзылмауы.

Құрылыстық биіктік «$h_{құр}$» деп төсем үстінің белгісі мен аражабын астындағы жай биіктігінің айырмасын атайды. Құрылыстық биіктік әдетте технологтармен немесе сәулетшілермен тағайындалады.

Прокатты аралықтардың көтергіштік қабілеті, әрбір пішін өлшемдері үшін сұрыптамада (сортаментте) келтірілген, белгілі W-кедергі моментімен сипатталады. Құрамалы арқалықтарда кедергі моменттің бірдей мәнін қиманы әр түрлі үйлестіру кезінде алуға болады. Мұндай жағдайда қима биіктігін металл шығыны бойынша оңтайлы (оптималды) болдыруына тырысу керек.



6.7-сурет. Арқалық массасының қима биіктігіне тәуелділігінің графигі

Арқалықтың массасы қабырғасы мен екі белдеулері массасынан құралады және де арқалықтың биіктігі ұлғайған сайын белдеулер массасы азая түседі, ал қабырғасының массасы керісінше өсе береді. Демек белдеулері мен қабырғасы массаларының қосындысы ең аз болатын арқалықтың биіктігі бар болуы керек. Бұл биіктік оңтайлысы (оптималдысы) болып табылады, себебі ол материалдың ең аз шығындалуын анықтайды.

Арқалықтың h_{opt} – оптималды биіктігін мына жолмен табуға болады:

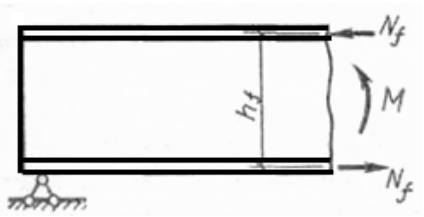
$$g = g_w + 2g_f.$$

Арқалық қабырғасының массасы $g_w = \rho \cdot t_w \cdot h_w \cdot \ell \cdot \psi_w$ немесе $g_w = \rho \cdot t_w \cdot h_w \cdot \psi_w$ – қабырғасының 1 м ұзындық массасы, мұндағы ρ – металдың тығыздығы; ψ_w – қатаңдық қабырғашалары, түйістік бастырмалары, пісірмелі жіктері бар болғандығы арқасында нақтылы массасының оның есептеп табылған мәнінен басымдылығын ескеретін, қабырғасының құралымдық еселеуіші; t_w, h_w – қабырғасының сәйкес биіктігі және қалыңдығы.

Белдеуснің массасын анықтау үшін, алдын ала оның ауданын "A_f" табу керек. Арқалықтың көлденең қимасында майыстырушы момент "M" белдеуі мен қабырғасы арасында олардың инерция моменттеріне пропорционалды таралады. Онда

$$\frac{M_f}{M} = \frac{I_f}{I} = c; \qquad M_f = M \cdot c.$$

Мұнда M_f – белдеулерімен қабылданатын майыстырушы момент; I_f – бейтарап осіне қатысты белдеулер қимасы ауданының инерция моменті; I – соның өзі, арқалықтың толық қимасына. Басқа жағынан $M_f = N_f \cdot h_f$, яғни $N_f = \frac{M_f}{h_f} = \frac{M \cdot c}{h_f}$.



6.8-сурет. Арқалық белдеулеріндегі майыстырушы моменті анықтауға

$$A_f = \frac{N_f}{R_y} = \frac{M \cdot c}{R_y \cdot h_f}.$$

Осыдан белдеуінің 1м ұзындығының массасы

$$g_f = A_f \cdot \rho \cdot \psi_f = \frac{\mathrm{M} \cdot c}{R_y \cdot h_f} \cdot \rho \cdot \psi_f,$$

мұндағы ψ_f – белдеуінің құралымдық еселеуіші. $h_w \approx h_f \approx h$ деп болжамдай отырып табамыз

$$g = g_w + 2g_f = \rho \cdot t_w \cdot h \cdot \psi_w + 2\frac{M \cdot c}{h \cdot R_y} \cdot \rho \cdot \psi_f.$$

Арқалық массасы формуласынан биіктігі бойынша туындысын алып, оны нөлге теңдегеннен соң, арқалықтың ең аз массасын анықтаймыз

$$\frac{dg}{dh} = \rho \cdot t_w \cdot \psi_w - 2\frac{M \cdot c}{h^2 \cdot R_y} \cdot \rho \cdot \psi_f = 0,$$

«ρ»-ға қысқартқаннан кейін $t_w \cdot \psi_w - 2\psi_f \frac{M \cdot c}{h^2 \cdot R_y} = 0,$

онда $h_{opt} = \sqrt{\frac{2\psi_f}{\psi_w} \cdot \frac{M \cdot c}{R_y \cdot t_w}}$, $k = \sqrt{\frac{2 \cdot c\psi_f}{\psi_w}}$ белгілеу еңгізсек

$$h_{opt} = k\sqrt{\frac{\mathrm{M}}{R_y \cdot t_w}} = k\sqrt{\frac{W}{t_w}}, \qquad (6.14)$$

мұндағы k – белдеулер мен қабырғаның құралымдық еселеуішіне байланысты еселеуіш. «k» мәні пісірмеленген арқалықтар үшін 1,15 ÷ 1,2, тойтармаланғандар үшін 1,2 ÷ 1,25 қабылданады.

К. К. Муханов қабырғасының иілгіштігі мен арқалықтың оптималды биіктігі арасындағы тәуелділігін шығарған

$$h_{opt} = \sqrt[3]{3\lambda_w W / 2}, \qquad (6.15)$$

мұндағы $\lambda_w = h_w / t_w$ – қабырғасының иілгіштігі.

Арқалықтың ең кіші биіктігі қажетті қатаңдығымен, яғни шекті майысымымен анықталады.

Екі тіректерде бос жатқан арқалыққа q_n – мөлшерлік, q – есептік біркелкі таралған қума жүктеме әсер етеді деп қабылдаймыз. Онда

$$M_{\max} = \frac{q\ell^2}{8}.$$

Шекті жағдайдың 1-тобы бойынша $\sigma = \frac{M_{\max}}{W} \le R_y$ немесе

$$M_{\max} = R_y \cdot W = R_y \frac{I}{h/2},$$

мұндағы $W = \frac{I}{h/2}.$ Осыдан $I = \frac{M_{\max} \cdot h}{2R_y} = \frac{q\ell^2 \cdot h}{2 \cdot 8 \cdot R_y}.$

Арқалық қимасының табылған инерция моменті формуласын шекті жағдайдың екінші тобы шартына ауыстырып қоямыз

$$\frac{f}{\ell} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_n \ell^3}{EI} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_n \cdot \ell^3}{E} \cdot \frac{16R_y}{q\ell^2 h} = \frac{5}{24} \frac{q_n \ell}{E} \cdot \frac{R_y}{qh}.$$

Осыдан арқалықтың ең кіші биіктігін табамыз

$$h_{\min} = \frac{5}{24} \cdot \frac{R_y \ell}{E} \left[\frac{\ell}{f}\right] \cdot \frac{q_n}{q}. \qquad (6.16)$$

Материалдың серпімдіпластикалық жұмысын пайдаланатын арқалықтар үшін

$$h_{\min} = \frac{5}{24} \cdot \frac{c_1 R_y \ell}{E} \left[\frac{\ell}{f}\right] \cdot \frac{q_n}{q}, \qquad (6.16a)$$

мұндағы $h_{\min}$ материалдың көтергіштік қабілетін толық пайдаланған кезде арқалықтың қажетті қатаңдығын қамтамасыз етеді. Келтірілген формула біркелкі таралған жүктемеге арналса

да, жүктемелердің басқа түрлерінде оны жуықтап пайдалануға болады.

Ақырында арқалықтың биіктігі оптималдысына жуық, бірақ минималдысынан кем болмайтындай қабылданады. Бұдан басқа, арқалықтың биіктігі аражабын құралымының құрылыстық биіктігіне сәйкес келуі керек, яғни арқалықтың биіктігі төсем қалыңдығымен бірге аражабынның құрылыстық биіктігінен аспауы керек.

Және де арқалықтың биіктігі, сортамент бойынша табақтар енінің өлшемдерімен келістіріледі – прокатты табақтардың еніне тең қабылданады. Құралымдарды унификациялау үшін арқалықтың биіктігі 100 мм-ге еселі болуы қажет.

6.6.2. Қабырғаның қалыңдығы

Құрама арқалық қабырғасының қалыңдығы екі шарт бойынша белгіленеді:

- қабырғасының кесуге беріктігінен;
- қабырғасының жергілікті орнықтылығынан.

Кесуге беріктік шарты, Н. Г. Журавский формуласына сәйкес, мынадай түрде жазылады

$$\tau_{\max} = \frac{Q_{\max} \cdot S_x}{\mathrm{I}_x \cdot t_w} \le R_s \gamma_c, \qquad (6.17)$$

мұндағы Q_{max} – максималды есептік көлденең күш; S_x – арқалықтың жарты қимасы (симметриялы қимада) ауданының бейтарап өсіне қатысты статикалық моменті; I_x – арқалық қимасының бейтарап өсіне қатысты инерция моменті; t_w – қабырғаның қалыңдығы; R_s – қабырға металының кесуге (ығысуға) есептік кедергісі.

Осыдан $$t_w = \frac{Q_{\max} \cdot S_x}{I_x \cdot R_s \cdot \gamma_c}. \qquad (6.18)$$

Қабырғасының ауданы мен белдеулерінің ауданы тең, қимасы оңтайлы (оптималды) арқалықтардың ішкі қос күштерінің иіні $I / S \approx 0{,}85h_w$ құрайды. Онда

$$t_w = \frac{Q_{\max}}{0{,}85h_w \cdot R_s \cdot \gamma_c} = \frac{1{,}2Q_{\max}}{h_w \cdot R_s \cdot \gamma_c}. \qquad (6.19)$$

Егер қиылған пісірмелі арқалық, бүйірбетіне пісірмелеп бекітілген тірек қабырғашасы арқылы тірелсе, онда арқалықтың тірек қимасында жанама кернеуге тек қабырғасы ғана жұмыс жасайды деп есептеуге болады. Онда

$$S_x = S_w = \frac{A_w}{2} \cdot \frac{h_w}{4} = \frac{t_w \cdot h_w}{2} \cdot \frac{h_w}{4} = \frac{t_w \cdot h_w^2}{8};$$

$$I_x = I_w = \frac{t_w \cdot h_w^3}{12};$$

$$\frac{S_x}{I_x} = \frac{S_w}{I_w} = \frac{t_w \cdot h_w^2}{8} \cdot \frac{12}{t_w \cdot h_w^3} = \frac{3}{2h_w}.$$

Бұл жағдай үшін арқалық қабырғасының қалыңдығы

$$t_w \geq \frac{Q_{\max} \cdot S_x}{I_x \cdot R_s \cdot \gamma_c} = \frac{3}{2} \cdot \frac{Q_{\max}}{h_w R_s \cdot \gamma_c}. \qquad (6.20)$$

Қабырғасын бойлық қатаңдық қабырғашамен күшейтпей жергілікті орнықтылығын қамтамасыз ету үшін, биіктігі 2 м-ге дейінгі арқалықтарда мына ара қатыс сақталуы керек

$$t_w \geq \frac{h_w}{5{,}5}\sqrt{\frac{R_y}{E}}. \qquad (6.21)$$

Тым биік арқалықтарда қабырғасын жұқа (h / 200 … h / 250) түрде қабылдап, оны қосымша бойлық қабырғашамен күшейткен экономикалық жағынан орынды болып табылады.

Биіктігі 1-2 м арқалықтар үшін қабырға қалыңдығының үнемді мәнін эмпирикалық формула бойынша алуға болады

$$t_w = 7 + \frac{3h}{1000} \text{ мм.} \qquad (6.22)$$

Қабырғаның қалыңдығы болат табақтың прокатында бар қалыңдықтарымен келісуі керек. Әдетте қабырғаның минималды қалыңдығы 8 мм-ден кем қабылданбайды.

6.6.3. Белдеулерін құрастыру

Арқалықтың биіктігі мен қабырғасының қалыңдығын белгілегеннен соң белдеулерін құрастыруға ауысамыз. Толық қиманың белгілі кедергі моменті

$$W^{каж} = \frac{M_{\max}}{R_y \gamma_c} \quad \text{немесе} \quad W_{p\ell}^{каж} = \frac{M_{\max}}{c_1 \cdot R_y \cdot \gamma_c}$$

мен арқалықтың биіктігі бойынша белдеулердің шамалап қима ауданы анықталады. Арқалық қимасы ауданының қажетті инерция моменті $\mathrm{I}_x = \frac{W_x \cdot h}{2}$, ал бейтарап осіне қатысты қабырға қимасы ауданының инерция моменті $\mathrm{I}_w = \frac{t_w h_w^3}{12} \approx \frac{t_w h^3}{12}$. Онда белдеулеріне келетін инерция моменті

$$I_f = I_x - I_w = \frac{W_x h}{2} - \frac{t_w h^3}{12}.$$

Басқа жағынан, егер $h_f \approx h$ деп жуықтап қабылдасақ және белдеуі қима ауданының меншікті $x_o - x_o$ осіне қатысты инерция моментін елемесек, онда

$$I_f \approx 2A_f \cdot \left(\frac{h}{2}\right)^2 = \frac{2A_f \cdot h^2}{2},$$

осыдан $$A_f = \frac{2I_f}{h^2} = \frac{2 \cdot \left(\frac{W_x h}{2} - \frac{t_w \cdot h^3}{12}\right)}{h^2} = \frac{W_x}{h} - \frac{t_w \cdot h}{6}. \qquad (6.23)$$

Әдетте пісірмеленген арқалықтар белдеуінің қалыңдығы «t_f» қабырғасының қалыңдығынан «t_w» асыра қабылданады. Бірақ та, пісірмелеудің шөгу кернеулерін аса үлкейтпеу үшін $t_f \leq 3\ t_w$ болуы керек. Белдеу қалыңдығын 30 мм-ден асырмаған жөн, себебі есептік кедергісі төмендеп кетеді.

Арқалықтың жалпы орнықтылығын қамтамасыз ету үшін, белдеу табағының минималды ені $b_{f\,\min} = \left(\frac{1}{3} \div \frac{1}{5}\right)h$ аралығында белгіленеді.

Технологиялық ұғыныс бойынша (автоматтық пісірмелеуді қолайландыру үшін) белдеудің ені 180 мм-ден және $h/10$-нан кем болмауы керек.

Сығылған белдеуінің жергілікті орнықтылығы қамтылған деп санау үшін оның «b_{ef}» асылым енінің «t_f» белдеуінің қалыңдығына қатынасы келесі шарттарға сәйкес келуі керек:

а) материалдың серпімді жұмысы кезінде

$$\frac{b_{ef}}{t_f} \leq 0{,}5\sqrt{\frac{E}{R_y}}; \qquad (6.24)$$

б) пластикалық деформациялардың дамыған кезінде

$\frac{b_{ef}}{t_f} \le 0{,}11\frac{h_w}{t_w}$, бірақ $0{,}5\sqrt{\frac{E}{R_y}}$ -тен аспауы керек. (6.24*а*)

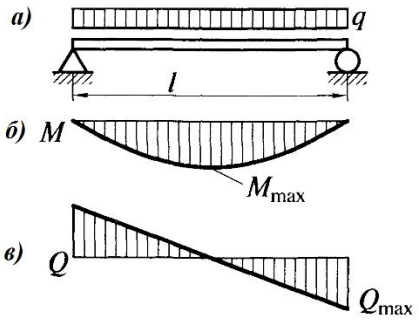
Егер $\frac{h_w}{t_w} \le 2{,}7\sqrt{\frac{E}{R_y}}$ болса, онда $\frac{b_{ef}}{t_f} \le 0{,}3\sqrt{\frac{E}{R_y}}$. (6.25)

Мұнда $b_{ef} = (b_f - t_w) / 2$.

Арқалықтардың ені бойынша кернеулердің біркелкі таралуы шартынан, созылған белдеулерінің енін $30 \cdot t_f$ -тан асырмай қабылдау керек.

6.6.4. Арқалықтың ұзындығы бойынша қимасын өзгерту

Қиылған арқалықтарда аралығының ортасынан тірек жағына қарай алыстаған сайын майыстырушы моменттің абсолюттік шамасы азая түседі (6.9, б-сурет). Сондықтан максималды моменті бойынша іріктеп алынған қимасын арқалықтың толық ұзындығы бойынша тұрақты қалдыру қажет емес. Бірақ та қиманы өзгерту арқалықтың әзірлеу кезіндегі еңбексіңірімділігін көбейтеді. Осы себептен ол, аралығы 10 м-ден асқан кезінде ғана, арқалықтар үшін экономикалы жағынан тиімді болып табылады.



6.9-сурет. Қиылмалы арқалықтағы күштеулер эпюралары

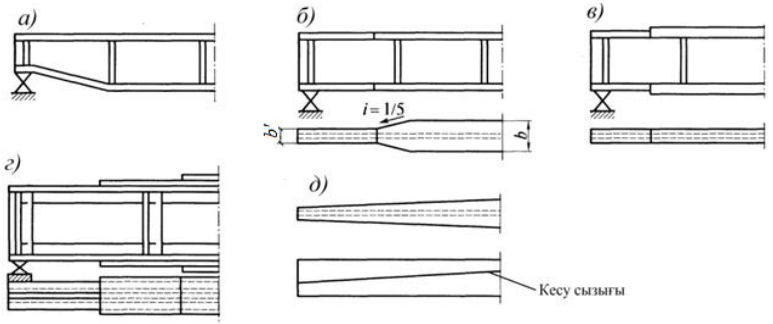
Қиманы екі тәсілмен өзгертуге болады:

1) арқалық қабырғасының биіктігін кішірейтумен;

2) белдеулер қимасын кішірейтумен.

Бірінші тәсіл күрделілеу келеді және жанама кернеулерді қабылдау үшін қабырғасының қалыңдығын ұлғайтуды талап етуі мүмкін. Сондықтан бұл тәсіл сирек қолданылады. Арқалық қимасын, белдеуінің енін немесе қалыңдығын кішірейтумен өзгертуге болады. Пісірмеленген арқалықтарда тұрақты биіктігін сақтау үшін белдеуінің енін өзгерткен жөн. Мұндай жағдай үстінде орналасатын құралымдардың қабатты тірелуіне мүмкіндік береді және металл сұраныс тапсырмасын оңайлатады. Белдеу қалыңдығын өзгерту қолайсыздау келеді, себебі ол арқалық биіктігінің тұрақтылығын бұзады.

Аралығы 30 м-ге дейінгі қиылған пісірмелі арқалықтарда ұзындығы бойынша симметрия өсінің бір жағында белдеу қимасы бір рет қана өзгертіледі. Себебі қимасының екінші рет өзгертілуі металл шығынына қосымша 3-4 пайыз ғана үнемділік береді. Кеңтілімді болатты оттекпен диагональды кесу арқылы белдеу енін үздіксіз өзгертіп, болаттың үнемділігін едәуірге жеткізуге болады. Бірақ әзірлеу кезіндегі еңбексіңірімділігінің көбеюіне байланысты бұл тәсіл сирек қолданылады.



6.10-сурет. Арқалықтың ұзындығы бойынша қимасын өзгерту:
а – арқалық қабырғасының биіктігін өзгертумен; б – белдеу енін өзгертумен; в – белдеу қалыңдығын өзгертумен; г – горизонталды табақтар санын өзгертумен; д – белдеулерінің енін үздіксіз өзгертумен

Металл шығыны бойынша ең ұтымды белдеулер қимасын өзгертетін жері, жүктемесі біркелкі таралған пісірмелі арқалық үшін, тіректен шамамен ℓ/6 қашықтықта орналасады. Осы орында әсер ететін майыстырушы моменттің мәнін момент эпюрі бойынша графикалық әдіспен немесе мына формула бойынша табуға болады

$$M'_{(x)} = \frac{qx(\ell - x)}{2}. \qquad (6.26)$$

Қимасы айнымалы арқалықтарда пластикалық деформациялардың дамуын "М" мен "Q"-дің ең қолайсыз үйлескен жалғыз қимасында ғана есепке алу керек. Қалған қималарында пластикалық деформациялардың дамуына жол берілмейді.

Майыстырушы момент $M'_{(x)}$ бойынша, болаттың серпімді жұмысына сүйене отырып, арқалық қимасының қажетті кедергі моменті анықталады

$$W'_{(x)} = \frac{M'_{(x)}}{R_y}, \qquad (6.27)$$

сонан соң белдеулерінің жаңа қимасы іріктеп алынады. Мұндағы белдеулердің ені келесі шарттарға сай болуы керек:

$$b'_f \geq 180 \text{ мм}; \qquad b'_f \geq b_f/2; \qquad b'_f \geq h/10.$$

Басқалай да қарастыруға болады. Алдымен қимасы кішірейген белдеуінің ені белгіленеді де, жаңа қимасының қабылдай алатын майыстырушы моменті анықталады:

$$I' = I_w + 2b'_f t_f \left(\frac{h_w}{2} + \frac{t_f}{2}\right)^2, \qquad W' = \frac{2I'}{h},$$

$$M' = W' R_y \gamma_c . \qquad (6.28)$$

$M'_{(x)} = M'$ деп қабылдап, тіректен белдеу қимасын өзгертетің "х" қашықтығы табылады.

Ені әртүрлі белдеулердің түйісі әдетте түзу жікпен жасалады. Бірақ созылған белдеу жігінің беріктігі негізгі металдың беріктігіне тең болу үшін пісірмеленген жіктің сапасы физикалық әдіспен тексерілуі керек. Олай болмаса есептегенде созылған түйістік жіктің есептік кедергісі R_{wy} = 0,85 R_y деп қабылданады.

6.6.5. Арқалықтың беріктігі мен майысымын тексеру

Пісірмелі арқалықтың қимасы өлшемдерін шамалап белгілегеннен соң, оның беріктігін, қатаңдылығын және орнықтылығын соңғы рет тексеру керек.

Қиылмалы арқалықтарда ең үлкен тік кернеулер мен жанама кернеулердің орнындары әдетте дәл келмейді. Сондықтан олар бөлек тексеріледі. Рұқсат етілген деформациялардың ерекшеліктеріне қарай тік кернеулер мына формулалардың біреуімен тексеріледі

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_n} \le R_y \gamma_c;$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{c_1 W_n} \le R_y \gamma_c,$$

мұндағы W_n – нетто қимасының кедергі моменті; c_1 – пластикалық деформациялардың дамуын есепке алатын еселеуіш.

$\tau \le 0{,}5\ R_s$ болғанда $c_1 = c$,

ал егер $0{,}5\ R_s < \tau \le 0{,}9\ R_s$ болатын болса, онда $c_1 = 1{,}05 \cdot \beta \cdot c$.

Мұнда $\beta = \sqrt{\frac{1-(\tau / R_s)^2}{1-\alpha(\tau / R_s)^2}}$; $\tau = \frac{Q}{t \cdot h}$;

β – көлденең қима түріне байланысты еселеуіш; с – [4] 66-кестесі бойынша қабылданатын қима түріне және A_f / A_w байланысты еселеуіш; α – қабырғасы жазықтығында майысатын қоставрлы қима үшін 0,7-ге тең еселеуіш. Қималардың басқа түрлері үшін α = 0; R_s – болаттың ығысуға есептік кедергісі; R_y – болаттың, аққыштың шегі бойынша майысуға есептік кедергісі.

Таза майысу аймағы бар болған кезде c_1-дің орына c_{1m} = 0,5 (1 + с) қабылданады.

Жанама кернеу белгілі формула бойынша тексеріледі

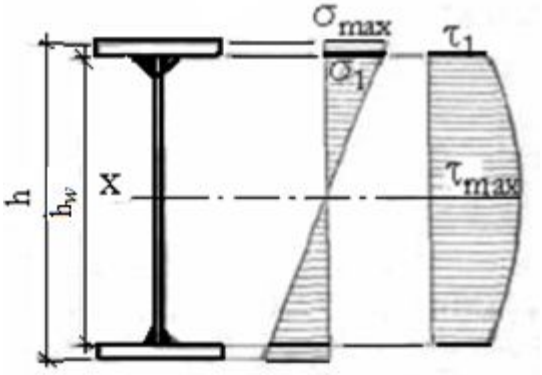
$$\tau_{\max} = \frac{Q_{\max} \cdot S}{t_w \cdot I} \le R_s \gamma_c,$$

мұндағы Q_{max} – тірек үстіндегі максималды есептік көлденең күш; S және I – қиманың статикалық моменті және инерция моменті; t_w – арқалық қабырғасының қалыңдығы.

Бірақ та арқалықтың барлық ұзындығы бойынша (М мен Q нөлге тең ерекше қималарынан басқасында) майыстырушы моменттер мен көлденең күштер бірлесіп әсер етеді Осы себептен тік және жанама кернеулерді жеке тексеруіне қоса олардың бірлескен әсерін де тексеру керек. Ол үшін келтірілген кернеулер анықталады. Мұндай тексерулер майыстырушы моменттер мен көлденең күштердің ең қолайсыз үйлескен қималарында жүргізіледі: қиылмаған арқалықтың тірегі үстінде, қиылған құрама арқалықтардың қимасы өзгерген жерлерінде және т.т. Және де келтірілген кернеулер белдеулер жігі деңгейінде есептеледі

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2} \le 1{,}15 R_y \gamma_c, \qquad (6.29)$$

мұндағы $\sigma_1 = \frac{M_1}{W_1} \cdot \frac{h_w}{h}$ және $\tau_1 = \frac{Q_1 \cdot S_{f1}}{I_1 \cdot t_w}$ – белдеулер жіктерінің деңгейіндегі арқалық қабырғасындағы тік және жанама кернеулер; 1,15 – арқалық қабырғасындағы пластикалық деформациялардың дамуын есепке алатын еселеуіш.



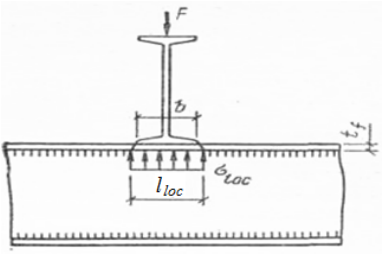
6.11-сурет. Кернеулер эпюрі

Егер арқалықтың жоғарғы белдеуіне шоғырланған жүктеме түсетін болса, онда қабырғасы қосымша жергілікті керенуге тексерілуі керек

$$\sigma_{\ell oc} = \frac{F}{t_w \cdot \ell_{\ell oc}} \le R_y \gamma_c, \qquad (6.30)$$

мұндағы $\sigma_{\ell oc}$ – жергілікті кернеу; F – есептік шоғырланған жүктеме; $\ell_{\ell oc} = b + 2t_f$ – жүктеменің арқалық бойынша таралуының шартты ұзындығы; b – белдеуінің жүктелген бөлігінің ұзындығы, яғни көлденең арқалық белдеуінің ені; t_f – арқалықтың жоғарғы белдеуінің қалыңдылығы. Мұндай жағдайда жүктеме астындағы қимада келтірілген кернеулер мына формула бойынша тексеріледі

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_{\ell oc}^2 - \sigma_1 \cdot \sigma_{\ell oc} + 3\tau_1^2} \le 1{,}15 R_y \gamma_c. \qquad (6.31)$$



6.12-сурет. Арқалықтардың қабаттық тірелуі

Егер осы тексеріс орындалмаса, онда арқалық қабырғасын, жоғарғы жағын арқалықтың жүктелген белдеуіне тіреп қиюластырған, қатаңдық қабырғашамен нығайту керек. Осы қабырғаша белдеуге тірелген шетімен шоғырланған жүктемені қабылдап алып, қабырғасына бекіткен пісірмелік жіктері арқылы арқалық биіктігі бойынша оны біркелкі таратады. Мұндай қабырғашалары бар арқалықтардың қабырғалары жергілікті кернеу әсеріне тексерілмейді.

Арқалықтардың майысымы мөлшерлік жүктеменің әсеріне құрылыс механикасы әдістері бойынша анықталып, соңынан оның қатаңдылығы мына өрнек бойынша тексеріледі

$$f \le [f],$$

мұндағы $[f]$ – қалыпты жағдайда пайдалануына шек қоятын майысым. Оның мәні ҚМжЕ 2. 01. 07 – 85* «Жүктемелер және әсерлердің» 19-кестесінде келтірілген; f – арқалықтың ең үлкен майысымы.

Егер құрама арқалықтың нақты биіктігі h_{min} минималды биіктігінен кем болмаса, онда оның майысымын тексермеуге болады.

$h_{\min} = \frac{5}{24}\frac{R_y \cdot \ell}{E}\left[\frac{\ell}{f}\right]\cdot\frac{q_n}{q}$ – біркелкі жүтелген арқалықтың көтергіштік қабілетін толық пайдаға асырған кезде қажетті қатаңдылығын қамытатын минималды биіктігі.

6.6.6. Арқалықтың жалпы орнықтылығын тексеру және қамтамасыз ету

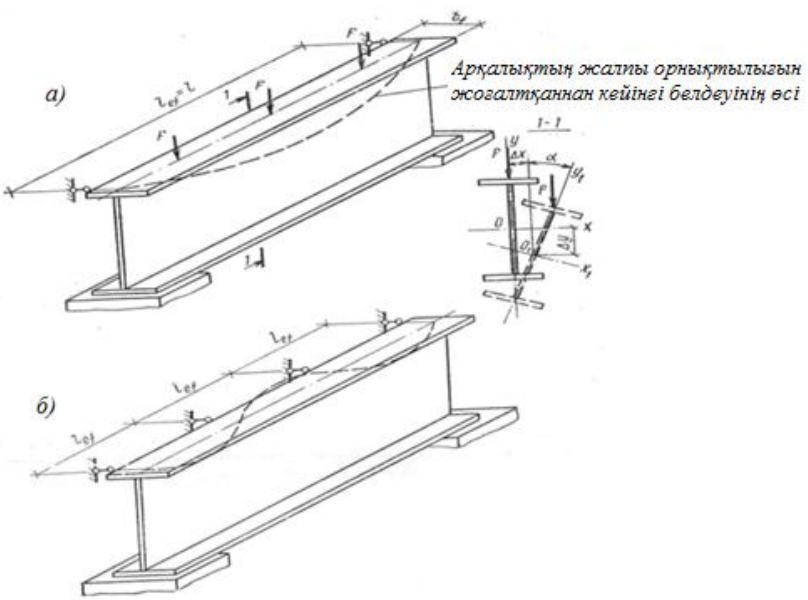
Белдеулерінің ені тар биік арқалықтарға, қатаңдылығы ең жоғары жазықтығында жүктеме әсер еткен кезде, өзінің алғашқы тепе-теңдікті түрін жоғалтуы мүмкін. Тепе-теңдігінің жоғалуы сығылған белдеуі жанына қарай дөңестелуімен және арқалықтың тұтас бұралуымен байқалады. Бұл құбылыс арқалықтың жалпы орнықтылығын жоғалтуы деп аталады. Дөңестелуі сығылған белдеуінің горизанталды жылжуынан бекітілген нүктелері арасында пайда болады. Осы бөліктері арқалықтың ℓ_{ef} бос (есептік) ұзындығын сипаттайды.

Үлкен аралықты арқалықтардың жалпы орнықтылығын жоғарылату үшін белдеулерінің енін арттыру және қосымша байланыстырғыштар арқылы бос ұзындығын кішірейту керек. Аражабынның негізгі арқалықтары үшін мұндай байланыстырғыштары болып табылатындары оған көлденең орналасатын көмекші арқалықтар немесе қатаң төсем (темірбетон тақталар, металды төсемдер және т.т) көтеретін төсем арқалықтары.

Егер арқалыққа, сығылған белдеуінің горизонталды дөңестелуіне бөгет болатын, қатаң төсем тікелей тірелетін болса, немесе оның есептік ұзындығының (ℓ_{ef}) сығылған белдеуінің еніне (b_f) қатынасы $1 \le \frac{h_f}{b_f} \prec 6$ және $15 \le \frac{b_f}{t_f} \le 35$ кезінде төменде келтірілген формула бойынша есептеп табылған мәнінен артық болмаса, онда арқалықтың жалпы орнықтылығы қамсыздандырылған деп санауға болады

$$\frac{\ell_{ef}}{b_f} \le \left[0{,}41 + 0{,}0032\frac{b_f}{t_f} + \left(0{,}73 + 0{,}016\frac{b_f}{t_f} \right)\frac{b_f}{h_f} \right]\sqrt{\frac{E}{R_y}}, \qquad (2.9)$$

мұндағы t_f – сығылған белдеуінің қалыңдығы; h_f – белдеу осьтері арасындағы қашықтық.



6.13-сурет. Арқалықтың орнықтылығын жоғалтуы

Пластикалық деформацияларының дамуын ескере есептеген арқалықтар үшін ℓ_{ef} / b_f мәнін δ еселеуішке көбейту арқылы кеміту керек

$$\delta = 1 - 0{,}7\frac{c_1 - 1}{c - 1}.$$

Қалған жағдайларда құрама арқалықтың жалпы орнықтылығын мына формула бойынша тексеру керек

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{\varphi_b \cdot W_c} \le R_y \gamma_c, \qquad (2.10)$$

мұндағы W_c – сығылған белдеу үшін кедергі момент; φ_b – арқалықтардың орнықтылығы майыса-бұралу түрінде жоғалатын кезіндегі есептік кедергісін төмендетуші еселеуіш.

Екі симетриялық осьтері бар қоставр қималы арқалықтарға φ_b еселеуішін анықтау үшін, прокатты арқалықтардағы сияқты, φ_1 еселеуішін есептеп табу керек

$$\varphi_1 = \psi \frac{I_y}{I_x}\left(\frac{h_f}{\ell_{ef}}\right)^2 \cdot \frac{E}{R_y},$$

мұндағы «ψ» еселеуішінің мәнін [4] 77-кестесі бойынша жүктеменің түріне және α параметріне байланысты қабылдау керек. Үш табақтардан құралған дәнекерлі коставрлар үшін

$$\alpha = 8 \cdot \left(\frac{\ell_{ef} \cdot t_f}{h_f \cdot b_f}\right)^2 \cdot \left(1 + \frac{at^3}{b_f \cdot t_f^3}\right),$$

мұндағы h_f – белдеуі осьтерінің арасындағы қашықтық; t – қабырғасының қалыңдығы; b_f және t_f – арқалық белдеуінің ені мен қалыңдығы; a – $0,5h$-ке тең өлшем.

φ_b еселеуішінің мәнін былай қабылдау керек:

$\varphi_1 \leq 0,85$ болған кезде $\varphi_b = \varphi_1$; ал $\varphi_1 > 0,85$ болса, онда $\varphi_b = 0,68 + 0,21\,\varphi_1$, бірақ φ_b 1,0 -ден аспауы керек.

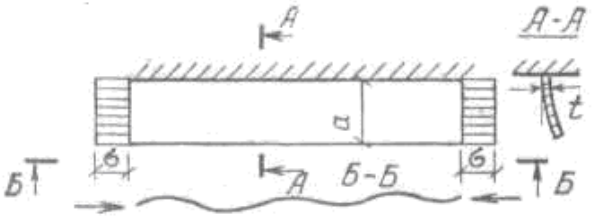
6.6.7. Арқалық элеметтерінің жергілікті орнықтылығын қамтамасыз ету

Қысушы тік немесе жанама кернеулер әсерінен құралымдар жеке элементтерінің жергілікті дөңестелуі жергілікті орнықтылығын жоғалтуы деп аталады.

Арқалықтарда сығылған белдеуі тік кернеулер әсерінен, қабырғасы жанама немесе тік кернеулер әсерінен және олардың біріккен әсерінен орнықтылығын жоғалтуы мүмкін. Бір элементінің орнықтылығын жоғалтуы оны толығымен немесе жартылай жұмыстан шығарады, жұмыстық қимасы кішірейіп көбінде симметриалы емес болып қалады, майысу ортасы

жылжиды. Бұл жағдай бүкіл арқалықтың көтергіштік қабілетінің мезгілсіз жоғалуына келтіруі мүмкін.

Жергілікті орнықтылық туралы есеп шығарған кезде, құралымды құрайтын жеке элементтері өзара топсалы, серпімді немесе қатаң жалғасқан жалпақ металл табақшалар-пластинкалар сияқты жұмыс жасайды деп саналады. Орнықтылығын жоғалттыратын аумалы күш, сыртқы күштер мен пластинада пайда болатын кернеулер жұмыстарының теңдік шартынан табылады. Критикалық-аумалы күш материалдың серпімділік қасиеттеріне, пластинаның өлшемдеріне (еніне, ұзындығына, қалыңдығына) және оның жиегі бойынша бекітілүі тәсілдеріне тәуелді. Тек бойлық жиегімен бекітілген ұзын пластина орнықтылығын толқын түріндегі бет бойынша жоғалтады.



6.14-сурет. Жергілікті орнықтылығын жоғалтуы

Толқынның ұзындығы күштердің әсеріне және пластинаны бекіту түріне байлынысты. Мәселен, кернеу біркелкі таралған кезде толқынның ұзындығы пластинаның еніне тең болады. Толқынның саны көп болып материалдың серпімді жұмысы кезінде жергілікті орнықтылығын жоғалттыратын аумалы (критикалық) күш төмендегі формула бойынша табылады

$$N_{cr} = \frac{c \cdot \pi^2 EI_ц}{b^2}, \qquad (6.32)$$

мұндағы c – күштер әсерлерінің сипаттамасына, пластинаның шетін бекіту тәсіліне және оның өлшемдеріне байланысты еселуіш; $EI_ц = \dfrac{EI}{1-\upsilon^2} = \dfrac{Eb \cdot t^3}{12(1-\upsilon^2)}$ – пластинаның

цилиндрлік қатаңдылығы; υ = 0,3 – Пуассон еселеуіші; b және t – пластинаның ені мен қалыңдығы.

Осыған сәйкес болат табақшаның критикалық кернеуі

$$\sigma_{cr} = \frac{\mathrm{N}_{cr}}{A} = \frac{\mathrm{N}_{cr}}{b \cdot t} = \frac{c\pi^2 EI_{ц}}{b \cdot t \cdot b^2} = \frac{c\pi^2 E \cdot t^2}{12 \cdot (1-\upsilon^2) \cdot b^2} = \frac{c \cdot \pi^2 \cdot E}{12 \cdot (1-0{,}3^2)} \left(\frac{t}{b}\right)^2 = 0{,}9cE\left(\frac{t}{b}\right)^2. \quad (6.33)$$

Жергілікті орнықтылық элементтің көтергіштік қабілетіне шек қоймауы үшін, пластинада әсер ететін кернеу σ_{cr} – аумалы кернеуден аспауы керек.

Арқалықтың сығылған белдеуі мен қабырғасының орнықтылығын жеке қарастырамыз.

6.6.8. Сығылған белдеуінің орнықтылығы

Сығылған белдеу, ұзын жиегімен арқалықтың қабырғасына топсалы бекітілген, ұзындығы бойымен әсер ететін біркелкі таралған тік кернеумен жүктелген, ұзын металл табақша-пластина деп саналады. Мұндай пластинадағы орнықтылығының жоғалуы шеттерінің толқын түрінде дөңестелуі арқылы пайда болады. Ал, табақшаның ортасы тура сызықты болып қала береді, себебі оның дөңестелуіне арқалық қабырғасы бөгет жасайды. Белдеу қабырғаға топсалы бекітіледі деп, беріктік қорын көбейте, қабылданады. Себебі белдеудің бос жиектері орнықтылығын жоғалтқан кезде оның бұрылуына иілгіш қабырға күшті бөгет бола алмайды.

Орнықтылық жоғалар кездегі критикалық кернеу, негізгі формулаға материалдың серпімді жұмысына сәйкес келетін тұрақты мәндерін ауыстырып қойсақ, мынадай түр қабылдайды

$$\sigma_{cr} = 0{,}9cE\left(\frac{t}{b}\right)^2 = 0{,}25E\left(\frac{t}{b}\right)^2 \quad (6.34)$$

$\sigma_{cr} = R_y$ деп қабылдап, өзгертулер еңгізсек былай болады.

$$\frac{1}{\sigma_{cr}} = \frac{1}{R_y} = \frac{1}{0{,}25E} \cdot \left(\frac{b}{t}\right)^2; \quad \frac{b_{ef}}{t_f} \le \sqrt{\frac{0{,}25E}{R_y}} = 0{,}5\sqrt{\frac{E}{R_y}}, \qquad (6.35)$$

мұндағы $b_{ef} = \dfrac{b_f - t_w}{2}$ – белдеулік табақша асылымының есептік ені, t_f – белдеудің қалыңдығы.

Яғни белдеуінің серпімді жұмысы кезеңінде орнықтылығын қамтамасыз ету үшін, көмкерілмеген белдеу асылымның қалыңдығына қатынасы $0{,}5\sqrt{E / R_y}$ -тен аспауы керек.

Арқалық белдеуінің жұмысында пластикалық деформациялары есепке алынған кезде оның орнықтылығы төмендейді. Сондықтан қабырғасы мен белдеуінің орнықтылықтарын бір мезгілде жоғалту шартынан алынған қоставрлы арқалық белдеуінің орнықтылығын тексеру талабы

$$\frac{b_{ef}}{t_f} \le \frac{0{,}11h_{ef}}{t_w}, \quad \text{бірақ та} \quad \frac{b_{ef}}{t_f} \le 0{,}5\sqrt{\frac{E}{R_y}} \qquad (6.35a)$$

болуы керек. Мұнда h_{ef} – арқалықтың есептік биіктігі. Табақтардан пісірмелеп жасалған арқалық үшін $h_{ef} = h_w$.

Қабырғасы қалың $\dfrac{h_{ef}}{t_w} \le 2{,}7\sqrt{\dfrac{E}{R_y}}$ болған кезде

$$\frac{b_{ef}}{t_f} \le 0{,}3\sqrt{\frac{E}{R_y}} \qquad (6.36)$$

қабылдау керек. Мұндағы t_w, h_w – арқалық қабырғасының қалыңдығы мен биіктігі.

Арқалықтың қимасы толық кернелмеген болса b_{ef} / t_f -тің шекті мәнін $\sqrt{R_y / \sigma}$ -ға көбейтіп жетілдіруге болады, бірақ көбею шамасы 25 %-дан аспауы керек.

6.6.9. Арқалық қабырғасының орнықтылығы

Арқалықтың, белдеулерде серпімді қысып бекітілген, қабырғасы тік және жанама кернеулер әсеріне ұшырайтын ұзын жұқа жалпақ металл табақ (пластина) болып табылады. Осы кернеулер табақтың орнықтылығын жоғалттыруы мүмкін. Қабырғаның орнықтылығы әдетте оны қалыңдатумен емес (онда материал шығыны көбейген болар еді), табақтың дөңестелу жазықтығына тікше орналастырылған, арнайы қатаңдық қабырғашалармен нығайту арқылы жетілдіріледі.

Қатаңдық қабырғашалар арқалықтың қабырғасын жеке панельдерге бөледі. Осы панельдер орнықтылығын бір-біріне тәуелсіз өз бетінше жоғалта алады. Арқалық қабырғасы орнықтылығының жанама және тік кернеулер әсерінен жоғалуын жеке қарастырамыз.

6.6.10. Жанама кернеулер әсерінен қабырғаның орнықтылығын жоғалтуы

Тірек маңайындағы қабырғада жанама кернеулер едәуір дамиды. Осының нәтижесінде қабырға дөңестеліп, арқалық өсіне шамамен 45° бұрыш бойымен бағытталған толқындар пайда болады.

Барлық шеттері бекітіліп, контуры бойынша біркелкі таралған жанама кернеу әсеріне ұшырайтын тік бұрышты жалпақ болат табақтың-пластинаның аумалы кернеуі мына формула бойынша анықталады

$$\tau_{cr} = 0{,}9 \cdot c \cdot E\left(\frac{t}{b}\right)^2,$$

мұндағы b – табақша (қабырға) контурының кіші жақ өлшемі. С. П. Тимошенконың зерттеуі бойынша қабырғасы

топсалы тіреліп, үлкен жағының кіші жағына қатынасы $\mu = a / b \geq 1$ болған кезде $c \approx 5{,}35 + 4 / \mu^2$. Онда

$$\tau_{cr} = 0{,}9 \cdot E(5{,}35 + \frac{4}{\mu^2}) \cdot \left(\frac{t}{b}\right)^2, \qquad (6.37)$$

болаттың ығысуға есептік кедергісі $R_s = 0{,}58\, R_y$ екенін ескерсек

$$\tau_{cr} = \frac{0{,}9ER_s}{0{,}58R_y}(5{,}35 + \frac{4}{\mu^2}) \cdot \left(\frac{t}{b}\right)^2 = \frac{8{,}3ER_s}{R_y}\left(1 + \frac{0{,}76}{\mu^2}\right) \cdot \left(\frac{t}{b}\right)^2 = 8{,}3\left(1 + \frac{0{,}76}{\mu^2}\right) \cdot \frac{R_s}{\left(\frac{b}{t}\right)^2 \cdot \frac{R_y}{E}} =$$

$$= 8{,}3 \cdot \left(1 + \frac{0{,}76}{\mu^2}\right) \cdot \frac{R_s}{\overline{\lambda}_{ef}^2},$$

мұндағы $\overline{\lambda}_{ef} = \frac{b}{t} \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}}$ – шартты келтірілген иілгіштік.

Осыған сәйкес, қабырғасы көлденең қатаңдық қабырғашалармен нығайтылған арқалық үшін ҚНжЕ [4] аумалы жанама кернеуді анықтауға, қабырғасының белдеулерде серпімді қысып бекітілгенін есепке алып шығарылған формуланы ұсынады

$$\tau_{cr} = 10{,}3 \cdot \left(1 + \frac{0{,}76}{\mu^2}\right) \cdot \frac{R_s}{\overline{\lambda}_{ef}^2}, \qquad (6.38)$$

мұндағы $\mu = a/b$ – бөліктің (панельдің) ұзын жағының қысқа жағына қатынасы; t_w – арқалық қабырғасының қалыңдығы.

Қатаңдық қабырғашалары көбінде бір жақты етіп құрылымдалады. Кейбір жағдайларда (мәселен, көмекші арқалықтар негізгі арқалыққа жанынан қосылған кезде) жұпты қабырғашалар, яғни қабырғаның екі жағынан симметриялы орналастырылуы мүмкін. Қабырғаның шартты иілгіштігі $\overline{\lambda}_w = \frac{h_w}{t_w} \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} \succ 3{,}2$ болған кезінде көлденең қабырғашалар

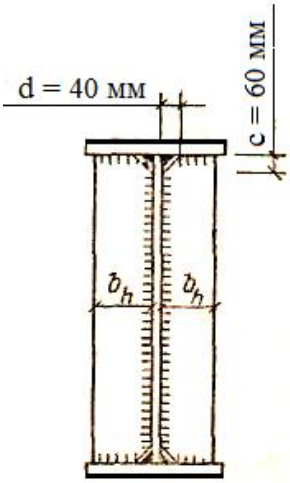
арасындағы қашықтық $2h_w$-ден, ал $\overline{\lambda}_w \le 3{,}2$ кезінде - $2{,}5h_w$-ден аспауы керек.

Жұпты симметриялы көлденең қабырғашаның шығыңқы бөлігінің ені эмпирикалық формула бойынша анықталады

$$b_h \ge \frac{h_w}{30} + 40мм, \qquad (6.39)$$

ал бір жақты қабырғаша үшін $b_h \ge \frac{h_w}{24} + 50мм.$ (6.40)

Қабырғашаның қалыңдығы $t_s \ge 2b_h\sqrt{\frac{R_y}{E}}$ болуы керек. (6.41)



Белдеу жіктерін өткізу мақсатымен және жіктердің термиялық әсерін азайту үшін, арқалық қабырғасы мен белдеулері қосылған бұрыштарында қабырғашалар биіктігі бойынша c = 60 мм, ені бойынша d = 40 мм қиғаш кесілуі керек. Қатаңдық қабырғашалары қабырғаға бір жақты қалыңдығы минималды тұтас жіктермен пісірмеленіп бекітіледі.

6.15-сурет. Жұпты көлденең катаңдық қабырғаша

Жоғары белдеуге қадалған жүктеме түсетін жерде орналасқан бір жақты қатаңдық қабырғашаларды, эксцентриситетпен сығылған, баған ретінде қарастырып есептеу керек. Мұндағы эксцентриситет қабырғаның ортаңғы жазықтығынан бағанның есептік қимасының ауырлық ортасына дейінгі қашықтық. Осы бағанның есептік қимасына қатаңдық қабырғашаның қимасы және қабырғашаның әрбір жағынан ені

$0{,}65t_w \cdot \sqrt{\frac{E}{R_y}}$ қабырғадан жолақтар кіруі керек. Бағанның есептік ұзындығын қабырғаның биіктігіне тең қабылдау керек.

Арқалық қабырғасын қатаңдық қабырғашалармен әрдайым нығайту қажет емес. Қандай жағдайларда оның орнықтылығы арадағы көлденең қабырғашаларсыз қамтамасыз етілуі мүмкін және қандай жағдайларда осы қабырғашалар бар болғанда орнықтылығын тексеру қажет емес кездерін белгілейік.

Қабырғасы қатаңдық қабырғашалармен нығайтылмаған арқалық үшін қабырғаның биіктігі h_w панельдің кіші өлшемі болып табылады, ал үлкен өлшемі ℓ аралығына тең. Бұл жағдайда $\mu = \ell / h_w$. Жанама аумалы кернеуді анықтайтын формула, 2-ші қосылғышының шамасы болмашы болғандықтан, оңайланады

$$\tau_{cr} = 10{,}3 \cdot \frac{R_s}{\bar{\lambda}_w^2} \geq R_s . \qquad (6.42)$$

Осы формуладан арқалық қабырғасының шекті шартты иілгіштігі табылады

$$\bar{\lambda}_w = \frac{h_w}{t_w} \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} \leq \sqrt{\frac{10{,}3R_s}{R_s}} = 3{,}2. \qquad (6.43)$$

Осы себептен $[4]$ нұсқауларына сәйкес

- арқалықтың белдеуіне әсер ететін жергілікті жүктеме жоқ және қабырғасының шартты иілгіштігі $\bar{\lambda}_w \leq 3{,}2$ болған кезде;

- арқалық белдеуіне жергілікті жүктеме әсер еткен кезде, егер $\bar{\lambda}_w \leq 2{,}2$ болса арқалық қабырғасын қатаңдық қабырғашалармен нығайтпауға болады.

Шоғырланған үлкен жүктемелер әсер еткен кезде және арқалықтың пластикалық деформациялары есепке алынатын аймағында әр жүктемелердің астында қабырғасы қатаңдық қабырғашалармен нығайтылады. Арқалық қабырғасының пластикалық деформациясы есепке алынатын аймағының

ұзындығын, жүктемесі біркелкі таралған кезде, мына формула бойынша табуға болады

$$\ell_{пласт} = \ell\sqrt{1-\frac{1}{c_1}\cdot\frac{h}{h_w}}. \qquad (6.44)$$

Арқалық қабырғасының шартты иілгіштігі $\overline{\lambda}_w \succ 3{,}2$ кезінде көлденең қатаңдық қабырғашаларын максималды қашықтықта $a = 2h_w$ орналастырғанда аумалы кернеу τ_{cr} мәні мына шамаға дейін көтеріледі

$$\tau_{cr} = 10{,}3\cdot\left(1+\frac{0{,}76}{2^2}\right)\frac{R_s}{\overline{\lambda}_{ef}^2} = 12{,}3\frac{R_s}{\overline{\lambda}_{ef}^2},$$

ал қабырғаның орнықтылығы жоғалуына қауіп төндіретін қабырғаның шартты иілгіштігі $\overline{\lambda}_w = \sqrt{12{,}3} = 3{,}5$ -дейін өседі.

Осыны ескере отырып:

- жергілікті кернеуі жоқ, белдеулік жіктері екі жақты арқалықтар үшін $\overline{\lambda}_w \le 3{,}5$ кезінде;

- дәл сондай арқалықтар үшін, бірақ белдеулік жіктері бір жақты болғанда $\overline{\lambda}_w \le 3{,}2$ кезінде;

- жергілікті кернеуі бар, белдеулік жіктері екі жақты арқалықтар үшін $\overline{\lambda}_w \le 2{,}5$ кезінде, нормалар бойынша көлденең қатаңдық қабырғашалары бар арқалық қабырғаларының орнықтылығын тексермеуге рұқсат берілген.

6.6.11. Қимасы симметриялы арқалықтар қабырғасының тік кернеулер әсерінен орнықтылығын жоғалтуы

Тіректен алыстаған сайын жанама кернеулердің ықпалы бәсеңдей түсіп, қиылмалы арқалықтың аралығы ортасына жақындағанда қабырғасы негізінде, майысудан пайда болған, тік кернеулер әсеріне ұшырайды. Осы кернеулер арқалық

қабырғасының орнықтылығын жоғалттыруына келтіруі мүмкін. Бұл кезде сығылған аймағында арқалық қабырғасы дөңестеліп, арқалық осіне тікше орналасқан, толқындар пайда болады. Көлденең қабырғашалар қабырғаның дөңестелуіне елеулі әсерін тигізе алмайды, себебі дөңестелу толқынының ұзындығы шамалы (жарты толқын ұзындығы ~ 0,7 h), ал олардың бағыты көлденең қабырғашаларға параллельді болып келеді. Осы себептен тік кернеулер әсерінен қабырға орнықтылығының жоғалуына қарсы күрес жүргізу үшін, дөңестелу толқындарын қиып өтетіп аумалы кернеулерін көбейтетін, бойлық қатаңдық қабырғашаларын орналастыру керек.

Аумалы тік кернеулердің шамасы α еселеуішімен сипатталатын, тік бұрышты табақша – қабырғасының шеттеріне түскен тік кернеулердің таралу заңына; δ еселеуішімен сипатталатын, қабырғаның арқалық белдеулеріне қысып бекітілу дәрежесіне; қабырғасының кездейсоқ майысуына байланысты

$$\alpha = (\sigma_{max} - \sigma_{min}) / \sigma_{max},$$

мұндағы σ_{max} – жоғарғы белдеулік жік деңгейіндегі ең үлкен сығу кернеуі; σ_{min} – төменгі жік деңгейіндегі созу кернеуі. Кернеулердің екеуі де өз таңбаларымен алынады (сығу «-» пен, созу «+» пен)

$$\delta = \beta \frac{\mathrm{I}_f}{\mathrm{I}_w} = \beta \frac{b_f}{h_w} \left(\frac{t_f}{t_w} \right)^3 . \qquad (6.45)$$

Мұнда $\mathrm{I}_f = \frac{b_f t_f^3}{3}$ сығылған белдеу қимасы ауданының бұралған кездегі инерция моменті; $\mathrm{I}_w = \frac{h_w t_w^3}{3}$ – соның өзі қабырғасы үшін; b_f және t_f – арқалықтың сығылған белдеуінің ені мен қалыңдығы; β – еселеуіштің шамасы [4] ҚНжЕ-дің 22-кестесінде келтірілген. Арқалықтың сығылған белдеуіне қатаң

тақталар үздіксіз тірелген кезде (кранасты арқалықтардан басқасы) $\beta = \infty$, арқалықтар басқа жағдайлармен жүктелсе β = 0,8.

Егер болат табақшасының критикалық кернеуін анықтайтын формулаға 0,9 · c = c_{cr} белгілеуін еңгізсек, онда b = h_w екендігін ескере отырып, оны мына түрде жазуға болады

$$\sigma_{cr} = 0{,}9 \cdot c \cdot E \cdot \left(\frac{t}{b}\right)^2 = c_{cr} \cdot R_y \cdot \frac{E}{R_y} \cdot \left(\frac{t_w}{h_w}\right)^2 = c_{cr} \cdot \frac{R_y}{\overline{\lambda}_w^2}, \qquad (6.46)$$

мұндағы $\overline{\lambda}_w = \lambda_w \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = \frac{h_w}{t_w}\sqrt{\frac{R_y}{E}}$ – қабырғаның шартты иілгіштігі; қимасы симметриялы пісірмеленген арқалықтар үшін c_{cr} еселеуіші δ еселеуішінің шамасына байланысты [4] 21-кестесі бойынша қабылданады; беріктігі жоғары бұрандамалы арқалықтар үшін c_{cr} = 35,2.

Арқалықтың қабырғасын белдемелермен қысып бекіту еселеуіші минималды болғандағы ([4] 21-кестесі бойынша $\delta_{min} \le 0{,}8$ кезінде c_{cr} = 30,0) аумалы кернеуін есептік кедергісіне теңестірсек, тек қана тік кернеулер әсерінен қабырғасының орнықтылығы мен арқалықтың беріктілігі бір мезгілде жоғалатын қабырғаның шартты иілгіштігі табылады

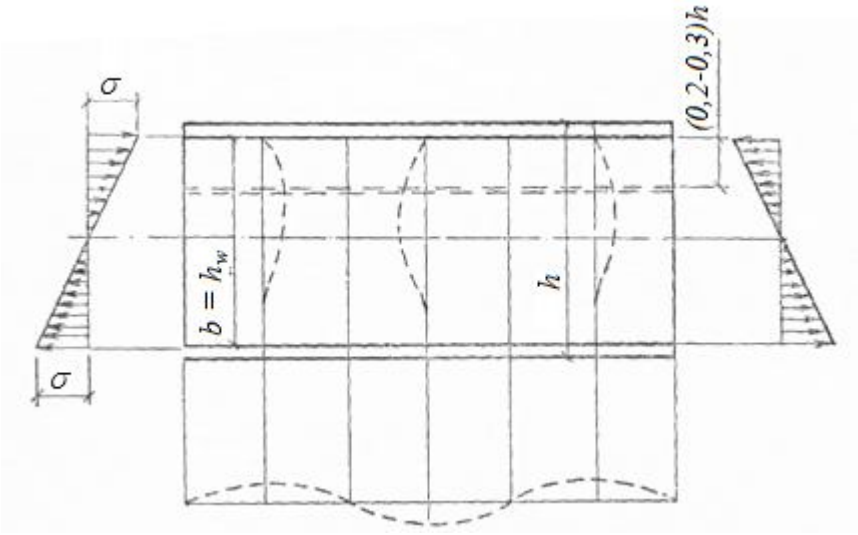
$$\sigma_{cr} = c_{cr} \cdot \frac{R_y}{\overline{\lambda}_w^2} = 30 \cdot \frac{R_y}{\overline{\lambda}_w^2} = R_y, \qquad (6.47)$$

$$\overline{\lambda}_w = \sqrt{30} = 5{,}5,$$

яғни $\overline{\lambda}_w = \frac{h_w}{t_w} \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} \le 5{,}5.$ (6.48)

Осыдан $t_w \ge \frac{h_w}{5{,}5} \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}}$ – қабырғаны бойлық қабырғашамен нығайтпай, жергілікті орнықтылығын қамтамасыз ететін қабырғаның қалындығын іріктеп алу шарты. Егер бұл қатынас

орындалмасы, онда қабырғаның сығылған аймағын қосымша бойлық қатандық қабырғашамен нығайту керек (суретте горизонталды штрих сызықтар).



6.16-сурет. Қабырғаның жергілікті орнықтылығын есептеуге

Аумалы тік кернеу аумалы жанама кернеуден едәуір жоғары болып келеді. Сондықтан тік кернеулер әсерінен орнықтылық жоғалуы тек қана жұқа қабырғалар үшін қауіпті.

6.6.12. Тік және жанама кернеулердің біріккен әсерінен арқалық қабырғасы орнықтылығын жоғалтуы

Арқалық көлденең майысқан кезінде барлық ұзындығы бойынша дерліктей тік және жанама кернеулер әсеріне ұшырайды. Осы кернеулердің біріккен әсері арқалық қабырғасының орнықтылығын төмендетеді. Тік және жанама кернеулердің біріккен әсері кезіндегі σ^{τ}_{cr}, τ^{σ}_{cr} аумалы кернеулері, әрқайсының жеке әсері кезіндегі σ_{cr}, τ_{cr}, аумалы кернеулерінен кемдеу болады, яғни $\sigma^{\tau}_{cr} / \sigma_{cr} < 1$ и $\tau^{\sigma}_{cr} / \tau_{cr} < 1$.

С. П. Тимошенко, П. Ф. Панкович, Б. М. Броуделердің зерттеулері бойынша тік және жанама кернеулердің бірігіп әсер

еткен кезінде қабырғаның орнықтылықты аймағы шеңбер доғасымен шектеледі, яғни

$$\left(\frac{\sigma_{cr}^{\tau}}{\sigma_{cr}}\right)^2+\left(\frac{\tau_{cr}^{\sigma}}{\tau_{cr}}\right)^2=1.$$

Қабырғаның орнықтылығын қамтамасыз ету үшін, оның нақтылы кернеуі аумалы мәнінен аспауы керек, яғни $\sigma \le \sigma^{\tau}_{cr}$ және $\tau \le \tau^{\sigma}_{cr}$.

Орнықтылықты аймағын шектейтін теңдеудегі σ^{τ}_{cr}, τ^{σ}_{cr} аумалы кернеулерді нақты кернеулерге алмастырып, тік және жанама кернеулердің біріккен әсеріне қабырғаның орнықтылығын тексеретін формуланы аламыз

$$\sqrt{(\sigma/\sigma_{cr})^2+(\tau/\tau_{cr})^2}\le\gamma_c, \qquad (6.49)$$

мұндағы γ_c – арқалықтың жұмыс шарттары еселеуіші, ол [4] 6-кестесі бойынша қабылданады; $\sigma=\frac{\mathrm{M}}{W}\cdot\frac{h_w}{h}$ – қарастыратын қабырға бөлігінің шетіндегі сығу кернеуі; $\tau=\frac{Q}{t_w h_w}$ – қабырғаның сол бөлігіндегі орташа жанама кернеуі;

$$\tau_{cr}=10{,}3\cdot\left(1+\frac{0{,}76}{\mu^2}\right)\cdot\frac{R_s}{\overline{\lambda}_{ef}^2}; \qquad \sigma_{cr}=c_{cr}\cdot\frac{R_y}{\overline{\lambda}_w^2}.$$

Жоғарыда келтірілген формула бойынша, қимасы симметриялы арқалықтар тек қана көлденең қатаңдық қабырғашалармен нығайтылған, жергілікті кернеуі жоқ ($\sigma_{\ell oc}=0$) және қабырғасының шартты иілгіштігі $\overline{\lambda}_w \le 6$ кезінде (белдеулік жіктері бір жақты арқалықтарда $\overline{\lambda}_w \succ 3{,}2$ болғанда және белдеулік жіктері екі жақты арқалықтарда $\overline{\lambda}_w \succ 3{,}5$ болғанда) қабырғасының орнықтылығы тексерілуі тиіс.

Қимасы симметриялы арқалықтардың қабырғалары тек қана көлденең қатаңдық қабырғашаларымен нығайтылып, жергілікті кернеуі ($\sigma_{\ell oc} \neq 0$) бар болса $\overline{\lambda}_w \succ 2{,}5$ кезінде қабырғасының орнықтылығы мына формула бойынша тексерілуі қажет

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_{cr}} + \frac{\sigma_{\ell oc}}{\sigma_{\ell oc,cr}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr}}\right)^2} \leq \gamma_c .$$

Мұнда σ, τ, τ_{cr} және γ_c $\sigma_{\ell oc} = 0$ кезінде қабырғаның орнықтылығын тексеретін формуладағыдай анықталады; $\sigma_{\ell oc} = \dfrac{F}{t_w \cdot \ell_{ef}}$ – жергілікті кернеу.

Қабырғаның жергілікті кернеулер әсерінен орнықтылығын жоғалтуы тік кернеулер әсерінен орнықтылықтың жоғалуына ұқсас келеді. Олардың аумалық мәндері қатаңдық қабырғашалар арасындағы қашықтыққа байланысты. Осы себептен [4] ҚНжЕ-де аумалық тік және жергілікті кернеулерді анықтау үшін қисыны бар үш жағдай қарастырылған:

а) қатаңдық қабырғалары жиі орналасқанда (a / $h_w \leq 0{,}8$) қабырғашалар арасындағы қабырға тек жалғыз жарты толқын бойынша дөңестеле алады. Бұл жағдайда σ_{cr} жергілікті кернеу жоқ кезіндегідей анықталады

$$\sigma_{cr} = \frac{c_{cr} \cdot R_y}{\overline{\lambda}_w^2}. \qquad (6.50)$$

Жергілікті кернеу әсерімен орнықтылығын жоғалттыратын аумалық кернеу мына формула бойынша анықталады

$$\sigma_{\ell oc,cr} = \frac{c_1 \cdot R_y}{\overline{\lambda}_a^2}, \qquad (6.51)$$

мұндағы c_1 – қабырға панелінің жиектері ұзындығының қатысына «a/h_w» (a – көлденең қатаңдық қабырғашалар осьтерінің арасындағы қашықтық) және қабырғаның белдеулерде

қысып бекітілуі «δ» еселеуішіне байланысты еселеуіш [4] ҚНжЕ -нің 23-кестесі бойынша қабылданады;

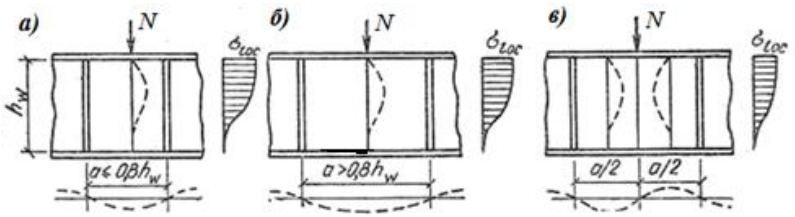
$$\overline{\lambda}_a = \frac{a}{t_w} \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}};$$

б) қатаңдық қабырғашалары сирегірек орналасып (a / h_w > 0,8) $\sigma_{\ell oc}$ / σ қатынасы [4] ҚНжЕ-нің 24-кестесінде келтірген шекті мәндерінен артық болғанда, арқалық қабырғасы a / h_w < 0,8 кезіндегіге ұқсас табақша ұзындығы бойынша, жалғыз жарты толқын бойымен дөңестеледі. Бірақ аумалы тік кернеулер «σ_{cr}» жергілікті кернеулер жоқ кезіндегісіне қарағанда көбірек болады. Өйткені қабырғасының орнықтылығы жоғалуын көбінде жергілікті кернеулер анықтайды. Осы жағдайда аумалы кернеулер былай есептеледі

$$\sigma_{cr} = c_2 \cdot \frac{R_y}{\overline{\lambda}_w^2}, \qquad (6.52)$$

мұндағы c_2 – a / h_w қатынасқа байланысты [4] ҚНжЕ -нің 25-кестесі бойынша анықталатын еселеуіш. Сөйтіп, мұндай жағдайда мыжылту $\sigma_{\ell oc}$ кернеуі тік кернеулер әсерінен дөңестелуіне кедергі көрсетеді.

Аумалы жергілікті кернеулер, қатаңдық қабырғашалары жиі орналастырылған кезде келтірілген формула бойынша анықталады. Мұнда a / h_w > 2 болса a = 2 h_w деп қабылдау керек;



6.17-сурет. Жергілікті қысым әсерінен арқалық қабырғасының орнықтылығын жоғалтуы

в) қатаңдық қабырғашалары сирек орналастырылған (a / h_w > 0,8) бірақ $\sigma_{\ell oc}$ / σ қатынасы кестелік мәндерінен аспаған кезде арқалық қабырғасы табақша ұзындығы бойынша екі жарты толқын бойымен дөңестелуі мүмкін. Бұл жағдайда аумалық тік кернеу «σ_{cr}» жергілікті кернеу $\sigma_{\ell oc}$ жоқ кезіндегі формула бойынша анықталады

$$\sigma_{cr} = c_{cr} \cdot \frac{R_y}{\bar{\lambda}_w^2},$$

ал жергілікті критикалық кернеуді $\sigma_{\ell oc,cr}$ табу үшін a / $h_w \leq$ 0,8 кезінде келтірілген формула пайдаланылады, бірақ «a» орнына 0,5a қою керек

$$\sigma_{\ell oc,cr} = \frac{c_1 \cdot R_y}{\bar{\lambda}_a^2}.$$

Биік қабырғасы жіңішке $\bar{\lambda}_w \succ 5{,}5$ (яғни $t_w \prec \frac{h_w}{5{,}5}\sqrt{\frac{R_y}{E}}$) арқалықтарда қабырғасының орнықтылығын қамтамасыз ету үшін көлденең қабырғашаларға қоса бойлық қабырғаша орналастырған жөн. Ол қабырғаның сығылған жиегінен $h_1 = (0{,}2 \ldots 0{,}3)\, h_f$ қашықтықта орналастырылады.

Бойлық қабырғаша қабырғасын екі бөлшекке бөліп, оның иілгіштігін азайту арқасында қабырғаның орнықтылығын көтереді. Әрбір бөлшектің орнықтылығы жеке тексеріледі.

Бойлық қабырғаша көлденең қабырғашалардай бір жақты немесе қабырғаның екі жағына орналастырылған, екі жақты болуы мүмкін. Бойық қабырғаша әдетте арқалықтың үлкен майыстырушы моменттері, яғни үлкен тік кернеулері бар ортаңғы бөліктерінде орналастырылады. Оның шығыңқы бөлігінің минималды өлшемдері көлденең қатаңдық қабырғашалармен бірдей етіп қабылданады.

Бірақ инерция моменттері: көлденең қабырғашалар үшін $I_s \geq 3h_{ef}t_w^2$, бойлық қабырғаша үшін h_1 / h_{ef} = 0,3 кезінде $I_{s,пр} \geq$ 1,5 h_{ef} t_w^3, болуы керек. Мұндағы h_{ef} – арқалық қабырғасының есептік биіктігі, пісірмеленген арқалықтарда ол қабырғасының толық биіктігіне тең.

Бойлық қабырғаша қабырғаны жоғарғы «3» және төменгі «4» табақшаларға бөледі. Олардың орнықтылығы жеке тексерілуі керек.

Сығылған белдеме мен бойлық қабырғаша арасында орналасқан, жоғары табақша «3», жергілікті орнықтылыққа өте жайлысыз әркелкі сығылған жағдайда болады.

Бірақ биіктігінің аз $h_1 = (0{,}2 \ldots 0{,}3) \cdot h_f$ болғандығы арқасында иілгіштігі де шамалы болады, сондықтан аумалық кернеуі жеткілікті шамаға көтеріледі.

Осы табақшаның орнықтылығы мынау формула бойынша тексеріледі

$$\frac{\sigma}{\sigma_{cr1}} + \frac{\sigma_{\ell oc}}{\sigma_{\ell oc,cr1}} + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr1}}\right)^2 \le \gamma_c .$$

Мұнда жанама аумалық τ_{cr1} кернеу белгілі (6.38) формулаға тексерілетін табақшаның өлшемдері қойылып анықталады.

Жергілікті кернеулер болмағанда $\sigma_{\ell oc} = 0$ аумалық тік кернеуді мына формула бойынша анықтау керек

$$\sigma_{cr1} = \frac{4{,}76}{1 - \dfrac{h_1}{h_{ef}}} \cdot \frac{R_y}{\bar{\lambda}_1^2}, \qquad (6.53)$$

мұндағы $\bar{\lambda}_1 = \dfrac{h_1}{t_w}\sqrt{\dfrac{R_y}{E}}$.

Жергілікті кернеулер арқалықтың сығылған белдеуіне әсер еткен кезде $\sigma_{\ell oc} \ne 0$, егер $\mu_1 = a / h_1 \succ 2$ болса,

$$\sigma_{cr1} = \frac{1{,}19\psi}{1 - \dfrac{h_1}{h_{ef}}} \cdot \frac{R_y}{\bar{\lambda}_1^2}; \qquad (6.54)$$

$$\sigma_{\ell oc,cr1} = (1{,}24 + 0{,}476\mu_1)\psi \frac{R_y}{\bar{\lambda}_a^2}, \qquad (6.55)$$

мұндағы $\psi = \left(\mu_1 + \frac{1}{\mu_1}\right)^2$, $\quad \bar{\lambda}_a = \frac{a}{t_\omega}\sqrt{\frac{R_y}{E}}$

егер $\mu_1 = a / h_1 > 2$, онда σ_{cr1} және $\sigma_{\ell oc,\,cr1}$ аумалық кернеулерді есептеген кезде $a = 2h_1$ деп қабылдау керек.

Төменгі табақша «4» бойлық қабырғаша мен созылған белдеу арасында орналасады. Ондағы тік кернеулер эпюрі майыса созылуға сәйкес келеді. Ал жергілікті кернеулері жоғары белдеуге әсер еткен кернеулердің тек 40 % құрайды, себебі ол жоғары «3» табақша арқылы арқалықтың едәуір ұзындығына таралып азаяды. Арқалақтың толық биіктігіне қарағанда табақша биіктігінің кішіреюі, созылған кернеу аймағының ұлғаюы және жергілікті кернеулердің азаюы оның жергілікті орнықтылығына жайлы жағдайлар тудырады. Бұл табақшаның орнықтылығы былай тексеріледі

$$\sqrt{\left[\frac{\sigma(1-2h_1/h_{ef})}{\sigma_{cr2}} + \frac{\sigma_{\ell oc2}}{\sigma_{\ell oc,cr2}}\right]^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr2}}\right)^2} \le \gamma_c,$$

мұндағы $\sigma_{cr2} = \frac{5{,}43}{(0{,}5 - h_1/h_{ef})^2} \cdot \frac{R_y}{\bar{\lambda}_\omega^2}$; (6.56)

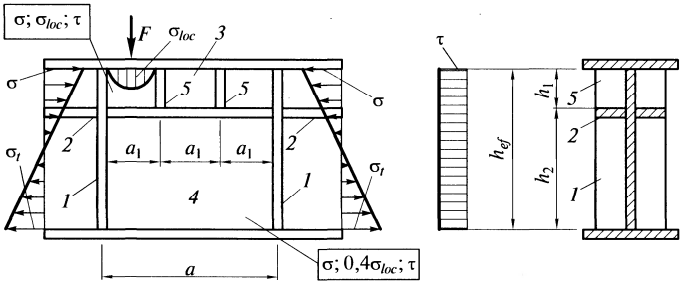
$$\sigma_{loc,cr2} = \sigma_{loc,cr} = \frac{c_1 R_y}{\bar{\lambda}_a^2}, \qquad (6.57)$$

D = 0,8 болғанда [4] ҚНжЕ-нің 23-кестесінде a/h_{ef} қатынасын $a/(h_{ef}-h_1)$ мәніне алмастырамыз;

$$\tau_{cr2} = \tau_{cr} = 10{,}3\left(1 + \frac{0{,}76}{\mu^2}\right) \cdot \frac{R_s}{\bar{\lambda}_w^2},$$

осында тексерілетін табақшаның өлшемдері қойылады $\sigma_{\ell oc2} = 0{,}4\ \sigma_{\ell\ oc}$ -жүктеме сығылған белдемеге түскен кезде; $\sigma_{\ell oc2} = \sigma_{\ell oc}$ – жүктеме созылған белдемеге түскен кезде.

Арқалықтың сығылған белдеуінде жиі түскен жергілікті жүктемелері бар кезінде, және де бойлық қатаңдық қабырғашасы бар пісірмеленген арқалықтың жоғарғы табақшасының жергілікті орнықтылығы қамтамасызданбаған кезде арқалық қабырғасының сығылған аймағын қысқа тікше аралық қабырғашаларды орналастырып нығайтуға болады.



6.18-сурет. Көлденең, жалғыз бойлық және қысқа қатаңдық қабырғашаларымен нығайтылған арқалықтың сұлбасы:
1 – көлденең қабырғашалар; 2 – бойлық қатаңдық қабырғашасы; 3 – сығылған белдеу жанындағы табақша; 4 – созылған белдеу жанындағы табақша; 5 – қысқа қатаңдық қабырғашалары

Бұл жағдайда жоғары сығылған табақшаның орнықтылығын тексергенде «*a*» қашықтығы көрші қысқа қабырғашалардың осьтері арасындағы «a_1» қашықтыққа алмастырылады. Жоғары мен төменгі табақшалардың орнықтылық есептері қысқа қабырғашалары жоқ арқалықтарға арналған өрнектер бойынша жүргізіледі.

Қимасы асимметриялы аралықтар қабырғаларының орнықтылығы тексеру есебінде өзіндік ерекшеліктері бар. Бұл тексеруді [4] ҚНжЕ бойынша жүргізу керек.

6.7. Арқалық торының элементтерін есептеу мысалдары

6.1-мысал. Арқалық торының құралымдарын жобалау керек.
Алғашқы мәліметтер:
- бойлық бағытындағы ұстындар адымы ℓ = 12 м;
- көлденең бағытындағы ұстындар адымы b = 5 м;
- мөлшерлік уақытша жүктеме p_n =18 кПа;

- төсем материалы С235;
- бас арқалықтың материалы С255;
- төсем арқалығының материалы С245;
- іргетас бетонының класы В10;
- төсем үстінің белгісі 6,5 м;
- аражабынның құрылыстық биіктігі 1,6 м.

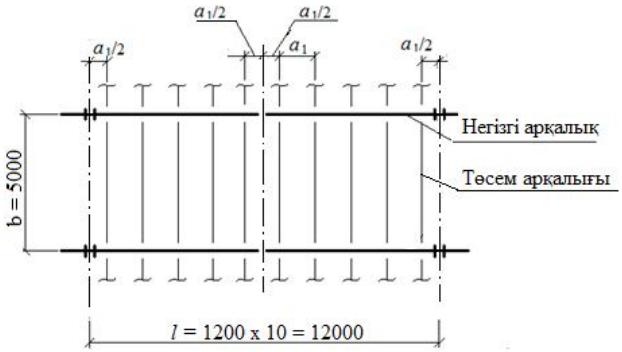
Уақытша жүктеме бойынша сенімділік коэффициент γ_{fp}=1,2.

Төсемнің шекті салыстырмалы майысымы $\left[\frac{f}{\ell}\right] \leq \frac{1}{150}$.

Төсем арқалығының шекті майысымы $\left[\frac{f}{\ell}\right] \leq \frac{1}{150}$.

Жұмыс алаңшасының арқалық торын құрастырудың екі нұсқасын қарастырамыз: біріншісі – қалыпты түрі, екіншісі – күрделенген түрі.

1-нұсқа. Арқалық торының қалыпты түрі



6.19-сурет. Арқалық торының қалыпты түрі

Төсем арқалықтары арасындағы қашықтық (адымы) a_1 төсемнің көтергіштік қабілетімен анықталады. Ол, болат төсем кезінде, әдетте 0,6 ...1,6 м аралығында қабылданады. Осыны еске ала отырып, негізгі арқалықтың аралығын бір-біріне тең 10 бөлшекке бөлеміз. Онда төсем арқалықтары арасындағы қашықтық (адымы) a_1 былай анықталады

$$a_1 = \frac{\ell}{n} = \frac{12}{10} = 1{,}2м.$$

Төсемнің ең үлкен аралығының қалыңдығына қатынасы

$$\frac{l_m^{\max}}{t_m} = \frac{4n_0}{15}(1 + \frac{72E_1}{n_0^4 p_n}) = \frac{4 \cdot 150}{15}(1 + \frac{72 \cdot 2{,}26 \cdot 10^4}{150^4 \cdot 0{,}0018}) = 111{,}4,$$

мұндағы $n_0 = l / f = 150$

$$E_1 = \frac{E}{1 - \nu^2} = \frac{2{,}06 \cdot 10^4}{1 - 0{,}3^2} = 2{,}26 \cdot 10^4 МПа.$$

Мөшерлі жүктеме $11 \div 20$ кН/м^{2}кезінде төсемнің қалыңдығы $t_т = 8 \div 10$ мм болуы керек. Сондықтан төсемнің қалыңдығын $t_m = 10мм$ қабылдаймыз.

Онда төсемнің ең үлкен аралығы $l_m^{max} = 111{,}4 \cdot 1{,}0 =$ $= 111{,}4$ см болады.

Қалыңдығы 10 мм болат табақтың 1 м^2-інің салмағы 78,5 кг екеніне сүйене отырып төсемнің салмағын анықтаймыз

$$g_n = 78{,}5 \cdot 1{,}0 = 78{,}5 \ {кг}/{м^2} \approx 0{,}785 \ {кН}/{м^2}.$$

Төсем арқалығына түсетін мөлшерлі жүктеме

$$q_n = (p_n + g_n) \cdot a_1 = (18 + 0{,}785) \cdot 1{,}2 = 22{,}54кН/м = 0{,}225кН/см.$$

Төсем арқалығына түсетін есептік жүктеме

$$q = (\gamma_f \cdot p_n + \gamma_f \cdot g_n) \cdot a_1 = (1{,}2 \cdot 18 + 1{,}05 \cdot 0{,}785) \cdot 1{,}2 = 26{,}91кН/м.$$

Есептік майыстырушы момент (ℓ = b = 5 м)

$$M_{max} = \frac{q\ell^2}{8} = 26{,}91 \cdot \frac{5^2}{8} = 84{,}09\text{кНм} = 8409\ \text{кНсм}.$$

Арқалықтың қажетті кедергі моменті

$$W_{каж} = \frac{M_{max}}{c_1 \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{8409}{1{,}1 \cdot 24 \cdot 1} = 318{,}52 см^3.$$

Сортаменттен қабылдаймыз қоставр №27 W_x=371см^3, g=31,5кг/м , I_x=5010см^4, b =125мм.

Арқалықтың тек майысымын ғана тексереміз, себебі W = 371 см^3 > $W_{каж}$ = 318,52 см^3.

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_n l^4}{EI} = \frac{5 \cdot 0{,}225 \cdot 500^4}{384 \cdot 2{,}06 \cdot 10^4 \cdot 5010} = 1{,}77см.$$

Қатаңдық шартын тексереміз

$$1{,}77см \prec \left[\frac{l}{250}\right] = \frac{500}{250} = 2см.$$

$$l_m = a_1 - b = 120 - 12{,}5 = 107{,}5см \prec l_m^{max} = 111{,}4см,$$

яғни төсемнің нақты аралығы (көршілес төсем арқалықтары сөрелерінің шеттері арасындағы қашықтық) ең үлкен шамасынан аспайды.

Арқалықтың қабылданған қимасы беріктік пен майысым шарттарын қанағаттандырады. Тірек қималарының осалдануы болмаған кезінде прокатты арқалықтардың жанама кернеуге тексеруі әдетте жасалмайды, себебі ол қабырғасының жеткілікті қалыңдығы арқасында қамтылады.

Төсем арқалықтарының сығылған белдеуі төсемге пісірмелеп қосылуы арқасында горизонталды бағытта сенімді бекітіледі, сондықтан оның жалпы орнықтылығын тексеру қажет емес.

Аражабынның 1 м^2 -не кететін металл шығынын анықтаймыз:

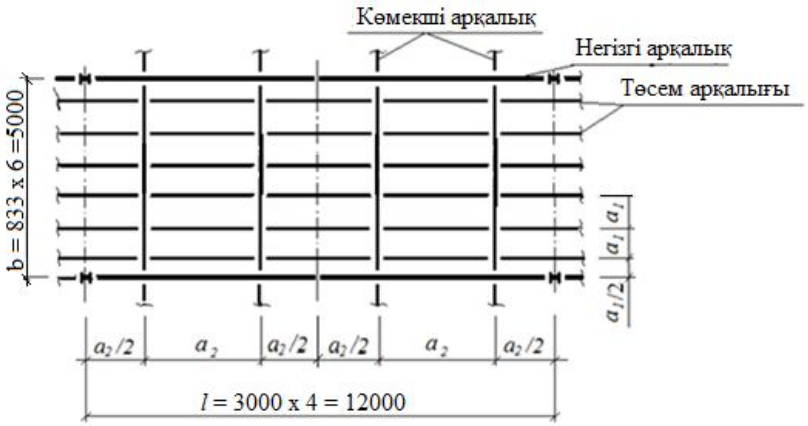
- төсем g_m =78,5·1=78,5 кг/м^2;

- төсем арқалығы g/a_1 = 31,5/1,2 = 26,25 кг/м^2.

Металдың толық шығыны 78,5+26,25 = 104,75 кг/м^2 =1,05 кН/м^2.

2-нұсқа. Арқалық торының күрделенген түрі

Көмекші арқалықтар арасындағы қашықтықты a_2 (адымды) 2 ... 5 м арасында қабылдауды ұсынылған. Сондықтан негізгі арқалықтың аралығын 4 бір-біріне тең бөлшекке бөліп, көмекші арқалықтың a_2 адымын табамыз



6.20-сурет. Арқалық торының күрделенген түрі

$$a_2 = \frac{l}{4} = \frac{12}{4} = 3м.$$

Төсем арқалықтарының адымын табу үшін көмекші арқалықтың аралығын 6 бөлшекке бөлеміз

$$a_1 = \frac{b}{6} = \frac{5}{6} = 0{,}833м.$$

Төсемнің қалыңдығын 1-нұсқадағыдай $t_т = 10$ мм қалдырамыз, онда төсемнің салмағы $g_n = 78{,}5\ {кг}/{м^2} \approx$ $\approx 0{,}785\ {кН}/{м^2}$.

Төсем арқалығына түсетін мөлшерлі жүктеме

$$q_n = (p_n + g_n) \cdot a_1 = (18 + 0{,}785) \cdot 0{,}833 = 15{,}65кН/м = 0{,}1565кН/см\ .$$

Төсем арқалығына түсетін есептік жүктеме

$$q = \left(\gamma_f \cdot p_n + \gamma_f \cdot g_n\right) \cdot a_1 = (1{,}2 \cdot 18 + 0{,}785 \cdot 1{,}05) \cdot 0{,}833 = 18{,}68кН/м.$$

Есептік майыстырушы момент (ℓ=a_2=3 м)

$$M_{max} = \frac{q\ell^2}{8} = 18{,}68 \cdot \frac{3^2}{8} = 21{,}02кН \cdot м = 2102\ кН \cdot см.$$

Арқалыққа қажетті кедергі момент (С245 болат үшін R_y = 240 МПа)

$$W_{каж} = \frac{M_{\max}}{c_1 \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{2102}{1{,}1 \cdot 24 \cdot 1} = 79{,}6см^3.$$

Сортаменттен қабылдаймыз қоставр №16 W_x =109 см^3, g =15,9 кг/м, I_x = 873см^4, b=81мм.

Төсем арқалықтың тек майысымын ғана тексереміз, себебі W = 109 см^3 > $W_{каж}$ = 79,6 см^3.

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_n l^4}{EI} = \frac{5 \cdot 0{,}1565 \cdot 300^4}{384 \cdot 2{,}06 \cdot 10^4 \cdot 873} = 0{,}92см \prec \frac{300}{250} = 1{,}2см.$$

Арқалықтың қабылданған қимасы беріктік және майысым шарттарын қанағаттандырады.

Төсем арқалығынан көмекші арқалыққа түсетін жүктемені біркелкі таралған деп есептейміз.

Қөмекші арқалыққа түсетін мөлшерлік және есептік жүктемелерді анықтаймыз

$$q_n = (18 + 0{,}785 + \frac{0{,}159}{0{,}833}) \cdot 3 = 56{,}93 кН/м = 0{,}5693 кН/см.$$

$$q = \left\{1{,}2 \cdot 18 + 1{,}05 \cdot (0{,}785 + \frac{0{,}159}{0{,}833})\right\} \cdot 3 = 67{,}87 кН/м = 0{,}679 кН/см.$$

Есептік майыстырушы момент пен қажетті кедергі моментті анықтаймыз

$$M = \frac{q\ell^2}{8} = 67{,}9 \cdot \frac{5^2}{8} = 212{,}19 \text{ кН} \cdot \text{м} = 21219 \text{ кН} \cdot \text{см};$$

$$W_{\text{қаж}} = \frac{M}{(c_x \cdot R_y \cdot \gamma_c)} = \frac{21219}{(1{,}1 \cdot 24 \cdot 1)} = 803{,}75 \text{см}^3.$$

Сортаменттен іріктеп аламыз қоставр № 40, $W_x = 953$ см^3, $I_x = 19062$ см^4, g =57 кг/м, b_f=155 мм, t_f=13 мм, h=400 мм.

$$f = \frac{5 \cdot 0{,}569 \cdot 500^4}{384 \cdot 2{,}06 \cdot 10^4 \cdot 19062} = 1{,}18см < \left[\frac{l}{250}\right] = \frac{500}{250} = 2см.$$

Көмекші арқалықтардың, ең көп тік кернеуі орналасқан, аралығы ортасындағы қимасының жалпы орнықтылығын тексереміз. Төсем, оған пісірмелеп қосылған төсем арқалығымен бірге қатаң диск құрап, көмекші арқалықтың сығылған белдемесін көлденең жылжудан бекітеді. Бұл жағдайда есептік аралығы ретінде төсем арқалықтары арасындағы қашықтық қабылданады $\ell_{ef} = 83{,}3$ см.

Төменде келтірілген шарт орындалса арқалықтың жалпы орнықтылығын тексермеуге болады:

$$\frac{l_{ef}}{b_f} \le \delta\left[0{,}41 + 0{,}0032\frac{b_f}{t_f} + \left(0{,}73 - 0{,}016\frac{b_f}{t_f}\right)\cdot\frac{b_f}{h}\right]\cdot\sqrt{\frac{E}{R_y}}.$$

Формуланы қолдануға болатын шартын тексереміз:

$1 < \frac{h}{b_f} = \frac{40}{15{,}5} = 2{,}58 < 6$ және $\frac{b_f}{t_f} = \frac{15{,}5}{1{,}3} = 11{,}9 < 35.$

Шарттары орындалды.

ℓ/2 қимасында $\tau = 0$, сондықтан $c_1 = c$ и $\delta = 1 - 0{,}7\frac{(c_1-1)}{(c-1)} = 0{,}3.$

Алынған шамаларын формулаға еңгіземіз

$$\frac{83{,}3}{15{,}5} = 5{,}37 \prec 0{,}3\left[0{,}41 + 0{,}0032\frac{15{,}5}{1{,}3} + \left(0{,}73 - 0{,}016\frac{15{,}5}{1{,}3}\right)\frac{15{,}5}{40}\right]\cdot\sqrt{\frac{2{,}06\cdot 10^4}{24}} = 5{,}74,$$

яғни жалпы орнықтылығын тексермеуге болады.

Қабылданған қима беріктілік, орнықтылық және майысым талаптарын қанағаттандырады.

2-нұсқа бойынша металдың жалпы шығыны

$$0{,}785 + \frac{0{,}159}{0{,}833} + \frac{0{,}57}{3} = 1{,}166 кН/м^2.$$

Металл шығыны бойынша №1-нұсқа ұтымды келеді, себебі 1,05 кН/м^2 < 1,166кН/м^2.

Құрамалы бас арқалықты құрастыру және қимасын іріктеп алу

Құрама бас арқалықтың қимасын арқалық алаңшасын құрастырудың бірінші нұсқасы бойынша іріктеп аламыз. Арқалықты С255 болаттан жобалаймыз, қалыңдығы t ≤ 20 мм

кезінде R_y = 240 МПа және $R_s = 0{,}58 \cdot R_y$=139 МПа = 13,9кН/см^2. Оның шекті майысымы $f \le (1/400)\ell$.

Төсем мен төсем арқалығының массасы g = 1,05 кН/м^2, арқалықтың меншікті массасын шамалап оған әсер ететін жүктемесінің 1-2 % өлшемінде қабылдаймыз. Аражабынның, барынша қисыны бар, құрылыстық биіктігі тапсырма бойынша $h_{құрыл.}$=1,6 м.

Арқалыққа әсер ететін мөлшерлік және есептік жүктемені анықтаймыз

$$q_n = \ 1{,}02(p_n + g_n)\cdot b = 1{,}02(18+1{,}05)\cdot 5 = 97{,}2 \text{ кН/м},$$

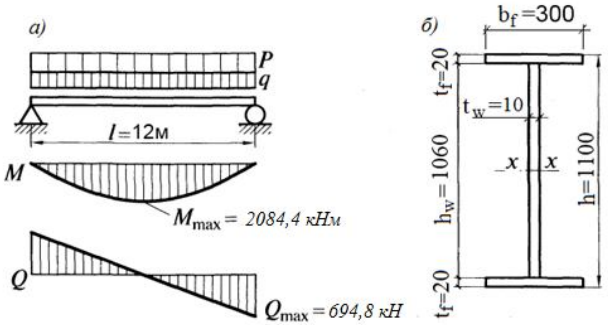
$$q = 1{,}02(\gamma_{fp} \cdot p_n + \gamma_{fg} \cdot g_n)\cdot b = 1{,}02 \cdot (1{,}2 \cdot 18 + 1{,}05 \cdot 1{,}05)\cdot 5 = 115{,}8 кН / м.$$

Аралығының ортасындағы есептік майыстырушы моментін анықтаймыз

$$M = \frac{ql^2}{8} = \frac{115{,}8 \cdot 12^2}{8} = 2084{,}4 кН \cdot м.$$

Тірек үстіндегі көлденең күш

$$Q = \frac{ql}{2} = \frac{115{,}8 \cdot 12}{2} = 694{,}8 кН.$$



6.21-сурет. Есептік сұлбалар
а – бас арқалықтың есептік сұлбасы; *б* – арқалықтың қимасы

Бас арқалықты пластикалық деформациясының дамуын ескереумен есептейміз. Бастапқыда $c_1 = c = 1,1$ деп қабылдап, арқалыққа қажетті кедергі моментін анықтаймыз

$$W_{каж} = \frac{M_{\max}}{c_1 R_y \gamma_C} = \frac{208440}{1,1 \cdot 24 \cdot 1} = 7895,45 см^3.$$

Алдын ала арқалықтың биіктігі мен қабырғасының қалыңдығын шамамен қабылдап, оның оптималды биіктігін табамыз

$$h \approx \left(\frac{1}{10}\right) l \approx 1,2 м;$$

$$t_w = 7 + \frac{3 \cdot h}{1000} мм = 7 + \frac{3 \cdot 1200}{1000} = 10,6 мм.$$

Табақтық болат прокатының бар қалыңдықтарымен салыстырып, қабырғасының қалыңдығын шамалап 10 мм қабылдаймыз.

$$h_{opt} = k \cdot \sqrt{\frac{W_{каж}}{t_w}} = 1,15 \sqrt{\frac{7895,45}{1,0}} = 102 см.$$

Арқалықтың минималды биіктігін анықтаймыз:

$$h_{\min} = \frac{5 \cdot c_1 R_y \ell}{24E} \left[\frac{\ell}{f}\right] \cdot \frac{q_n}{q} = \frac{5 \cdot 1,1 \cdot 24 \cdot 1200 \cdot 400 \cdot 97,2}{24 \cdot 2,06 \cdot 10^4 \cdot 115,8} = 107,6 см.$$

Арқалықтың құрылыстық биіктігін тапсырылған барынша мүмкіндікті аражабынның биіктігі мен оның құралымына қарай анықтаймыз:

$$h_{курыл}^{арк} = h_{курыл}^{аражаб} - \underset{арк.}{h_{тосем}} - t_{тосем.} = 160 - 27 - 1,0 = 132 см.$$

Табылған биіктіктерді салыстыра отырып, арқалықтың биіктігін h_{min}-нен көптеу, h_{opt}-ына жақындау және 100 мм-ге еселі етіп қабылдаймыз h = 110 см.

Қабылданған арқалық қабырғасының қалыңдығын тексереміз:

- бүйір жағына дәнекерлеп бекітілген тіректік қабырғашасы арқылы тірелетін арқалықтың жанама кернеуге қабырғасының беріктігі шартынан

$$t_w = \frac{3}{2} \cdot \frac{Q_{\max}}{hR_s} = \frac{3}{2} \cdot \frac{694{,}8}{110 \cdot 13{,}9} = 0{,}68 см;$$

- арқалық қабырғасын бойлық қабырғашамен нығайтпай оның жергілікті орнықтылығын қамтамасыз ету шартынан

$$t_w = \frac{h}{5{,}5}\sqrt{\frac{R_y}{E}} = \frac{110}{5{,}5}\sqrt{\frac{24}{2{,}06 \cdot 10^4}} = 0{,}68 см.$$

Алдын ала қабылданған қабырғаның қалыңдығын (10 мм) есептеп табылған шамаларымен салыстырып, оны өзгертпей қалдыруға болатын шешімге келдік, себебі ол жергілікті орнықтылық және жанама кернеу әсеріне беріктік шарттарын қанағаттандырады.

Горизонталды белдеулік табақтардың өлшемдерін арқалықтың керекті көтергіштік қабілетіне қарай табамыз. Ол үшін арқалық қимасының қажетті инерция моментін есептейміз

$$I_{каж} = \frac{W_{каж} \cdot h}{2} = \frac{7895{,}45 \cdot 110}{2} = 434250 см^4.$$

Белдеулердің қалыңдығын t_f = 2 см қабылдап, арқалық қабырғасының инерция моментін табамыз

$$h_w = h - 2t_f = 110 - 2 \cdot 2 = 106 см$$

$$I_w = \frac{t_w \cdot h_w^3}{12} = \frac{1{,}0 \cdot 106^3}{12} = 99251 см^4$$

Белдеулік табақтарға келетін инерция моменті

$$I_f = I_{каж} - I_w = 434250 - 99251 = 334999 см^4.$$

Арқалық белдеуі табақтарының бейтарап өсіне қатысты инерция моменті

$$I_f = 2A_f \left(\frac{h_{ef}}{2} \right)^2,$$

мұндағы A_f – белдеу қимасының ауданы. Белдеулердің меншікті осьтеріне қатысты инерция моментінің болмаштығынан елемейміз.

Осыдан арқалықтың қажетті қимасы ауданын табамыз:

$$A_f^{каж} = \frac{2I_f}{h_{ef}^2} = \frac{2 \cdot 334999}{108^2} = 57,44 см^2,$$

мұндағы $h_{ef} = h - t_f = 110 - 2 = 108$ см.

Белдеулерді универсал болаттан $b_f \times t_f = 300 \times 20$ мм $A_f^{каж} = 60 см^2$ қабылдаймыз, оған $b_f / h = 300 / 1100 = 1 / 3,66$. Бұл қатынас ұсынылған аралыққа (1/3 – 1/5) сәйкес келеді.

Бұрын қабылданған пластикалық жұмысын есепке алатын «с» еселеуішті дәлдейміз:

$$A_f = b_f \cdot t_f = 30 \cdot 2 = 60 см^2;$$

$$A_w = h_w \cdot t_w = 106 \cdot 1,0 = 106 см^2$$

$$\frac{A_f}{A_w} = \frac{60}{106} = 0,57$$

66-кесте [4] бойынша еселеуіш с = 1,11, оның бұрын қабылданған с = 1,1 мәнінен айырмашылығы шамалы болғандықтан бұрыңғысын өзгертпейміз.

Пластикалық деформацияларының дамуын есепке алып жұмыс жасайтын арқалықтың қабылданған белдеу енінің (асылымының) жергілікті орнықтылығын тексереміз

$$\frac{b_{ef}}{t_f}=\frac{30-1,0}{2\cdot 2}=7,25<0,11\frac{h_{ef}}{t_w}=0,11\frac{108}{1,0}=11,88<0,5\sqrt{\frac{E}{R_y}}=0,5\sqrt{\frac{2,06\cdot 10^4}{24}}=14,6\cdot$$

Арқалық қабырғасының пластикалық деформацияланатын аймағының орнықтылығына сүйене отырып, ең үлкен момент әсер ететін және Q мен $\tau = 0$ жеріндегі арқалықтың көтергіштік қабілетін тексереміз

$$\overline{\lambda}_w=\frac{h_w}{t_w}\cdot\sqrt{\frac{R_y}{E}}=\frac{106}{1,0}\sqrt{\frac{24}{2,06\cdot 10^4}}=3,62,$$

$$M_{\max}=208440\ кН\cdot см<R_y\cdot h^2{}_{ef}\cdot\gamma_C\cdot t_w\left(\frac{A_f}{A_w}+\alpha\right)=$$

$$=24\cdot 108^2\cdot 1,0\cdot 1,0\cdot\left(0,57+0,22\right)=221149\ кН\cdot см,$$

мұндағы

$\alpha = 0,24 - 0,15\cdot(\tau/R_s)^2 - 8,5\cdot10^{-3}(\overline{\lambda}_w - 2,2)^2 =$

$= 0,24-8,5\cdot10^{-3}\cdot(3,62-2,2)^2 = 0,22.$

Арқалық қабырғасының орнықтылығы қамтылған.

Арқалықтың таңдап алынған қимасын беріктікке тексереміз. Ол үшін арқалықтың инеция моменті мен кедергі моментін анықтаймыз

$$I=I_w+I_f=I_w+2\cdot b_f\cdot t_f(h_{ef}/2)^2=$$

$$=99251+2\cdot 30\cdot 2\cdot(108/2)^2=99251+349920=$$

449171 см^4,

$$W=\frac{I\cdot 2}{h}=\frac{449171\cdot 2}{110}=8167\text{см}^3.$$

Арқалықтағы ең үлкен кернеу:

$$\sigma=\frac{M_{\max}}{c_1W}=\frac{208440}{1,1\cdot 8167}=23,2кН/см^2<\gamma_cR_y=24кН/см^2.$$

Таңдап алынған арқалықтың қимасы беріктік шартын қанағаттандырады. Арқалық қимасының биіктігі ең кіші шамасынан артығырақ алынған, сондықтан арқалықтың майысымын тексеру керек емес.

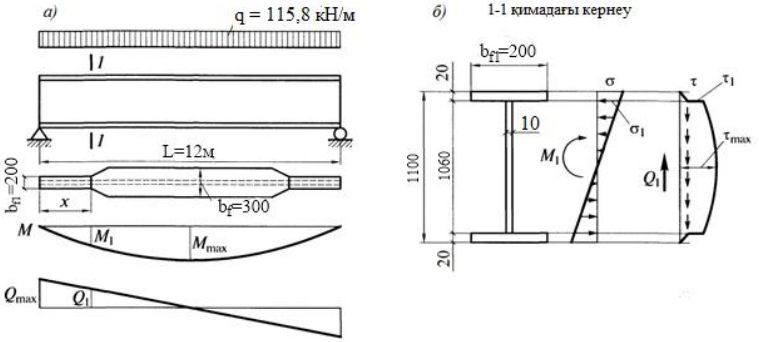
Арқалықтың ұзындығы бойынша қимасын өзгерту

Тіректен аралығының 1/6-не тең қашықтық арасында арқалықтың қимасын өзгертеміз. Қимасын өзгертуді белдеудің енін кішірейту арқылы орындаймыз. Белдеулердің әртүрлі қималары Э42 электродпен физикалық тәсілмен бақылауды қолданбай түйістік жікпен пісірмелеп қосылады, яғни созылған белдеу үшін $R_{wy} = 0{,}85 \cdot R_y$.

Тіректен $x = \ell / 6 = 12 / 6 = 2$ *м* қашықтықтағы қиманың есептік майыстырушы моменті пен кесуші күштеуін анықтаймыз

$$M_1 = \frac{qx(\ell - x)}{2} = \frac{115{,}8 \cdot 2(12-2)}{2} = 1158 кН \cdot м = 115800 кН \cdot см;$$

$$Q_1 = q\left(\frac{\ell}{2} - x\right) = 115{,}8 \cdot \left(\frac{12}{2} - 2\right) = 463{,}2 кН.$$



6.22-сурет. Қимасын өзгерту мысалына келтірілген сурет
а – қимасын өзгертетін орын; б – келтірілген кернеулерді тексеру

Өзгертілген қимасын іріктеуді болаттың серпімді кезеңіндегі жұмысы бойынша жүгіземіз. Созуға жұмыс істейтін пісірмеленген түйістің беріктігіне сүйене отрып, өзгертілген қиманың қажетті кедергі моменті мен инерция моментін анықтаймыз

$$W_1^{каж} = \frac{M_1}{R_{wy}} = \frac{115800}{0{,}85 \cdot 24} = 5676{,}5 см^3;$$

$$I_1^{каж} = W_1 \cdot h/2 = 5676{,}5 \cdot 110/2 = 312207{,}5 см^4.$$

Белдеулердің қажетті инерция моментін анықтаймыз

$$I_w = 99251\ см^4,$$

$$I_{f1}^{каж} = I_1^{каж} - I_w = 312207{,}5 - 99251 = 212956{,}5 см^4.$$

Белдеулердің қажетті қима ауданы

$$A_{f1}^{каж} = \frac{2 \cdot I_{f1}^{каж}}{h_{ef}^2} = \frac{2 \cdot 212956{,}5}{108^2} = 36{,}52 см^2.$$

Белдеуін қабылдаймыз $b_{fl} \times t_f$ = 200×20 мм A_{fl} = 40 см^2. Белдеуінің қабылданған қимасы мына ұсыныстарды қанағаттандырады $b_{fl} > 18$ см және $b_{fl} > h/10 = 110/10 = 11$ см.

Кішірейтілген қиманың инерция моменті мен кедергі моментін анықтаймыз:

$$I_1 = I_w + 2b_{f1} \cdot t_f \left(\frac{h_{ef}}{2}\right)^2 = 99251 + 2 \cdot 20 \cdot 2\left(\frac{108}{2}\right)^2 = 332531 см^4;$$

$$W_1 = \frac{2 \cdot I_1}{h} = \frac{2 \cdot 332531}{110} = 6046 см^4;$$

$$\sigma = \frac{M_1}{W_1} = \frac{115800}{6046} = 19{,}15 < R_{wy} = 0{,}85 \cdot 24 = 20{,}4 кН/см^2.$$

Құрама арқалықтың беріктігін, жалпы орнықтылығын және майысымын тексеру

Арқалықтың беріктігін тексеру.

Арқалық аралығының ортасында белдеулердегі максималды тік кернеулерін тексереміз

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{c_1 \cdot W} = \frac{208440}{1{,}1 \cdot 8167} = 23{,}2 кН/см^2 < R_y = 24 кН/см^2.$$

Арқалықтың тірегі үстінде қабырғасындағы ең үлкен жанама кернеуін тексереміз

$$\tau = \frac{Q_{\max} \cdot S_1}{I_1 \cdot t_w} = \frac{694{,}8 \cdot 3564{,}5}{332531 \cdot 1{,}0} = 7{,}45 кН/см^2 < R_s = 13{,}9 кН/см^2,$$

мұндағы

$$S_1 = b_{f1} \cdot t_f \cdot \frac{h_{ef}}{2} + \frac{t_w \cdot h_w^2}{8} = 20 \cdot 2{,}0 \cdot \frac{108}{2} + \frac{1{,}0 \cdot 106^2}{8} = 3564{,}5 см^3.$$

Төсем арқалығы астында қабырғадағы жергілікті кернеулерін тексереміз

$$\sigma_{loc} = \frac{F}{t_w \cdot l_{loc}} = \frac{134{,}55}{1{,}0 \cdot 16{,}5} = 8{,}15 кН/см^2 < R_y \cdot \gamma_c = 24 кН/см^2,$$

мұндағы F = 2·26,91·5/2 =134,55 кН – төсем арқалығының тірек реакциясы; l_{loc} = b +2t_f = 12,5 +2·2 = 16,5 см – арқалықтың қабырғасына жүктемені жеткізу ұзындығы.

Арқалық қимасының өзгертілген жеріндегі келтірілген кернеулерін тексереміз

$$\sigma_1 = \frac{M_1}{W_1} \cdot \frac{h_w}{h} = \frac{115800 \cdot 106}{6046 \cdot 110} = 18{,}46 кН;$$

$$\tau_1 = \frac{Q_1 \cdot S_{f1}}{I_1 \cdot t_w} = \frac{463{,}2 \cdot 2160}{332531 \cdot 1{,}0} = 3{,}01 кН/см^3,$$

$$S_{f_1} = b_{f1} \cdot t_f \cdot \frac{h_{ef}}{2} = \frac{20 \cdot 2 \cdot 108}{2} = 2160 см^3,$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2} = \sqrt{18{,}46^2 + 3 \cdot 3{,}01^2} = 19{,}18 кН/см^2 < 1{,}15 R_y = 27{,}6 кН/см^2.$$

Арқалықтың беріктігі жеткілікті.

Арқалықтың есептік аралығы l_{ef} ретінде төсем арқалықтары арасындағы қашықтығын a_1 қабылдап, максималды тік кернеулер әсер ететін жеріндегі арқалықтың жалпы орнықтылығын тексереміз:

а) пластикалық деформациясы есепке алынған, аралығының ортасында

$$1 < h/b_f = 110/30 = 3{,}66 < 6 \quad \text{и} \quad b_f/t_f = 30/2 = 15 < 35$$

кезінде

$$\frac{l_{ef}}{b_f} = \frac{120}{30} = 4 < \delta \left[0{,}41 + 0{,}0032 \frac{b_f}{t_f} + \left(0{,}73 - 0{,}016 \frac{b_f}{t_f} \right) \frac{b_f}{h_{ef}} \right] \sqrt{\frac{E}{R_y}} =$$

$$= 0{,}3 \left[0{,}41 + 0{,}0032 \frac{30}{2} + \left(0{,}73 - 0{,}016 \frac{30}{2} \right) \frac{30}{108} \right] \cdot \sqrt{\frac{2{,}06 \cdot 10^4}{24}} = 5{,}23,$$

мұнда $\delta = \left[1 - 0.7 \frac{c_1 - 1}{c - 1} \right] = 0{,}3;$

б) арқалықтың қимасы кішірейтілген жерінде (арқалық серпімді жұмыс жасайды, сондықтан δ =1)

$$\frac{l_{ef}}{b_{f1}} = \frac{120}{20} = 6 < 1 \cdot \left[0{,}41 + 0{,}0032 \cdot \frac{b_{f1}}{t_f} + \left(0{,}73 - 0{,}016 \frac{b_{f1}}{t_f} \right) \frac{b_{f1}}{h_{ef}} \right] \sqrt{\frac{E}{R_y}} =$$

$$= 1 \cdot \left[0{,}41 + 0{,}0032 \frac{20}{2} + \left(0{,}73 - 0{,}016 \frac{20}{2} \right) \cdot \frac{20}{108} \right] \cdot \sqrt{\frac{2{,}06 \cdot 10^4}{24}} = 16{,}03.$$

Тексерулердің екеуі де арқалықтың жалпы орнықтылығы камтылғадығын көрсетті.

Арқалықтың майысымын тексермеуге болады, себебі арқалықтың қабылданған биіктігі минималдысынан үлкенірек h =110 см > h_{min} = 107,5 см.

Дәнекерленген арқалықтың сығылған белдеуі мен қабырғасының жергілікті орнықтылығын тексеру

1. Сығылған белдеудің орнықтылығын тексеру, барынша максимал тік кернеу орналасқан пластикалық деформациясының дамуы мүмкін – арқалық аралығының ортасында жүргізіледі.

Қатынас $\frac{h_{ef}}{t_w} = \frac{108}{1,0} = 108 > 2,7 \cdot \sqrt{\frac{E}{R_y}} = 2,7\sqrt{\frac{2,06 \cdot 10^4}{24}} = 79,1$

болғандықтан тексеруді

былай жүргіземіз $\frac{b_{ef}}{t_f} \le 0,5\sqrt{\frac{E}{R_y}}$;

$$\frac{b_{ef}}{t_f} = \frac{30-1,0}{2 \cdot 2} = 7,25 < 0,11\frac{h_{ef}}{t_w} = 0,11\frac{108}{1,0} = 11,88 < 0,5\sqrt{\frac{E}{R_y}} = 0,5\sqrt{\frac{2,06 \cdot 10^4}{24}} = 14,65.$$

Тексерудің нәтижесі белдеудің жергілікті орнықтылығы қамтылғандығын көрсетті.

2. Арқалық қабырғасының орнықтылығын тексеру. Әуелі қатаңдық қабырғашаларды орналастырудың қажеттілігін анықтаймыз

$$\bar{\lambda}_w = \frac{h_w}{t_w} \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = \frac{106}{1,0} \cdot \sqrt{\frac{24}{2,06 \cdot 10^4}} = 3,61 > 2,2,$$

демек тік қатаңдық қабырғашалар қажетті. Пластикалық деформацияларын есепке алатын аймақта қатаңдық қабырғашалар әр төсем арқалықтарының астына орналастырылуы қажет, себебі бұл аймақтағы арқалық қабырғасында жергілікті кернеу болмауы керек.

Арқалық қабырғасындағы пластикалық деформациясын есепке алатын аймағының ұзындығын анықтаймыз

$$l_{пласт} = l\sqrt{1-\frac{1}{c_1}\cdot\frac{h}{h_w}} = 1200\sqrt{1-\frac{1}{1{,}1}\cdot\frac{110}{106}} = 285{,}5см\cdot$$

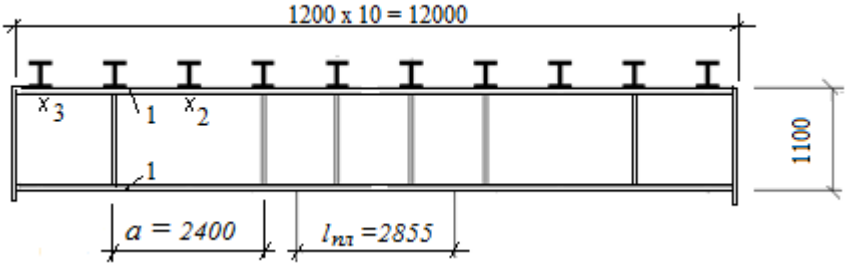
Тік қабырғашалардың орналасуын төмендегі сызба бойынша қабылдаймыз. Қабырғашаларды арқалық қабырғасына тұтас біржақты қалыңдығы минималды жікпен пісіріп біріктіреді. Қабырғашалардың ені $b_{каб} = h_{ef}/24 + 50 = 1080/24 + 50 = 95$ мм, қалыңдығы $t_{қаб} = 2b_{қаб}\sqrt{R_y/E}\cdot$

Қабырғаның орнықтылығын тексеру қажеттілігін белгілейміз. Қабырғаның шартты иілгіштігі $\bar{\lambda}_w = 3{,}61 > 2{,}5$ болғандықтан қабырғаның орнықтылығын тексеру қерек.

«*а*» бөлігін тексереміз. Тіректен х = 300 см қашықтықтағы (төсем арқалығы астында) 2-2 қимада М мен Q-дің орташа мәндерін табамыз

$$M_2 = [qx(l-x)]/2 = [115{,}8\cdot 3{,}0(12-3{,}0)]/2 = 1563кН\cdot м = 156300кН\cdot см;$$

$$Q_2 = q\left(l/2 - x\right) = 115{,}8\left(12/2 - 3{,}0\right) = 347 \text{ кН}.$$



6.23-сурет. Қатаңдық қабырғашаларын орналастыру сұлбасы:
1 – белдеу қимасын өзгертілген орын; 2 – қабырғаның орнықтылығын тексеретін орын; 3 – белдеу жігін тексеретін орын

Әсер ететін кернеулерді анықтаймыз

$$\sigma = \frac{M_2 \cdot h_w}{W \cdot h} = \frac{156300 \cdot 106}{8167 \cdot 110} = 18{,}44 кН / см^2,$$

$$\tau = \frac{Q_2}{h_w \cdot t_w} = \frac{347}{106 \cdot 1{,}0} = 3{,}27 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}.$$

Аумалы кернеулерді анықтаймыз

$$\tau\tau$$

$$\tau_{cr} = 10{,}3\left(1 + \frac{0{,}76}{\mu^2}\right) \cdot \frac{R_s}{\overline{\lambda}_{ef}^2} = 10{,}3\left(1 + \frac{0{,}76}{2{,}26^2}\right) \cdot \frac{13{,}9}{3{,}61^2} = 12{,}62 кН / см^2,$$

мұнда $\mu = \frac{a}{h_w} = \frac{240}{106} = 2{,}26;$ $\overline{\lambda}_{ef} = \overline{\lambda}_w = 3{,}61.$

Қабырғаның белдеулерінде қысып бекітілген дәрежесі еселеуішінің шамасын табамыз

$$\delta = \beta \cdot \frac{b_f}{h_{ef}} \left(\frac{t_f}{t_w}\right)^3 = 0{,}8 \cdot \frac{30}{106} \cdot \left(\frac{2}{1{,}0}\right)^3 = 1{,}81,$$

мұндағы β – 22-кесте [4] бойынша қабылданатын коэффициент; h_{ef} – құрама арқалық қабырғасының есептік биіктігі, дәнекерленген арқалықтар үшін $h_{ef} = h_w$.

24-кесте [4] бойынша δ = 1,81 және $a / h_{ef} = 2{,}26$ кезінде кернеулер қатынасының шекті шамасы $\frac{\sigma_{loc}}{\sigma} = 0{,}765.$ Есептік шамасы $\frac{\sigma_{loc}}{\sigma} = \frac{8{,}15}{18{,}44} = 0{,}44 < 0{,}765,$ сондықтан σ_{cr} мына формула бойынша анықталады

$$\sigma_{cr} = \frac{c_{cr} R_y}{\overline{\lambda}_w^2} = \frac{32{,}9 \cdot 24}{3{,}61^2} = 60{,}59 кН / см^2,$$

мұндағы c_{cr} =32,9 21-кесте [4] бойыша δ = 1,81 кезінде алынған.

Сонан соң $\overline{\lambda_a}$ –ны есептеп шығарғанда *a* орнына *a*/2 қабылдап $\sigma_{loc,\,cr}$ анықтаймыз

$$\overline{\lambda_a} = \frac{a}{2 \cdot t_w}\sqrt{\frac{R_y}{E}} = \frac{240}{2 \cdot 1{,}0}\sqrt{\frac{24}{2{,}06 \cdot 10^4}} = 4{,}1,$$

$$\sigma_{loc,cr} = \frac{c_1 R_y}{\overline{\lambda}_a^2} = \frac{23{,}24 \cdot 24}{4{,}1^2} = 33{,}18 кН/см^2,$$

мұндағы c_1 = 23, 24 23-кесте [4] бойынша δ = 1,81 және *a /(2h_w)= 240 /212 =1,13* кезінде алынған.

Есептеп алынған кернеулердің мәнін өрнекке еңгіземіз:

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_{cr}} + \frac{\sigma_{loc}}{\sigma_{loc,cr}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr}}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{18{,}44}{60{,}59} + \frac{8{,}15}{33{,}18}\right)^2 + \left(\frac{3{,}27}{12{,}62}\right)^2} = 0{,}608 < \gamma_c = 1.$$

Қатаңдық қабырғашалар арасындағы қашықтық *a = 240 см >2h_w=212 см* болса да тексеру нәтижесі орнықтылығының қамтылғанын көрсетті.

Пісірмеленген арқалықтың белдеулік жігін есептеу

Арқалықтың жұмысында пластикалық деформациясы есепке алынады және де арқалықтың сығылған белдемесіне төсем арқалығынан шоғырланған жергілікті жүктеме әсер етеді. Сондықтан жігі диаметрі 3 мм Св-08А пісірмелік сыммен автоматтық қайықша түрінде пісірмелеу арқылы екі жағынан орындалады.

Максималды ығыстырушы күш орналасқан, арқалықтың тірегінен кейінгі бірінші төсем арқалығы астындағы *x* = 120 /2 = 60 см қимада жіктің қалыңдығын анықтаймыз

$$\kappa_f = \frac{\sqrt{\left(Q \cdot S_{f1} / I_1\right)^2 + \left(F / \ell_{loc}\right)^2}}{n \cdot \left(\beta R_w\right)_{\min}},$$

мұндағы n = 2 (жік екі жағында болған кезде; I_1 = 332531 см^4, S_{fl} = 2160 см^3, F =134,55кН, $\ell_{\ell oc}$ = 16,5 см. Көлденең күшті анықтаймыз

$$Q = q\cdot(\ell/2\text{-}x) = 115{,}8(12 / 2 - 0{,}6) = 625{,}3 \text{ кН}.$$

56-кесте [4] бойынша Св-08А дәнекерлік сым үшін R_{wf}= 180 МПа = 18 кН/см^2. 3 және 51-кестелерге [4]сәйкес С255 болат үшін R_{wz}= 0,45R_{un}= 0,45·37 = 16,6 кН/см^2. 35-кесте [4] бойынша бұрыштық жіктің балқыту тереңдігінің еселеуіштерін табамыз β_f = 1,1 және β_z = 1,15. Сонан соң жіктің қауіптілеу қимасын табамыз $\beta_f R_{wf}$= =1,1·18 =19,8 кН/см^2> $\beta_z R_{wz}$= 1,15·16,6 = 19,09 кН/см^2. Осыдан аздауын қабылдап, жіктің қажетті қалыңдығын анықтаймыз

$$\kappa_f = \frac{\sqrt{\left(625{,}3 \cdot 2160 / 332531\right)^2 + \left(134{,}55 / 16{,}5\right)^2}}{2 \cdot 19{,}09} = 0{,}24 см.$$

39-кесте [4] бойынша белдеудің қалыңдығы t_f = 20мм кезінде жіктің мүмкінінше ең аз қалыңдығын k_f = 6 мм қабылдаймыз, ол есептеп алынғанынан k_f= 2,4 мм көптеу.

Пісірмеленген арқалықтың жоғары берікті бұрандалармен жасалған жинақтау жігін есептеу

Жинақтау түйісін арқалық аралығының ортасында жасаймыз, ол жерде M = 2084,4 кН·м және Q = 0.

Түйісті d = 20 мм маркасы 40Х «селект» болаттан әзірленген жоғары берікті бұрандадан орындаймыз, оның 61-кесте [4] бойынша уахытша кедергісінің ең кемі R_{bun}= 1100МПа = =110 кН/см^2. Біріктірілетін беттерін өңдеу тәсілі – газжалынды. Екі үйкеліс беттері бар бұранданың көтергіштік қабілеті

$$Q_{bh} = R_{bh} \cdot A_{bn}\left(\gamma_b \cdot \frac{\mu}{\gamma_h}\right)\kappa = 77 \cdot 2{,}45 \cdot (1{,}0 \cdot 0{,}42 / 1{,}02) \cdot 2 = 132\,кН,$$

мұндағы $R_{bh} = 0{,}7 \cdot R_{bun} = 0{,}7 \cdot 110 = 77\,кН/см^2$; $A_{bn} = 2{,}45\,см^2$ 62-кестеден [4] анықталады; бұрандалар саны n >10 болғандықтан коэффициент $\gamma_b = 1$; бұранданың тартуын реттеу үшін бұрау бұрышы бойынша тәсілін қабылдаймыз; бұранданың және оған арналған тесіктің диаметрлері арасындағы айырмашылығы δ = 1…4 мм, сондықтан 37-кесте [4] бойынша еселеуіштер μ = 0,42 және $\gamma_h = 1{,}02$; үйкелісетін беттерінің саны k = 2.

Белдеулер түйісі

Арқалықтың әр белдеуінің түйісін қималары 300 х 12 мм және 2×130х12 мм үш бастырмамен жабамыз. Бастырмалардың жалпы қима ауданы

$$A_{бастыр.} = 1{,}2(30 + 2 \cdot 13) = 67{,}2см^2 > A_f = 30 \cdot 2 = 60см^2.$$

Белдеудегі күштеуді анықтаймыз:

$$M_f = \frac{MI_f}{I} = \frac{2084{,}4 \cdot 349920}{449171} = 1623{,}8кН \cdot м$$

$$N_f = \frac{M_f}{h_{ef}} = \frac{1623{,}8}{1{,}08} = 1503{,}5кН.$$

Бастырмаларды бекітуге арналған бұрандалар саны

$$n = \frac{N_f}{Q_{bn}} = \frac{1503{,}5}{132} = 11{,}4.$$

12 бұранда қабылдаймыз.

Қабырғаның түйісі

Қабырғаның түйісін өлшемі 320×1000×8 мм екі тік бастырмамен жабамыз.

Арқалықтың қабырғасына әсер ететін момент:

$$M_w = \frac{MI_w}{I} = \frac{2084{,}4 \cdot 99251}{449171} = 460{,}6кН \cdot м.$$

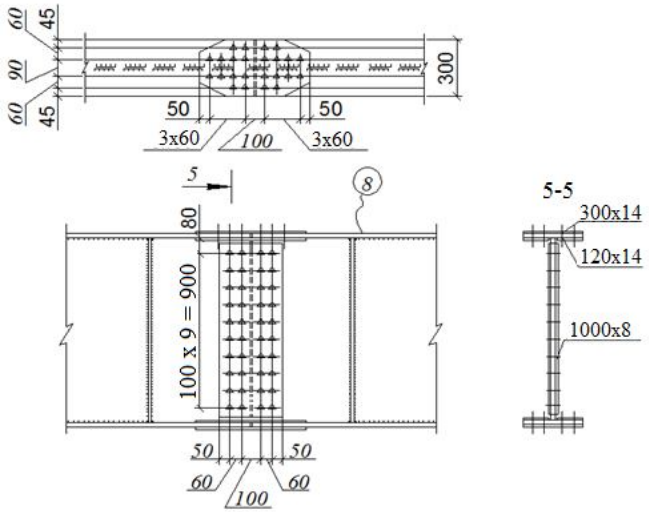
Биіктігі бойынша шеткі қатарлардағы бұрандалар арасындағы қашықтықты қабылдаймыз

$$a_{\max} = 1060 - 2 \cdot 80 = 900мм.$$

Түйіс еселеуіштерін анықтаймыз

$$\alpha = \frac{M_w}{m \cdot a_{\max} \cdot Q_{bn}} = \frac{46060}{2 \cdot 90 \cdot 132} = 1{,}94,$$

мұндағы m = 2 – бастырманың жартысындағы тік қатарлардың саны; 6.1- кестеден тік бағыты бойынша бұрандалар қатарының k санын табамыз, α = 2,04 болғанда k =10 (α = 2,04 > 1,94). Адымы 100 мм-ден 10 қатарды қабылдаймыз, себебі 100 ·9 = 900 мм.



6.24-сурет. Пісірілмелі арқалықтың жинақтау түйісі
Дәнекерленген арқалықтың жинақтау түйісі

6.1-кесте

Арқалық қабырғасы түйісінің еселеуіштері

k	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
α	1,40	1,55	1,71	1,87	2,04	2,20	2,36	2,52	2,69	2,86

Арқалық қабырғасы түйісінің көтергіштік қабілетін тексереміз

$$N_{\max} = M_w \frac{a_{\max}}{m\sum a_i^{\,2}} = 460{,}6\frac{0{,}9}{2\cdot 1{,}65} = 125{,}6кН < Q_{bh} = 132кН,$$

мұндағы

$$\sum a_i^{\,2} = 0{,}9^2 + 0{,}7^2 + 0{,}5^2 + 0{,}3^2 + 0{,}1^2 = 1{,}65м^2$$

немесе $\sum a_i^2 = a_{max}^2 \cdot \alpha = 0{,}9^2 \cdot 2{,}04 = 1{,}65м^2$.

Төменгі созылған белдеменің бұрандаларға арналған d_o=22 мм (бұранда диаметрінен 2 мм-ге үлкендеу) тесіктермен осалдануын тексереміз. Белдеу түйісі шеті бойынша екі тесікпен осалданған

$$A_n^{бастыр} = t_f\left(b_f - 2\cdot d_o\right) = 2{,}0\left(30 - 2\cdot 2{,}2\right) = 51{,}2см^2 > 0{,}85A_f = 0{,}85\cdot 60 = 51см^2,$$

демек белдеудің осалдануын елемеуге болады.

Түйіс ортасында бастырманың төрт тесікпен осалдануын тексереміз

$$A_n^{бастыр.} = 67{,}2 - 4\cdot 2\cdot 1{,}2\cdot 2{,}2 = 46{,}08см^2 \prec 0{,}85\,A_f = 51см^2.$$

Бастырманың қалыңдығын 12 мм-ден 14 мм-ге дейін үлкейтеміз, онда

$$A_n^{бастыр.} = 1{,}4\left(30 + 2\cdot 13\right) - 4\cdot 2\cdot 1{,}4\cdot 2{,}2 = 53{,}76см^2 \succ 0{,}85\,A_f = 51см^2.$$

Қалыңдығы 14 мм бастырмалардың осалдануын мұнда да елемеуге болады.

Пісірмеленген арқалықтың тіректік қабырғашасын есептеу

Арқалықтың тіректік реакциясы F = 694,8 кН.

Арқалықтың тіреуін, арқалықтың бүір жағына пісірмелеп бекітілген, тіректік қабырғаша арқылы орындаймыз. Тіректік қабырғашаның бүйір бетінің мыжылу ауданын анықтаймыз:

$$A_{каб} = \frac{F}{R_p} = \frac{694,8}{36} = 19,3см^2,$$

мұндағы R_p – бүйірлік беттің мыжылуына болаттың есептік кедергісі. Прокаттың қалыңдығы 10-20 мм кезінде 1-кесте және 51-кесте [4] бойынша С255 болат үшін $R_p = R_u = 360МПа = 36кН/см^2$.

Қабырғашаның көлденең қимасын 200 х 10 мм қабылдаймыз, онда

$$A_{каб} = b_{каб} \cdot t_{каб} = 20 \cdot 1,0 = 20,0 \text{ см}^2 > 19,3 \text{ см}^2.$$

Арқалықтың тіректік тағанын z-z осіне қатысты орнықтылығын тексереміз. Тіректік тағанның жұмысына қосылған арқалық қабырғасы бөлігінің ені:

$$b_w = 0,65 \cdot t_w \cdot \sqrt{\frac{E}{R_y}} = 0,65 \cdot 1,0\sqrt{\frac{2,06 \cdot 10^4}{24}} = 19,04см.$$

Тіректік бөлік қимасының ауданы:

$$A_m = A_{каб} + t_w \cdot b_w = 20 + 1,0 \cdot 19,04 = 39,04см^2.$$

Тіректік бөлік қимасының инерция моменті:

$$I_z = \frac{t_{каб} \cdot b^3{}_{каб}}{12} + \frac{b_w \cdot t_w^3}{12} = \frac{1,0 \cdot 20^3}{12} + \frac{19,04 \cdot 1,0^3}{12} = 668см^4;$$

онда $i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A_m}} = \sqrt{\frac{668}{39{,}04}} = 4{,}13см;\ \ \lambda = \frac{h_w}{i_z} = \frac{106}{4{,}13} = 25{,}66.$

72-кесте [4] бойынша φ = 0,944

$$\sigma = \frac{F}{\varphi \cdot A_m} = \frac{694{,}8}{0{,}944 \cdot 39{,}04} = 18{,}85кН/см^2 < R_y = 24кН/см^2.$$

Арқалықтың тіректік бөлігінің орнықтылығы қамтылған.

Тіректік қабырғашаны арқалық қабырғасына диаметрі 1,4-2,0 мм Св -08А сыммен жартылай автоматты пісірмелеп екі жақты жіктермен бекітуін есептейміз. Алдын ала пісірмелі жіктердің сипаттамаларын табамыз, сонан соң β Rw-дің ең кіші шамасын анықтаймыз. Ол үшін 56-кесте [4] бойынша қабылдаймыз R_{wf} = 180 МПа = 18,0 кН/см^2; 3 және 51-кестелер [4] бойынша $R_{wz} = 0{,}45R_{un} = 0{,}45 \cdot 37 = 16{,}65$кН/см^2; 35-кесте [4] бойынша $\beta_f = 0{,}9$, $\beta_z = 1{,}05$, онда $\beta_f \cdot R_{wf} = 0{,}9 \cdot 18 = 16{,}2$ кН/см^2 < $\beta_z \cdot R_{wz} = 1{,}05 \cdot 16{,}65 = 17{,}48$ кН/см^2. Беріктігі мен рұқсат етілетін максималды ұзындығына сүйене отырып

$N/\left(2\beta_f k_f R_{wf}\right) = 85\beta_f k_f =$ пісірмелі жіктердің катетін табамыз:

$$\kappa_f = \frac{1}{\beta_f} \cdot \sqrt{\frac{F}{2 \cdot 85 \cdot R_{wf}}} = \frac{1}{0{,}9} \cdot \sqrt{\frac{694{,}8}{2 \cdot 85 \cdot 18}} = 0{,}53см.$$

Қабылдаймыз k_f = 6 мм, ол 39 [4] кестеде келтірілген $k_{f\,min}$ шамасына тең.

Пісірмелі жіктің есептік бөлігінің ұзындығын тексереміз

$$\ell_w = 85 \cdot \beta_f \cdot \kappa_f = 85 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}6 = 45{,}9см < h_w = 106см.$$

Тіректік қабырғашаны арқалықтың қабырғасына биіктігі бойынша тұтас жікпен пісірмелеп бекітеміз.

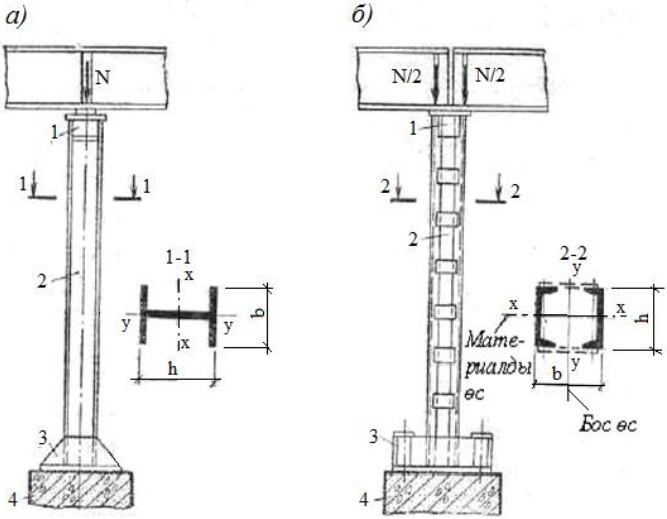
Бақылау сұрақтары

1. Құрама арқалықтың оптитмалды биіктігін анықтайтын формуланы жазыңыз.
2. Құрама арқалықтың минималды биіктігін анықтайтын формуланы жазыңыз.
3. Құрама арқалық қабырғасының қалыңдығы қалай анықталады?
4. Құрама арқалықтың ұзындығы бойынша арақалықтың қимасы қалай өзгертіліді?
5. Арқалықтың тік кернеу бойынша беріктігі қалай тексеріледі?
6. Арқалықтың жалпы орнықтылығын қандай мкезде тексермеуге болады?
7. Арқалықтың жалпы орнықтылығын тексеретін формуланы жазыңыз.
8. Қатаңдық қабырғашалар не үшін қойылады?
9. Қатаңдық қабырғашаларын қандай кезде орнатпауға болады?
10. Қабырғашалар арасындағы қашықтықтар қалай қабылданады?
11. Үлкен аралықты арқалықтардың жалпы орнықтылығын жоғарылату үшін не істеу керек?
12. Арқалықтың орнықтылығын жоғалтуы қалай байқалады?

7. ОРТАСЫНАН СЫҒЫЛҒАН ҰСТЫНДАР

7.1. Жалпы сипаттама

Жоғары жағында жатқан конструкциялардың (арқалықтар, фермалар, т. б.) жүктемелерін іргетасқа жеткізетін тікше элемент ұстын деп аталады. Ұстындарда негізгі үш құралымдық бөлшектері ажыратылады: жүктемені қабылдап алатын жоғарғы бөлігі – бастылық «1»; жүктемені көтеретін ортаңғы бөлігі – сырық «2»; ұстын қысымын іргетасқа «4» жеткізетін төменгі бөлігі – түптабан «3».



7.1-сурет. Ұстын
1 – бастылық; 2 – сырық; 3 – түптабан; 4 – іргетас

Жүктелуіне байланысты ұстындар ортасынан сығылған, ортасынан тыс сығылған және сығыла-майысқан түрлеріне бөлінеді. Ортасынан сығылған ұстындарда жүктемелер сырық осі бойымен немесе оған қатысты симметриялы түсіріледі. Осыған байланысты сырығының көлденең қималарында жалғыз ғана куштеу – бойлық күш N пайда болады.

Ортасынан сығылған ұстындар ғимараттардың аралық және төбелік жабындарын сүйеу үшін, жұмыс алаңшаларында, жол өткізгіштерде, эстакаларда, т. б. қолданылады. Сырығының құралымдық шешімі бойынша ұстындар тұтас және өтпелілерге бөлінеді.

Металл құралымдары әдетте болаттан жасалады. Алюминий қорытпасын, серпімділік модулі «Е» төмен болғандығынан, сығылған элементтерде қолдану орынсыз келеді. Осы себептен алюминий ұстындары агрессивті орта бар болғанда, жолы қиын және сейсмикалы аудандарда құрылыс жүргізген кездерде ғана жобаланады.

Ортасынан сығу кезінде құбырбетонды ұстындар жұмысты жақсы атқарады және олар металл шығыны бойынша үнемді келеді. Құбырбетонды ұстынның сырығы бетонмен толтырылған болат құбырынан тұрады.

Статикалық сұлбасы және жүктелу түрі бойынша ұстындар бір ярусты және көп ярусты болуы мүмкін.

7.2. Тұтас ұстындардың түрлері

Әдетте тұтас ұстынның қимасы прокатты немесе пісірмеленген кең сөрелі қоставр түрінде жобаланады. Мұндай қима автоматты дәнекерлеу арқылы жасауға ыңғайлы келеді және сүйеп тұратын құралымдардың қосылуын оңай орындауға мүмкіндік береді.

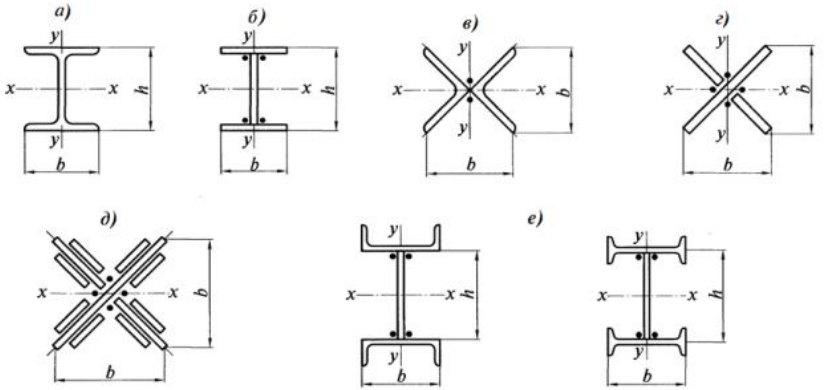
Ұстынның тең орнықтылығы үшін, «х» пен «у» осьтері жазықтығындағы иілгіштіктері тең, яғни $\lambda_x = \lambda_y$ болуы керек. Мұндағы $\lambda_x = \frac{\ell_{efx}}{i_x}$; $\lambda_y = \frac{\ell_{efy}}{i_y}$. Бірақ әдеттегі қоставр қималарында бұл шарт орындалмайды, себебі оларда инерция радиусының шамалары әртүрлі болып келеді. Мысалы, қоставрлы қимада «х» осіне қатысты инерция радиусы $i_x \approx 0{,}43h$ болса, «у» осіне қатысты $i_y \approx 0{,}24b$. Сондықтан тең орнықтылықты қима алу үшін $0{,}43h = 0{,}24b$ немесе $b \approx 2h$ болуы керек. Мұндай өлшемдер құралымдық жағынан қолайсыз

қималарға келтіреді. Әдеттегі прокатты қоставр сөресінің ені шамалы болады, сондықтан сирек қолданылады.

Кеңсөрелі қоставрларда теңорнықтылық шарты (b = h) орындалмаса да ұстындар үшін толығынан жарамды.

Үш табақтардан құралған пісірмелі ұстынның қимасы, металл шығыны бойынша, ең тиімдісі болып табылады. Себебі оның керекті қатаңдылығын қамтамасыздандыратындай етіп қимасын үлкейтуге болады.

Ұстындар қимасының негізгі түрі ретінде пісірмеленген қоставр қабылданады.



7.2-сурет. Тұтас ұстын сырықтарының ашық қималары

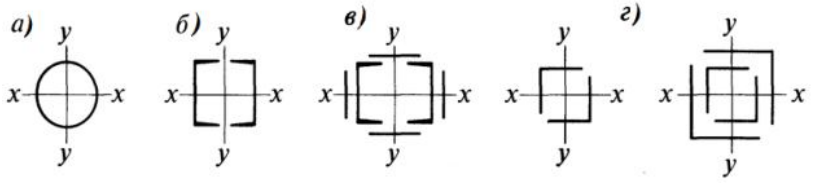
Қимасы крест түріндегі ұстындар екі бағыттарында тең орнықтылықты болып табылады. Жүктемелері шамалы кезінде оларды ірі екі бұрыштамалардан құрауға болады (7.2, в-сурет). Ауыр ұстындар үш табақтардан дәнекерлеп жасалады (7.2, г-сурет). Жергілікті орнықтылық шарты бойынша кресті ұстын табағының бос шығыңқы бөлігі табақтың 15-22 қалыңдығынан аспауы керек.

Габариттері бірдей кезінде крест қималы ұстынның қатаңдылығы қоставрға қарағанда жоғарылау келеді, себебі оның ($i_x = i_y = 0{,}29b$) инерция радиусы қоставрдікінен ($i_{min} = i_y = 0{,}24b$) артығырақ.

Үш прокатты пішіндерден ұстындар оңай жасалады, бірақ болат шығыны жағынан тиімділігі төмендеу келеді және ауданы

да шектеледі. Олар тек үлкен жүктемелер болған кезде ғана қолданылады.

Инерция радиусы i = 0,35$d_{орт.}$ ($d_{орт.}$ – ұстынды құраушы табақтың осі бойынша шеңбер диаметрі) құбыр қималы ұстындар да тең орнықтылықты болып келеді. Олар металл шығыны бойынша үнемді болса да, құралымдық жағынан қолайсыз және бағасы қымбат болғандығынан сирек қолданылады.



7.3-сурет. Тұтас қима ұстындардың тұйықталған қималары

Пісірмелеу арқылы ұстындардың басқа тұйықталған қима түрлерін де алуға болды, мәселен екі бұрыштамалардан немесе швеллерлерден. Тұйықталған қималар тең орнықтылықты және икемді (компактты) болып келеді; оның кемшілігі болып табылатыны – сырлау үшін ішкі бетіне қол жетпеуі. Мұндай ұстындарды коррозиядан сақтау үшін ішкі жағын ылғалдандырмау керек.

7.1-кесте

Ұстынның әртүрлі қималары үшін инерция радиустары

Кима							
$i_x = K_1 h$	0,21*h*	0,38*h*	0,38*h*	0,43*h*	0,43*h*	0,43*h*	0,47*h*
$i_y = K_2 b$	0,21*b*	0,44*b*	0,60*b*	0,43*b*	0,24*b*	0,50*b*	0,40*b*

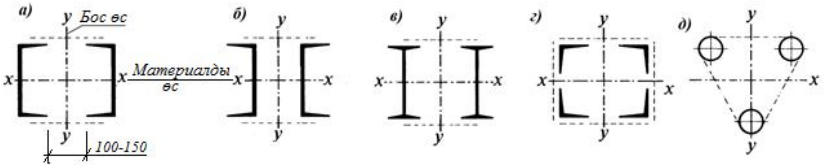
Болат құбырды бетонмен толтырғанда тиімді құрама құралым (құбырбетон) болып шығады. Ондағы құбыр, ішіндегі бетонды цилиндрдің көлденең деформациясын қысып тұратын, сыртқы қабықшасы болып табылады. Мұндай жұмыс

жағдайларында бетонның сығуға беріктігі едәуір арта түседі, құбырдың жергілікті орнықтылығының жоғалуы және оның ішкі бетінің коррозиялану мүмкіндіктері жойылады.

7.3. Өтпелі ұстындардың түрлері

Ұстынның биіктігі өскен сайын көлденең қима өлшемдері де көбейе береді. Сондықтан мұндай жағдайларда металл шығыны бойынша өтпелі ұстындар тиімділеу болып келеді. Өтпелі ұстынның сырығы әдетте, өзара керегеторлармен байланыстырылған, екі тармақтан тұрады (швеллерлерден немесе қоставрлардан).

Ұстынның тең орнықтылығы тармақтарын қажетті қашықтыққа жылжытумен жетілдіріледі. Тармақтарын басып өтетін осі материалды ось, ал тармақтарға параллельдісі – бос ось деп аталады.



7.4-сурет. Сырықтардың өтпелі қималары

Швеллерлерден немесе (үлкен жүктемелер кезінде) қоставрлардан құралған екі тармақты ортасынан сығылған ұстындар кең таралған түрлері болып табылады. Швеллер сөрелерін ішкі жағына қарай бағыттаған (7.4, *а*-сурет) пайдалырақ болып келеді, себебі бұл кезде керегетордың ені аздау, ал инерция радиусы i_y сөрелері сыртқа қараған швеллерлерден үнемдірек болады.

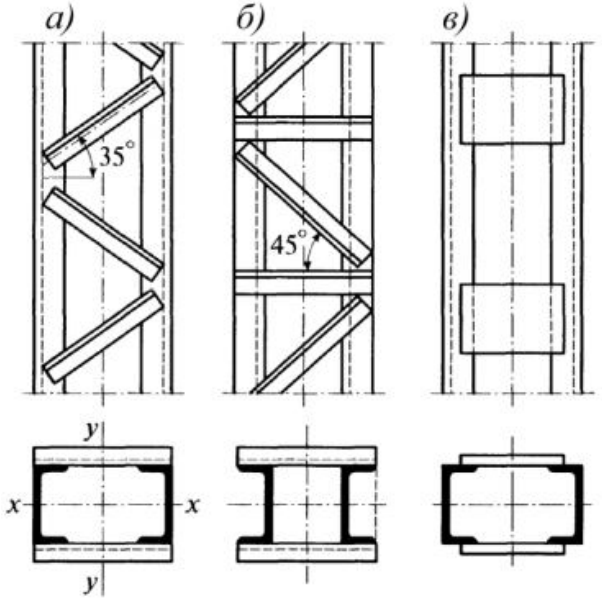
Екі тармақтардан құралған өтпелі ұстындардың ішкі беттерін сырлау мүмкіндігі үшін, тармақтар сөрелері арасында 100-150 мм-дей саңылау қалдыру керек.

Төрт бұрыштамалардан жасалған қималар (7.4, г-сурет) нашар жүктелген биік ұстындарда, яғни тармақтар қимасының

ауданы аз болып сырықтың едәуір қатаңдылығын қамтамасыз ету керек кезінде қолданылады. Мұндай төрт тармақты сырықтардың еңбек сіңіруі екі тармақтылардан артығырақ келеді.

Тармақтары құбыр қималы кезінде сырықтары үш қырлы болуы мүмкін (7.4, д-сурет). Олар қатаңдылығы жеткілікті және металл шығыны бойынша үнемді болады.

Керегеторлар ұстын сырығы тармақтырының бірлесіп жұмыс жасауын қамтамасыз етеді және тұтас ұстынның өзі мен жеке тармақтарының орнықтылығына елеулі әсерін тигізеді. Керегетор жүйесі әртүрлі болып, қиғаш тіректерден (7.5, а-сурет), қиғаш тіректерлер мен кермеліктерден (7.5, б-сурет) немесе қиғаш тірексіз жұқа тақтайшалардан-планкалардан (7.5, в-сурет) тұруы мүмкін.



7.5-сурет. Өтпелі сырықтар керегеторларының түрлері

Қиғаш тіректерден және қиғаш тіректер мен кермеліктерден жасалған керегеторларда қиғаш тірексіздеріне қарағанда қатандылығы жоғары болады, себебі олар ұстынның әрбір

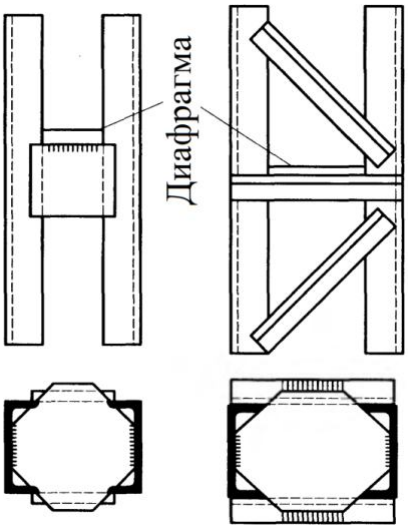
қырларының жазықтықтарында ферманы құрайды. Бірақ мұндай ұстындарды жасау көп еңбек сіңіруді керек етеді.

Тақтайшалар ұстынның қыры жазықтығында түйіндері қатаң қиғаштіреқсіз жүйе құрайды. Оның элементтері майысуға жұмыс істейді. Сондықтан қиғаштіреқсіз керегеторлардың қатаңдылығы төмен болады.

Қиғаштіреқсіз керегтор ең қарапайымдысы болып табылады. Оны көбінесе есептік жүктемесі 2500 kH-нан аспайтын және тармақтары арасындағы қашықтығы 800 мм-ден кем болатын ұстындарда пайдаланады. Қалған жағдайларда қиғаштіректі керегетор қолданылады.

Ортасынан жүктелген ұстындар кездейсоқ эксцентриситеттен иілуі мүмкін. Иілуден пайда болатын көлденең күшті керегторлар қабылдайды.

Өтпелі ұстынның көлденең қимасы контурын – пішінін өзгермейтіндей етіп қалдыру үшін, ұстын тармақтары көлденең диафрагма арқылы байланыстырылады. Диафрагмалар ұстынның биіктігі бойынша 3-4 м сайын қойылады (7.6-сурет).



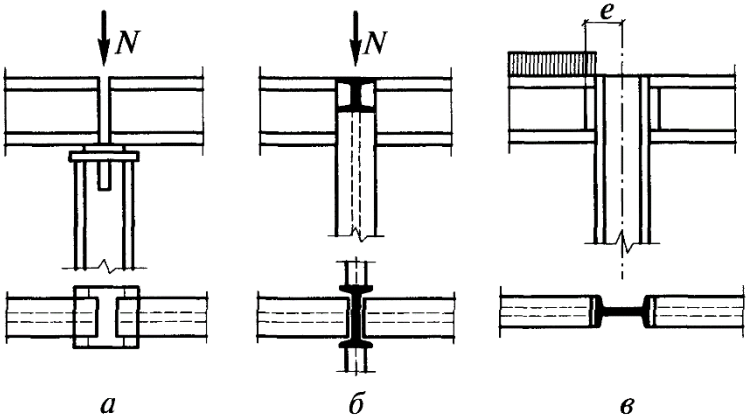
7.6-сурет. Өтпелі сырықтардың диафрагмалары

7.4. Ұстынның есептік сұлбасын таңдап алу

Бір қабат ұстынның есептік сұлбасы оны іргетасқа бекіту және арқалықтарға тіркеу тәсілдерімен анықталады.

Ұстынның іргетаспен қосылуы қатаң және топсалы болуы мүмкін. Егер іргетас шомбал болып ұстынның түптабаны сенімді түрде анкер арқылы оған бекітілсе, онда ұстын іргетаста қысылып бекітілген деп саналады. Жеңіл ұстындар кезінде іргетаспен бекітілуі, беріктік қоры есебінде, топсалы деп қабылданады.

Ұстындар бір қабатты болған кезінде арқалықтар оған үстінен тірелуі мүмкін (7.7, *а*-сурет). Бұл қосылыс ортадан түсетін жүктемені айқын жеткізуінен басқа құрастыруға да қолайлы келеді. Мұндай жағдайдағы ұстын жоғарғы жағымен топсалы бекітілген деп қарастырылады. Онда ұстын іргетаста қатаң бекітілген кезінде ұстынның есептік ұзындығы $\ell_{ef} = 0{,}7\ \ell$-ға тең деп қабылданады, ал топсалы кезінде $\ell_{ef} = \ell$ (ℓ – ұстынның іргетастан арқалықтың астына дейінгі геометриялық ұзындығы).



7.7-сурет. Арқалықтардың үстынмен қосылу сұлбалары:
а – топсалы қосылу; б, в – қатаң қосылу

Арқалықтың ұстындарға жанынан қосылған кезінде қосылыс қатаңдау болып келеді (7.7, б, в-суреттер). Арқалық жеткілікті қуатты және ұстындарға ол қатаң бекітілген болса, ұстынның жоғарғы жағындағы қосылысын қысып бекітілген деп

санауға болады. Онда ұстындар іргетасында топсалы бекітілген болса $\ell_{ef} = 0,7\ \ell$, ал қатаң бекітілсе $\ell_{ef} = 0,5\ell$. Сөйтсе де соңғы жағдайда арқалықтардың есептік ұзындығы көбінесе $\ell_{ef} = 0,7\ \ell$ деп қабылданады, себебі арқалықтар майысқан кезінде қысып бекітуді толық қамтамасыз ете алмайды.

7.5. Ортасынан сығылған тұтас ұстынның сырығын есептеу және құралымдау

Арқалықтардың есебіне ұқсас, ұстынның есебінде алғашқыда қимасы шамалап белгіленеді де соңында ол тиянақты тексеріледі. Ұстын қимасының түрін алдын ала қабылдап алып, оның қажетті қима ауданы $A_{каж.}$ анықталады

$$A_{каж} = \frac{\mathrm{N}}{\varphi \cdot R_y \cdot \gamma_c}, \qquad (7.1)$$

мұнда N – ұстындағы есептік бойлық күш.

Бұл формула тікелей пайдалануға келмейді, себебі онда екі белгісіз шамалар «А» мен «φ» бар. Мұндай жағдайда қимасын біртіндеп жуықтау тәсілімен іріктеп алуға тура келеді. Ол үшін алдын ала шамалап ұстынның иілгіштігі $\lambda = \ell_{ef} / i$ қабылданады.

Есептік жүктемесі 1500-2500 кН-ға дейін және ұзындығы 5-6 м тұтас ұстындар үшін алдын ала иілгіштігін $\lambda = 100–70$ аралығында қабылдауға болады. Жүктемесі 2500-4000 кН қуаттылау ұстындар үшін $\lambda = 70–50$ деп алуға болады.

Иілгіштігін белгілегеннен соң [4] ҚМжЕ-нің 72-кестесі бойынша ұстын болатының есептік кедергісіне байланысты бойлық иілу еселеуіші анықталады. Содан кейін, бірінші рет шамалап қажетті қима ауданы $A_{каж.}$ және қажетті инерция радиусы анықталады

$$i_{хкаж} = \frac{\ell_{efx}}{\lambda}; \qquad i_{укаж} = \frac{\ell_{efy}}{\lambda},$$

мұндағы ℓ_{efx}, ℓ_{efy} – негізгі жазықтықтардағы сырықтың есептік (келтірілген) ұзындықтары.

Қима түріне байланысты инерция радиустардың жуықталған тәуелдіктерін пайдалана отырып ($i_x = k_1 \cdot h$; $i_y = k_2 \cdot b$) қиманың қажетті биіктігі мен ені анықталады

$$h_{каж} = \frac{i_{хкаж}}{k_1};\ b_{каж} = \frac{i_{укаж}}{k_2}, \qquad (7.2)$$

мұндағы k_1 мен k_2 – инерция радиустарын анықтау үшін, 7.1-кестеде немесе анықтама әдебиеттерінде келтірілген әртүрлі қималардың еселеуіштері.

Негізгі «b» мен «h» өлшемдерін белгілегеннен соң $A_{қаж}$ мен жергілікті орнықтылық шарттарына қарай белдеулер табақтары мен қабырғасының қалыңдықтары іріктеп алынады.

Инерция радиусын i_y-ті көбейту үшін жалпы қима ауданын таратқан кезде (70÷80) % шамасында белдеулер үлесіне келетіндей етуге тырысу керек

$$A_f \approx (0{,}7 \div 0{,}8) A_{каж} \ .$$

Онда қабырғасының қалыңдығы

$$t_w = \frac{A_w}{h_w} = \frac{(0{,}2 \div 0{,}3) A_{каж}}{h_w}.$$

Тым жұқа қабырға дөңестеліп кетуі мүмкін, сондықтан оның жергілікті орнықтылығын қамтамасыз ету үшін $h_{ef}/t_w \leq \bar{\lambda}_{uw}\sqrt{E/R_y}$ шарты орындалуы керек ([4] 29-кесте), мұндағы h_{ef} – қабырғаның есептік биіктігі, $h_{ef} = h_w$; t_w – қабырғаның қалыңдығы; $\bar{\lambda}_{uw}$ былай анықталады:

- сырығы қоставр қималы ұстындар үшін шартты иілгіштігі

$$\overline{\lambda} = \lambda \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} \prec 2{,}0 \quad \text{кезінде} \quad \overline{\lambda}_{uw} \le 1{,}30 + 0{,}15\overline{\lambda}^2, \quad (7.3)$$

$$\overline{\lambda} \ge 2{,}0 \quad \text{кезінде} \quad \overline{\lambda}_{uw} \le 1{,}2 + 0{,}35\overline{\lambda}, \quad (7.4)$$

бірақ 2,3 – тен аспауы керек;

- сырығы прокатты швеллер қималы ұстындар үшін шартты иілгіштігі

$$\overline{\lambda} \prec 1{,}0 \text{ кезінде } \overline{\lambda}_{uw} \le 1{,}2 \quad (7.5)$$

$\overline{\lambda} \ge 1{,}0$ кезінде $\overline{\lambda}_{uw} \le 1{,}0 + 0{,}2\overline{\lambda}$, бірақ 16-дан аспауы керек (7.6)

Егер осы шарттар орындалмаса, онда қабырғасын ортасынан бойлық қатаңдық қабырғашамен нығайтып, оны сырықтың есептік қимасына еңгізу керек. Бойлық қабырғаша, пайда болған дөңестелу толқындарын басып өтіп, қабырғаның орнықтылығын жоғалтуына кедергі жасайды. Мұндай жағдайда қабырғаның есептік биіктігі h_{ef} ретінде бойлық қабырғашадан сырық қимасының сөресіне дейінгі қашықтық қабылданады.

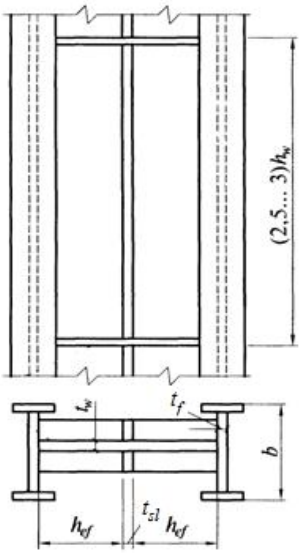
Қабырғашалар жұпты немесе тек бір жағында орналасуы мүмкін. Қабырғаны қос бойлық қабырғашалармен нығайтқан кезде, жоғарыда келтірілген h_{ef} / t_w қатынасының шамасын $\beta>1$ еселеуішіне көбейту қажет

$$\frac{I_{s\ell}}{(h_{ef} t_w^3)} \le 6 \text{ кезінде } \beta = 1 + 0{,}4\frac{\mathrm{I}_{s\ell}}{h_{ef} \cdot t_w^3}\left(1 - 0{,}1\frac{\mathrm{I}_{s\ell}}{h_{ef} \cdot t_w^3}\right), \quad (7.7)$$

мұндағы $\mathrm{I}_{s\ell}$ – бойлық қабырғаша қимасының инерция моменті.

Егер $\frac{h_{ef}}{t_w} \ge 2{,}3\sqrt{\frac{E}{R_y}}$ болса онда, бойлық қабырғашаға байланыссыз, бір-бірінен (2,5 - 3,0) h_w қашықтықта қөлденең қабырғашалар қойылады. Олардың саны әрбір жөнелтетін

элементте екеуден кем болмауы керек. Қатаңдық қабырғашалардың өлшемдері арқалықтардағыдай қабылданады.



7.8-сурет. Тұтас ұстын сырығындағы көлденең және бойлық қабырғашалар

Шартты иілгіштігі $\overline{\lambda}$ 0,8-ден 4,0-ке дейінгі қимасы қос таврлы ұстын белдеуінің жергілікті орнықтылығын қамтамасыз ету үшін белдеуінің асылымы есептік енінің b_{ef} қалыңдығына t_f қатынасы мына шартты қанағаттандыруы керек

$$\frac{b_{ef}}{t_f} \le (0{,}36 + 0{,}1\overline{\lambda})\sqrt{\frac{E}{R_y}}. \qquad (7.8)$$

$0{,}8 \prec \overline{\lambda} \prec 4{,}0$ кезінде жоғарыда келтірілген формулада сәйкес $\overline{\lambda} = 0{,}8$ немесе $\overline{\lambda} = 4{,}0$ қабылданады.

Егер шарт орындалмаса онда белдеуінің орнықтылығын қамтамасыз ету үшін оның жиектерін пісірмелеп қосқан бойлық қабырғашалармен нығайту керек. Бұл қабырғашаларды

ұстынның барлық биіктігі бойынша үзбей орналастырып, есептеген кезде қима құрамына еңгізіледі.

Ұстын сырығының қимасы алғашқы іріктеу кезінде иілгіштігі жуықталған шамасы бойынша қабылданған, сондықтан қиманы біржолата орнықтылыққа тексеру керек. Ол келесі жүйеде орындалады:

1) белгіленген өлшемдері бойынша нақты геометриялық сипаттамалары есептеледі:

$A = 2\,A_f + A_w$ – брутто қимасының ауданы;

$I_{min} = \frac{2t_f b_f^3}{12} + \frac{h_w t_w^3}{12}$ – қиманың ең аз инерция моменті;

$i_{min} = \sqrt{\frac{I_{min}}{A}}$ - ең аз инерция радиусы; $\lambda_{max} = \frac{\ell_{ef}}{i_{min}}$ – барынша үлкен иілгіштік;

2) барынша үлкен иілгіштігі λ_u шекті шамасынан аспауы керек $\lambda_u = 180 - 60\alpha$, мұнда $\alpha = N / (\varphi A R_y \gamma_c)$. Есептудің басындағысындай 72-кестеден [4] барынша үлкен иілгіштігі бойынша φ_{min} бойлық иілу еселеуіші анықталады. Егер осы кезде φ_{min} бастапқы қабылданған φ шамасынан едәуір айырмашылығы болса онда $(\varphi + \varphi_{min}) / 2$ еселеуіші бойынша қайта есептеліп, екінші рет жуықтауы орындалады;

3) дәлдеп түзетілген қиманың орнықтылығы тексеріледі

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_{min} A} \le R_y \gamma_c,$$

мұндағы φ_{min} – бойлық иілу еселеуішінің ақырғы шамасы.

Ұстындардың шамалы жүктелген сырығының қимасы шекті иілгіштігі $\lambda_u = 180 - 60\alpha$ бойнша іріктеп алынады. Ол үшін ең кіші инерция радиусы табылады

$$i_{min} = \frac{\ell_{ef}}{\lambda_u},$$

мұндағы ℓ_{ef} – сырықтың есептік ұзындығы.

$h_{\min} = \frac{i_{\min}}{k_1}$ және $b_{\min} = \frac{i_{\min}}{k_2}$ формулалары бойынша қиманың ең кіші өлшемдерін белгілеп, бөлшектерінің жергілікті орнықтылық талаптарын ескерумен құралымдық ұғыныс бойынша қима ақырғы рет іріктеп алынады.

Ортасынан сығуға жұмыс жасайтын ұстындардың қабырғасы мен белдеулері арасындағы ығыстырушы күштеулер шамалы келеді, себебі кездейсоқ әсерлерден пайда болатын көлденең күштің шамасы көп болмайды. Сондықтан пісірмеленген ұстындардың белдеулік жіктері болаттың маркасына және пісірмеленетін бөлшектердің қалыңдығына қарай конструктивті (39-кестеде [4] келтірілген жіктің ең кіші катетінен кішірейтпей) қабылданады.

Орташа -және қатты агрессивті орталарда пайдаланылмайтын және де -50 °С-ден төмен климаттық аудандарда тұрғызылмайтын ұстындардың белдеулік жіктерін бір жақты етіп орындауға болады.

7.6. Ортасынан сығылған өтпелі ұстынның сырығын есептеу және құралымдау

Өтпелі ұстынның сырығын материалды осіне (тармақтарын кесіп өтетін х-х осіне) қатысты есептеу тұтас ұстынның сырығына ұқсас жүргізіледі. Бос осіне (тармақтарын кесіп өтпейтін у-у осіне) қатысты есептеген кезде бойлық иілу еселеуіші φ ([4] 72-кестесі бойынша) λ_y иілгіштігінің функциясы ретінде емес, келтірілген иілгіштігіне байланысты қабылданады. Келтірілген иілгіштік $\lambda_{ef} \succ \lambda_y$ тармақтарын қосатын керегетордың икемділігін есепке алады. Осы жағдай өтпелі сырықтың есептеуінің тұтас сырықтан негізгі айырмашылығы болып табылады.

Өтпелі ұстынның кимасын іріктеп алу материалдық х-х осіне қатысты орнықтылыққа есептеуден басталады, яғни

орнықтылық шартынан көлденең қимасының қажетті ауданы анықталады

$$A_{каж} = \frac{\mathrm{N}}{\varphi_x R_y \gamma_c}. \qquad (7.9)$$

Тұтас қималы ұстынның қимасын іріктеп алған кездегіге ұқсас, кестеден φ_x бойлық иілу еселеуішін алу үшін алдын ала шамалап иілгіштігі қабылданады. Есептік жүктемесі 1500 кН-ға дейін, ұзындығы 5÷7 м өтпелі ұстындар үшін иілгіштігін $\lambda = 90 \div 60,$ ал жүктемесі 2500÷3000 кН-ға жететін қуаттылау ұстындар үшін иілгіштігін $\lambda = 60 \div 40$ аралықтарында қабылдауға болады. Сонан соң қажетті екпін радиусы анықталады $i_{x,каж}=\ell_{ef} / \lambda_x$. Соңында сұрыптамадан қажетті қима ауданы мен екпін радиусына сәйкес келетін швеллер немесе қоставр пішіні (профилі) іріктеп алынады.

Сырық кимасын қабылдап алып, мына формула бойынша оның орнықтылығы тексеріледі:

$$\sigma = \frac{\mathrm{N}}{\varphi_x \mathrm{A}} \le R_y \gamma_c. \qquad (7.10)$$

Мұндағы φ_x нақты иілгіштігі бойынша анықталады $\lambda_x = \ell_{ef} / i_x.$

Егер қимасы дұрыс қабылданған болса, онда екі жазықтықта теңорнықтылығы шартынан $\lambda_{ef} = \lambda_x$ тармақтар арасындағы қашықтық анықталады.

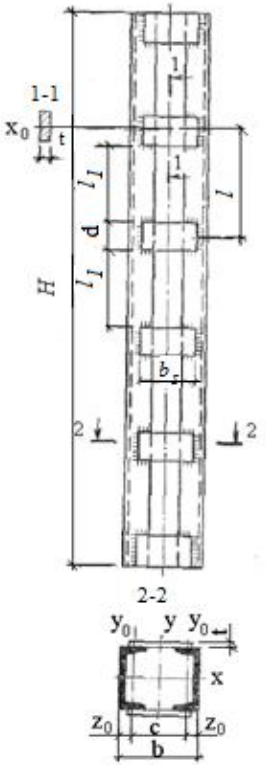
Екі жазықтықта планкалары бар сырықтың келтірілген иілгіштігін анықтайтын формула:

$$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda_y^2 + \lambda_1^2}, \qquad (7.11)$$

мұндағы $\lambda_1 = \ell_1 / i_1$ – жеке тармақтың иілгіштігі, оның шамасы 30÷35 аралығында қабылданады; ℓ_1 – планкалар арасындағы ашық қашықтық; $i_1 = \sqrt{I_1 / A_1}$ – тармақ қимасының меншікті (y_0) осіне қатысты инерция радиусы.

Жеке тармақтың иілгіштігін λ_1 қабылдағаннан соң сырықтың бос осіне қатысты иілгіштігі табылады

$$\lambda_y = \sqrt{\lambda_{ef}^2 - \lambda_1^2} = \sqrt{\lambda_x^2 - \lambda_1^2}. \qquad (7.12)$$



Содан кейін оған сай инерция радиусы $i_y = \ell_{ef} / \lambda_y$ және $i_y = k_2 \cdot b$ шартынан тармақтар арасындағы қашықтық $b = i_y / k_2$ табылады. Еселеуіш k_2 тармақ қимасының түріне байланысты анықтама әдебиеттің кестесінен қабылданады. Тармақтар арасындағы қашықтық b ұстынның мүмкіндікті өлшемдеріне және тармақтар сөрелерінің арасындағы қажетті саңылауына сәйкес келуі керек.

Жоғарыда келтірілген иілгіштікті анықтау бойынша берілген (7.11) формуланы планка мен тармақтары қатаңдылықтарының арақатынасы $n = \dfrac{I_s \ell}{I_b c} \geq 5$ кезінде ғана пайдалануға болады. Мұндағы I_s – бір планканың меншікті x_0 осіне қатысты қима ауданының инерция моменті; ℓ – планкалар осьтерінің арасындағы қашықтық; c – тармақтар осінің арасындағы қашықтық.

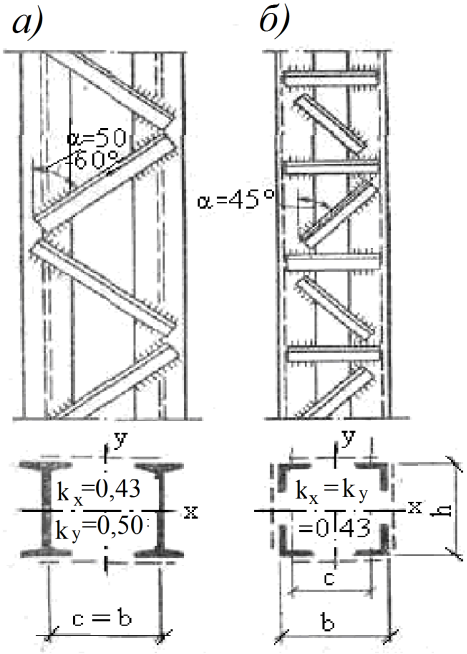
7.9-сурет. Планкалы ұстынның сырығы

n < 5 болған кезінде келтірілген иілгіштікке планкалар иілгіштігінің ықпалын есепке алу керек ([4] п.5.6 қара).

Екі жазықтықтарында қиғаштіректі керегеторы бар өтпелі ұстын сырығының келтірілген иілгіштігі (7.10, *а*-сурет) мына формула бойынша анықталады

$$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda_y^2 + \alpha \frac{A}{A_d}}, \qquad (7.13)$$

мұндағы А – толық сырықтың қима ауданы; A_d – екі жазықтықтардағы қиғаштіректер қималарының ауданы.

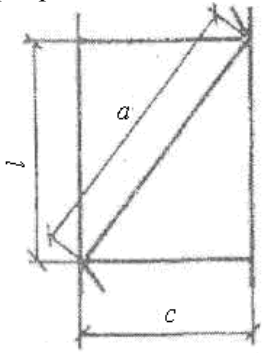


7.10-сурет. Ұстынның сырығы:
а – қиғаштіректі керегетормен; б – қиғаштіректі керегеторменжәне кергішпен

Егер керегетордың құрамына қиғаштірекке қоса кергіш те (7.10, б-сурет) кіретін болса, онда соңғысының деформациялығы есепке алынбай, келтірілген иілгіштігі жоғарыда көрсетілген (7.13) формула бойынша табылады. Оның ішіндегі α еселеуіші керегетор панелінің өлшемдеріне тәуелді

$$\alpha = \frac{10 \cdot a^3}{c^2 \cdot \ell}, \qquad (7.14)$$

мұнағы a – қиғаштіректің геометриялық ұзындығы; ℓ – керегетор түйіндері арасындағы қашықтық.



7.11-сурет. Қиғаштіректі керегетордың сұлбасы

Керегеторы қиғаштіректі ұстынның λ_y иілгіштігін анықтау үшін алдын ала киғаштіректің қима ауданы A_d жуықтап қабылданады. Белгілі A/A_d қатынасты пайдалана отырып иілгіштігі есептеп табылады

$$\lambda_y = \sqrt{\lambda_{ef}^2 - \alpha \frac{A}{A_d}} = \sqrt{\lambda_x^2 - \alpha \frac{A}{A_d}}. \qquad (7.15)$$

Планкалы сырықтағыдай $i_y = \ell_{ef} / \lambda_y$ пен $b = i_y / k_2$ анықталады.

Қима ауданы біржолата іріктеп алынғаннан соң ұстын у-у осіне қатысты мына формула бойынша орнықтылыққа тексеріледі

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_y \cdot A} \le R_y \gamma_{c,} \tag{7.16}$$

мұндағы φ_y [4] 72-кестесі бойынша λ_{ef} келтірілген иілгіштігіне қарай табылады. Егер $\varphi_y \succ \varphi_x$ болса, онда у-у осіне қатысты орнықтылығын тексеру қажет емес.

Керегеторлы ұстындарда осыған қоса керегетордың көрші түйіндері арасындағы бөлшектерінде жеке тармақтарының орнықтылығы да тексерілуі керек.

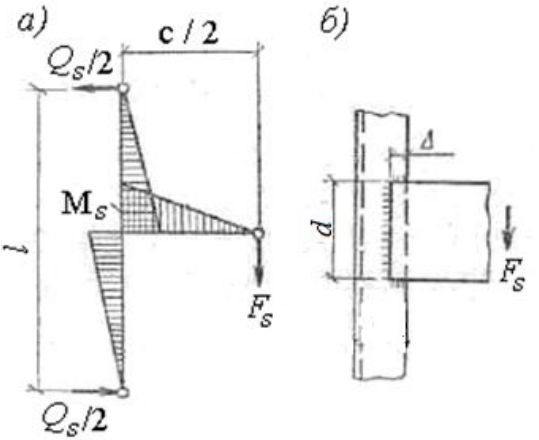
Ортасынан сығылған өтпелі ұстынның қимасын анықтағаннан соң керегеторы есептеледі. Ортасынан сығылған өтпелі ұстынның біріктіретін керегеторы, бойлық иілу кезінде пайда болатын көлденең күшке есептеледі. ҚР ҚНжЕ 5.04-23-2002-де көлденең күшті эмпирикалық формула бойынша анықтауды және ол сырықтың барлық ұзындығы бойынша тұрақты деп қабылдауды ұсынады

$$Q_{fic} = 7{,}15 \cdot 10^{-6} (2330 - \frac{E}{R_y}) \cdot \frac{N}{\varphi}. \tag{7.17}$$

Мұнда φ – ұстын сырығының бойлық иілу еселуіші.

Планкалардың арасындаға ашық қашықтық ℓ_1 тармақтың қабылданған иілгіштігімен және оның инерция радиусымен анықталады:

$$\ell_1 = \lambda_1 \cdot i_1.$$



7.12-сурет. Планкалардың есептеуіне:
а – есептік сұлбасы; б – құралымдық сұлбасы

Көлденең күш Q_{fic} әсеріне планкалар қиғаштірексіз ферманың тағанына ұқсас майысуға және кесуге жұмыс жасайды. Ферма түйінінің тепе-теңдігін қарастыру арқасында (7.12, *а*-сурет) планкасындағы F_s кесуші күші мен майыстырушы моменті M_s табылады:

$$\frac{Q_s \cdot \ell}{2} = \frac{F_s \cdot c}{2}, \qquad (7.18)$$

мұндағы Q_s – бір жазықтықта орналасқан планкалар жүйесіне келетін шартты көлденең күш. Планкалар екі жазықтықта орналасқан кезде $Q = Q_{fic}/2$; ℓ - планкалардың осьтері арасындағы қашықтық; с – тармақтардың осьтері арасындағы қашықтық .

Осыдан $F_s = \frac{Q_s \cdot \ell}{c}$, (7.19)

$$M_s = F_s \cdot c/2. \qquad (7.20)$$

Қиғаш тірексіз керегетордың есептеуі планкалардың майысуға беріктігін тексеруден және, планкаларды ұстын тармақтарына бекітетін, пісірмелі жіктерді есептеуден тұрады. Планкалардың беріктігі мына формула бойынша тексеріледі:

$$\sigma = \frac{M_s}{W_{x_0}} = \frac{6M_s}{t \cdot d^2} \le R_{y.} \qquad (7.21)$$

Келтірілген иілгіштік формуласы планкалардың қатаң екендігіне негізделгенін есепке алып, олардың ені жеткілікті мол етіп қабылданады $d = (0{,}5 \div 0{,}75) \cdot b$, мұнда b – ұстын сырығының көденең қимасының ені. Планканың қалыңдығы «t» 6-12 мм (1/10-1/15)*d* аралығында бегіленеді. Осыған қоса планкалардың дөңестелмеуі үшін мына арақатынастар орындалуы керек

$$\frac{d}{t} \le 30; \quad \frac{b_s}{t} \le 50, \qquad (7.22)$$

мұндағы b_s – планканың ұзындығы; *d* – планканың ені.

Планкалар тармақтардың бетін Δ =20-30 мм басып тұрады (7.12, б-сурет).

Бұрыштық жіктің беріктігі майыстырушы момент пен көлденең күштен пайда болатын $\sigma_{wf}(\sigma_{wz}), \tau_{wf}(\tau_{wz})$ кернеулердің тең әсеріне тексеріледі

$$\sqrt{\sigma^2_{wf(z)} + \tau^2_{wf(z)}} = \sqrt{\left(\frac{6M_s}{\beta \cdot k_f \cdot \ell^2_w}\right)^2 + \left(\frac{F_s}{\beta \cdot k_f \ell_w}\right)^2} \le R_w \gamma_w \gamma_c. \qquad (7.23)$$

Қиғаштіректі керегетордың бөлшектері әдетте жеке бұрыштамалардан құралады. Алдын ала оларды шекті иілгіштігі $\lambda_u = 150$ бойынша қабылдап, соңында Q_{fic} шартты көлденең күш

әсерінен пайда болатын N_d осьтік күштеуге есептейді. Күштеулер абсолюттік шамасы бойынша барлық қиғаштіректерде бірдей болады. Олар $\sum x = 0$ тепе-теңдік шартынан анықталады

$$N_d = \frac{Q_{fic}}{k \cdot \sin\alpha}, \qquad (7.24)$$

мұндағы k – ұстынның бір қимасындағы екі параллельді жазықтықтарында орналасқан керегетор қиғаш тіректерінің саны; α – қиғаш тіректің тармаққа қатысты еңкіштік бұрышы. Қиғаш тіректердің бір бағыттағысы сығылса, екінші бағыттағысы созылады.

Есептеу орнықтылыққа, яғни қауіптілеу сығу күштеуіне жүргізіледі:

$$\sigma = \frac{\mathrm{N}_d}{\varphi_y \cdot \mathrm{A}_d} \le R_y \gamma_c, \qquad (7.25)$$

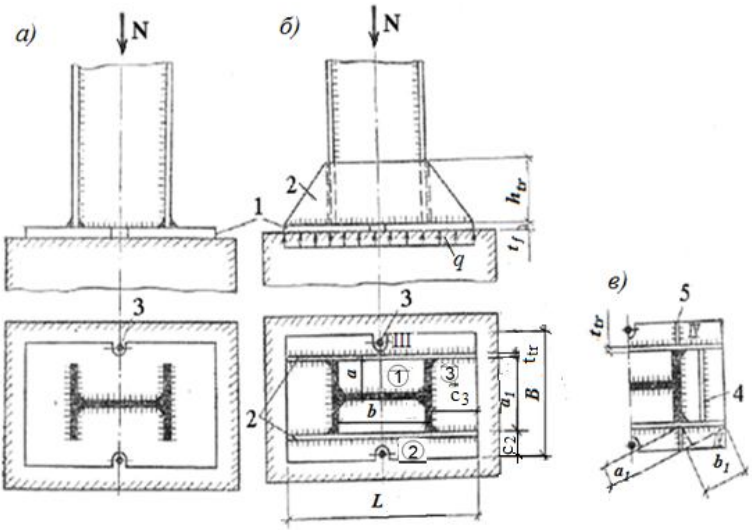
мұндағы φ – [4] 72-кестесі бойынша $\lambda = \frac{a}{i_{\min}}$ иілгіштікке байланысты анықталатын бойлық иілу еселеуіші; A_d – қиғаш тіректің көлденең қима ауданы; $\gamma_c = 0{,}75$ – сығылған элементтерінің жұмыс шарттары еселеуіші. Пісірмелі ұстындарда өлшемі 45х4 мм-ден кем болмайтындай бұрыштамаларды қолданған жөн.

Қиғаш тіректің бекітуі N_d күштеуіне есептелуі керек, бірақ мұнда $\gamma_c = 1$ қабылданады. Пісірмелеп бекітуді фасонкасыз жасау үшін қиғаштіректі тармақтың сыртқы қырына орталықтандыруға болады.

Тармақтың есептік ұзындығын кішірейту үшін керегетор құрамына кермеліктер еңгізіледі. Олар қиғаш тіректерге ұқсас есептеп құралымданады, айырмашылығы тек шартты көлденең күшін бір тармақтың көлденең қимасы ауданына есептелетіндігінде.

7.7. Ұстындардың түптабаны

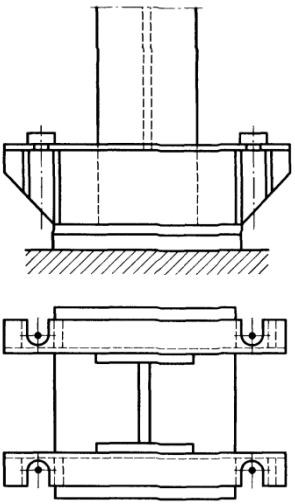
Түптабан жүктемені ұстын сырығынан іргетасқа жеткізу жұмысын атқарады. Қарапайым жағдайында ол тек тірек тақтасынан тұрады (7.13, *а*-сурет). Мұндай кезде ұстындардағы жүктеме толығымен, ұстын сырығын тіректік тақтаға бекітетін, пісірмелі жіктер арқылы жеткізіледі. Жүктемесі едәуір ($N \geq 6000$ кН) ұстындарда сырықтың түпбүйірін фрезерлеген жөн, бірақ бұл кезде тақтаның қалыңдығы өте үлкен болып кетеді. Бұл жағдай тақтаның R_y есептік кедергісін біршама төмендетеді. Тақтаның қалыңдығын кішірейту үшін ол траверса арқылы нығайтылады (7.13, б-сурет). Траверса сырықтан жеткізілген жүктеменің біркелкі таралуын қамтамасыз етеді және іргетастың реактивті «q» қысымының әсерінен тақта майысқан кезінде оған тірек болып табылады.



7.13-сурет. Топсалы қосылған кездегі ұстынның түптабаны:
а – траверсасыз; б –траверсамен; 1 – тіректік тақта; 2 – траверса; 3 – анкерлік бұранда; 4 – диафрагма; 5 – қатаңдық қабырғаша

Анкерлік бұрандалар ұстынның іргетасқа қатысты дұрыс тұратын орнын белгілейді. Ортасынан сығылған ұстындарда оған

күштеу түспейді, сондықтан диаметрі құралымдық талап бойынша 20 ... 36 мм аралығында белгіленеді. Түптабанның құралымы, есептік сұлбада қабылданған, ұстын сырығының төменгі жағын бекіту тәсіліне сәйкес болуы керек. Топсалы тіреген кезде анкерлік бұрандамалар (d = 20 – 30 мм) тіректік тақтаға тікелей бекітіледі (7.13-сурет). Егер майыстырушы момент пайда бола қалса, тіректік тақтасының иілгіштігі қосылыстың икемділігін қамтамасыз етеді. Қатаң қосылған кезінде (d = 24 – 36 мм) саны төртеуден кем болмайтын бұрандаларды ұстын сырығына бекітіп (7.14-сурет) сомын арқылы есептік кедергісіне жақындатып тартады.



7.14-сурет. Қатаң қосылған кездегі ұстынның түптабаны

7.7.1. Ортасынан сығылған ұстынның түптабанын есептеу

Ортасынан сығылған ұстындарда тіректік тақтаның жоспардағы өлшемі іргетастың беріктік шартынан анықталады

$$N \le \psi \cdot R_{b,\ell oc} \cdot A_f, \qquad (7.26)$$

мұндағы ψ – мыжылу ауданы бойынша жергілікті жүктеменің таралу түріне байланысты еселеуіш, жүктеме біркелкі таралған кезде ψ =1,0; N – ұстынның түптабаны деңгейіндегі есептік күштеу; A_f – тіректік тақтаның ауданы; $R_{b,\ell oc}$ – бетонның мыжылуға есептік кедергісі, ол мына формула бойынша анықталады

$$R_{b,loc} = \alpha \cdot \varphi_b \cdot R_b, \qquad (7.27)$$

мұндағы R_b – шекті жағдайдың бірінші тобы үшін бетонның осьтік сығуға есептік кедергісі (призмалық беріктік) (7.2-кесте). Әдетінше іргетастың жоғарғы жиегінің ауданы A_b тіректік тақтаның A_f ауданынан едәуір асады, ал қолданатын бетонның классы В25-тен жоғары болмайды. Мұндай жағдайларда α = 1; $\varphi_б = \sqrt[3]{A_b / A_f}$, мұнда A_b – іргетастың жоғарғы жиегінің ауданы.

7.2-кесте

Бетонның сығуға есептік кедергісі

Беріктік класы	В7,5	В10	В12	В15	В20
Есептік кедергісі, кН/см^2	0,45	0,60	0,75	0,85	1,15

Тірек тақтасының қажетті ауданы

$$A_{f,\text{қаж}} = \frac{N}{\psi R_{b,loc}} \qquad (7.28)$$

Түптабанды бастапқы есептеу кезінде A_b / A_f қатынасы белгісіз болғандықтан φ_b еселеуіші шамалап бетонның класы В7,5-тен жоғары болғанда 2,5-тен асырмай, бетонның кластары В3,5; В5; В7,5 болғанда 1,5-тен асырмай қабылданады.

Қажетті ауданы бойынша тақтаның өлшемдері түптабанның түріне байланысты белгіленеді. Траверсасы жоқ түптабандар жоспарында квадратты немесе, шет жақтарының арақатынасы ұстынның контурына пропорционалды, тік

бұрышты етіп қабылданады. Траверсасы бар түптабандарда бір жағының өлшемдері үстынның өлшеміне, траверсасының қалыңдығына, тақтаның консольды бөлігінің “с” (7.13, б-сурет) ұзындығына байланысты тағайындалады. Консольды бөлігінің ұзындығы бастапқыда 80-120 мм аралығында қабылданып, соңында тірек тақтасының қалыңдығын есептеген кезде дәлденеді.

Тіректік тақтаның қалыңдығы, астыңғы жағынан біркелкі таралған іргетастың (шартты) реактивті қарсыласуымен жүктеліп, ұстынның сырығы мен түптабан элементтеріне тірелген табақтың майысуға жұмысынан анықталады. Осы кезде келесі жағдайлар болуы мүмкін:

а) егер тақта төрт жағымен бекітілген болса (7.13, б-сурет, 1-бөлім), онда ені 1 см тілік үшін есептелген ең үлкен майыстырушы момент мынаған тең болады

$$M_I = \alpha\, q\, a^2, \qquad (7.29)$$

мұндағы α – ұзындау b жағының қысқалау a жағына қатынасына байланысты 7.3-кестеден қабылданатын еселеуіш; q – астындағы іргетас бетонының орташа σ_b кернеуіне тең, тақтаның 1 см^2-не келетін қысым

$$\sigma_b = \frac{N}{L \cdot B}. \qquad (7.30)$$

7.3-кесте

Төрт жағынан тірелген тақтаны есептеу үшін α еселеуіші

b/a	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	≥2,0
α	0,048	0,055	0,063	0,069	0,075	0,081	0,086	0,091	0,094	0,098	0,125

б) егер тақта үш жағынан бекітілген болса (3-бөлім), онда

$$M_{II} = \beta q c_3^2, \qquad (7.31)$$

мұндағы β – бекітілген c_3 жақ ұзындығының бекітілмеген a_1 жағына қатынасына байланысты 7.4-кесте бойынша қабылданатын еселеуіші;

7.4-кесте

Үш жағынан тірелген тақталарды есептеу үшін β еселеуіші

c_3/a_1	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	2,0	>2
β	0,060	0,074	0,088	0,097	0,107	0,112	0,120	0,126	0,132	0,133

в) егер тақта бір жағынан бекітілген болса (2-бөлім), онда майыстырушы момент консольдағы сияқты анықталады

$$M_{III} = q\, c_2^2/2, \tag{7.32}$$

мұндағы c_2 – консольдың ұзындығы (асылымының ені).

Үш жағынан бекітілген тақта үшін (3-бөлім) $c_3/a_1 < 0{,}5$ кезінде майыстырушы моменттің шамасы ұзындығы c_3 консольдағы сияқты мына формула бойынша анықталады

$$M_{II} = q\, c_3^2/2. \tag{7.33}$$

Мұнда *a, b,* a_1, c_3 өлшемдері тармақтардың, траверсаның немесе қатаңдық қабырғашалардың жиектері арасынан алынады. Академик Б. Г. Галеркин алған α,β еселеуіштері 7.3 және 7.4-кестелерде келтірілген.

Анықталған майыстырушы моменттердің ең үлкен шамасы бойынша тақта қимасының қажетті кедергі моменті табылады

$$W_f \geq M_{max}/R_y. \tag{7.34}$$

Басқа жағынан ені 1 м тақтаның кедергі моменті

$$W_f = 1 \cdot t_f^2/6. \tag{7.35}$$

Осыдан тіректік тақтаның қажетті қалыңдығы

$$t_f = \sqrt{6W_f} \geq \sqrt{6M_{\max} / R_y}, \qquad (7.36)$$

мұндағы R_y – тақта материалының майысуға есептік кедергісі.

Әдетінде тақтаның қалыңдығы t_f 20 ÷ 40 мм аралығында тағайындалады. Түрлі бөліктерінде майыстырушы моменттері едәуір ажыратылатын болса, онда тақтаның есептік сұлбасы қосымша диафрагмаларды «4» немесе қатаңдық қабырғашаларды «5» (7.13, в-сурет) енгізу арқылы өзгерту керек.

Ұстын сырығының күштеуі траверсаға пісірмелі жіктер арқылы жеткізіледі. Сондықтан олардың ұзындығы траверсаның биіктігін анықтайды

$$\ell_w = \frac{\mathrm{N}}{k_f \cdot (\beta_{f(z)} \cdot R_{wf(z)} \gamma_{wf(z)})_{\min}}; \qquad (7.37)$$

$$h_{tr} = \frac{\Sigma \ell_w}{n} + 1 \text{ см}, \qquad (7.38)$$

мұндағы n – жіктердің саны.

Траверсаның биіктігі 85 β_f $к_f$-тен аспауы керек. Бұрыштық жіктердің $к_f$ қалыңдығы құралымдық талаптарына сәйкес траверса қалыңдығының 1,2-нен аспауы және [4] ҚР ҚНжЕ-тің 39-кестесі нұсқауының шамасынан кем болмауы керек. Траверсаның қалыңдығы құралымдық ұғыныс бойынша 10…16 мм аралығында белгіленеді.

7.8. Ұстынның есептеу мысалдары

7.1-мысал. 6.1-мысалда берілген арқалық торының ұстыны мен түптабанын есептеу керек.

Алғашқы мәліметтер**:**

- бойлық бағытындағы ұстындар адымы ℓ = 12 м;
- көлденең бағытындағы ұстындар адымы b = 5 м;
- мөлшерлік уақытша жүктеме p_n =18 кПа;

- іргетас бетонының класы В10;
- төсем үстінің белгісі 6,5 м.

Уақытша жүктеме бойынша сенімділік коэффициент γ_{fp}=1,2

Ортасынан сығылған тұтас ұстынның қимасын іріктеп алу

Ұстынның геометриялық биіктігі

$$l = 6,5 - 0,01 - 0,27 - 1,1 + 0,6 = 5,72 \text{ м.}$$

Ұстынға әсер ететін есептік бойлық күш, оған тірелген екі бас арқалықтың тірек реакциясына тең

$$N = 2 \cdot Q_{max} = 2 \cdot 694,8 = 1389,6 \text{ кН.}$$

Ұстынның материалы – болат С245, прокаттың қалыңдығы t =1,5-20 мм кезінде оның есептік кедергісі R_y= 240 МПа = 24 кН/см^2. Жұмыс шарттары еселеуіші γ_c=1.

Ұстынның қимасын үш табақтан пісірмеленген қоставр түрінде қабылдаймыз.

Ұстын сырығының есептік ұзындығы

$$l_{ef} = 0,7 \cdot l = 0,7 \cdot 5,72 = 4,0 \text{ м.}$$

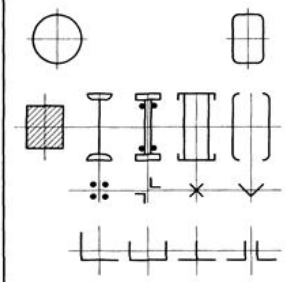
Шамалап иілгіштігін қабылдаймыз λ=70 (тұтас қималы ұстын үшін N = 1500…2500 кН кезінде λ =100…70; N =2500…4000 кН кезінде λ =70…50 аралығында қабылдауға болады).

Ұстынның шартты иілгіштігі $\overline{\lambda} = \lambda\sqrt{\frac{R_y}{E}} = 70\sqrt{\frac{24}{2,06 \cdot 10^4}} = 2,39.$

7.5-кесте бойынша орнықтылық қисық сызығының түрін анықтаймыз – түрі «b».

7.5-кесте

Қиманың түріне байланысты α және β еселеуіштердің шамалары

Қиманың түрі	Орнықтылық қисықтың түрі	α	β
	*a*	0,03	0,06
	b	0,04	0,09
	c	0,04	0,14

7.6-кестеге сәйкес жаңа мөлшерлер жобасы бойынша түрі «b» қисық сызық үшін ортадан сығылған кезде орнықтылық еселеуіші φ = 0,762. Шамалап анықтаймыз қажетті:

ұстынның қимасы ауданын

$$A_{каж.} = \frac{N}{\varphi \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{1389,6}{0,762 \cdot 24 \cdot 1} = 76,0 см^2;$$

инерция радиусын

$$i_{каж.} = \frac{l_{ef}}{\lambda} = \frac{400}{70} = 5,7 см;$$

7.1-кесте бойынша қиманың ені

$$b_{каж.} = \frac{i_{каж.}}{\kappa_2} = \frac{5,7}{0,24} = 23,75 см.$$

Қабылдаймыз $b_{каж} = b_f = h_w = 24$ см.

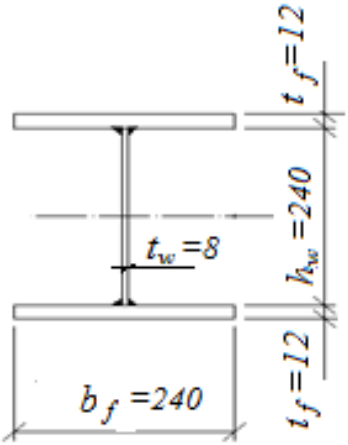
Ұстынның орнықтылығы екі жазықтықтарында тең болуы үшін қимасының жалпы ауданының (70 – 80) % сөрелерінде болуы керек. Онда белдеуі мен қабырғасының қалыңдықтары былай анықталады:

$$t_f = \frac{0{,}75 \cdot A_{\text{қаж}}}{2 \cdot b_f} = \frac{0{,}75 \cdot 76}{2 \cdot 24} = 1{,}19\text{см} \approx 1{,}2\text{см};$$

$$t_w = \frac{A_{\text{қаж}} - 2\left(b_f \cdot t_f\right)}{h_w} = \frac{76 - (24 \cdot 1{,}2)}{24} = 0{,}76 \approx 0{,}8 \text{ см}.$$

Ұстын қимасының ауданы

$$A = 2\left(b_f \cdot t_f\right) + (h_w \cdot t_w) = 2(24 \cdot 1{,}2) + (24 \cdot 0{,}8) = 76{,}8\text{см}^2$$
$$> \text{А}_{\text{қаж}} = 76 \text{ см}^2.$$



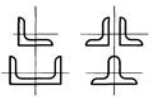
7.15-сурет. Қабырғасы тұтас ұстынның қимасы

«У» осіне қатысты ұстынның жалпы орнықтылығын тексереміз

$$I_y = 2 \cdot \frac{t_f \cdot b_f^3}{12} = 2 \cdot \frac{1{,}2 \cdot 24^3}{12} = 2764{,}8см^4$$

7.6-кесте

Ортадан сығылған кездегі орнықтылық еселеуіштері φ

Шартты иілгіштік $\bar{\lambda} = \lambda\sqrt{R_y / E}$	ҚР КНжЕ 5.04-23-2002 бойынша φ еселеуіштері	Жаңа нормалардың жобасы бойынша сырықтардың көлденең қималарының түрлерінің φ еселеуіші		
				
0,4	989	992	998	999
0,6	969	950	986	994
0,8	953	929	967	981
1	934	901	948	968
1,2	913	878	927	954
1,4	891	842	905	938
1,6	866	811	881	920
1,8	841	778	855	900
2	813	744	826	877
2,2	785	709	794	851
2,4	755	672	760	820
2,6	718	636	722	785
2,8	673	598	683	747
3	628	562	643	704
3,2	587	526	602	660
3,4	547	492	562	615
3,6	508	460	524	572
3,8	471	430	487	530
4	436	401	453	475
4,2	402	375	421	431
4,4	370	351	392	393
4,6	340	328	359	359
4,8	312	308	330	330
5	289	289	304	304
5,2	268	271	281	281

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{2764,8}{76,8}} = 6,0см;$$

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i_y} = \frac{400}{6,0} = 66,7.$$

Ұстынның шартты иілгіштігі $\bar{\lambda} = \lambda\sqrt{\frac{R_y}{E}} = 66,7\sqrt{\frac{24}{20600}} = 2,28.$

Жаңа мөлшерлер жобасы бойынша (7.6-кесте) түрі «b» қисық сызық үшін ортадан сығылған кезде орнықтылық еселеуіші $\varphi = 0,780$.

$\sigma = N/(\varphi \cdot A) = 1389,6/(0,780 \cdot 76,8) = 23,2$ кН/см^2 < 24кН/см^2,

$$\frac{24 - 23,2}{24} \cdot 100\% = 3,3 \prec 5\%.$$

Беріктік қоры 5 %-дан аспады, сондықтан қиманы өзгертпей қабылдаймыз.

Ұстын қабырғасының жергілікті орнықтылығын тексереміз. Ұстынның қабырғасы орнықты болуы үшін, қабырғасының шартты иілгіштігі шекті шартты иілгіштігінен аспауы керек

$$\bar{\lambda}_w = h_{ef} / t_w \sqrt{R_y / E} = 24 / 0,8\sqrt{24 / 20600} = 1,02;$$

$$\bar{\lambda}_{uw} = 1,30 + 0,15\bar{\lambda}^2 = 1,30 + 0,15 \cdot 2,28^2 = 2,08.$$

$$\bar{\lambda}_w = 1,02 \prec \bar{\lambda}_{uw} = 2,08.$$

Шарт орындалды, демек ұстынның қабырғасы орнықты.

Ұстынның белдеулік табақтарының жергілікті орнықтылығын тексереміз.

Ортасынан сығылған элементтердің белдеулік табақтарының орнықтылығы қамтылған деп есептеу үшін сығылған белдеу асылымының шартты иілгіштігі

$$\bar{\lambda}_f = \frac{b_{ef}}{t_f}\sqrt{\frac{R_y}{E}} = \frac{b_f - t_w}{2t_f} = \frac{24-0{,}8}{2\cdot 1{,}2}\sqrt{\frac{24}{2{,}06\cdot 10^4}} = 0{,}33$$

белдеудің шекті шартты иілгіштігі шамасынан аспауы керек.

$$\bar{\lambda}_{uf} = 0{,}36 + 0{,}1\cdot\bar{\lambda} = 0{,}36 + 0{,}1\cdot 2{,}28 = 0{,}588.$$

$$\bar{\lambda}_f = 0{,}33 \prec \bar{\lambda}_{uf} = 0{,}588\,.$$

Шарт орындалды, демек ұстынның сөресі орнықты.

Тұтас ұстынның түптабанын есептеу

Түптабанның материалы – болат С245, оның есептік кедергісі қалыңдығы t_w = 1,5-20мм кезінде кесте 51[4] бойынша R_y = 24 кН/см^2. Іргетас бетоны В10 – есептік кедергісі шектік жағдайлардың бірінші тобы үшін 7.2-кесте бойынша R_b = 6 МПа = 0,6 кН/см^2.

Іргетасқа түсетін қысымның есептік күші:

$$F = N + G_{ұст.} = 1389{,}6 + 3{,}55 = 1393{,}15 \text{ кН}.$$

Мұндағы $G_{ұст.} = A\cdot H\cdot\rho_s\cdot\gamma_f\cdot g = 0{,}00768\cdot 5{,}72\cdot 7{,}85\cdot 1{,}05\cdot 9{,}81 = 3{,}55$ кН – ұстынның салмағы; A – ұстын қимасының ауданы; H – ұстынның геометриялық биіктігі; ρ_s = 7,85 т/м^3 – болаттың тығыздығы; γ_f – ұстын салмағының жүктемесі бойынша сенімділік еселеуішіі; g = 9,81 м/с^2 – еркін құлау тездетуі.

Түптабанның тіректік тақтасының қажетті ауданы

$$A_{каж.} = \frac{N}{R_{b,loc}} = \frac{N}{\alpha \cdot R_b \cdot \varphi_b} = \frac{1393{,}15}{1 \cdot 0{,}6 \cdot 2} = 1161{,}0 см^2,$$

мұндағы $R_{b,loc}$ – бетонның мыжылуға есептік кедергісі; α = 1 класы В25-тен төмен бетон үшін, класы В25 және одан жоғары бетон үшін $\alpha = 13{,}5\frac{R_{bt}}{R_b}$; класы В7,5-тен жоғары бетон үшін φ_b еселеуішінің шамасын 2,5-тен асырмай; класы В3,5; В5; В7,5 бетондар үшін 1,5-тен асырмай қабылданады.

Бастапқыда түптабан тақтасын шаршылы деп санағанда, тақта өлшемдері B = L=$\sqrt{1161{,}0}$= 34,1 см. Қабылдаймыз B = L= 35 см. Тақтаның ауданын анықтаймыз A_{loc}=35·35=1225 см^2.

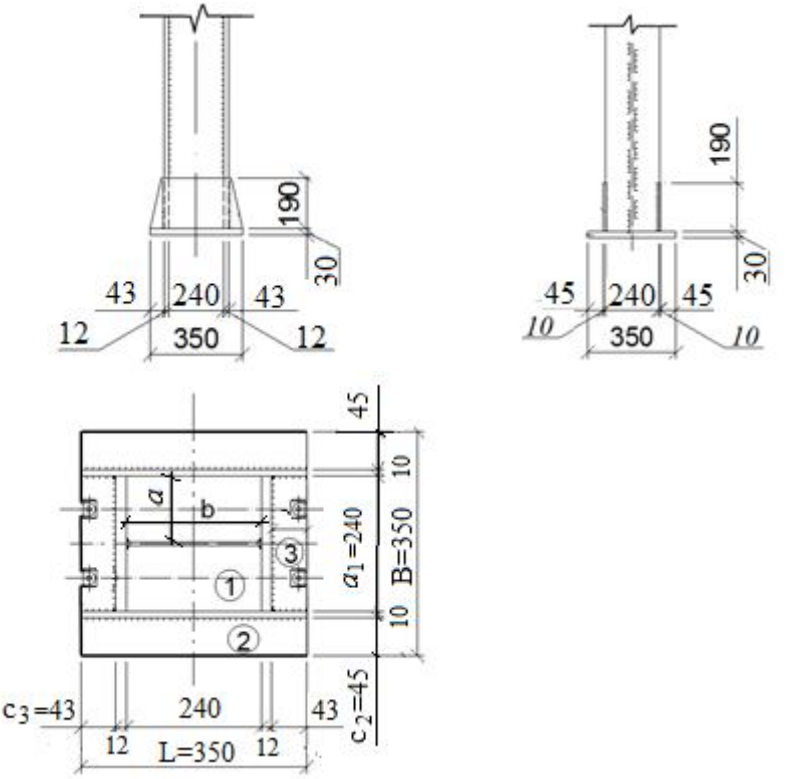
Тақта астындағы кернеу $\sigma_b = \frac{N}{A_{loc}} = \frac{1393{,}15}{1225} = 1{,}14 \frac{кН}{см^2}$.

Ұстынның түптабанын қалыңдығы 10 мм траверсалармен құралымдап, оларды ұстынның сөрелері мен тіректік тақтаға бұрыштық жіктермен пісірмелеп бекітеміз. Тақтаның қалыңдығын анықтау үшін әртүрлі бөліктеріндегі майыстырушы моменттерін анықтаймыз. Тақтада әртүрлі жан-жақтары бекітілген үш бөліктері бар.

1-бөлікте тақта төрт жағынан тірелген. Жақтарының ара қатынасы b/a = 24/11,6 = 2,07 > 2.

Майыстырушы момент $M_1 = \alpha \cdot q \cdot a^2$ = 0,125 ·1,14 ·11,6² = =19,2 кН·см,

мұндағы q – тіректік тақтасы астында іргетастағы кернеуге тең, тақтаның 1 см^2-дегі есептік қысым, α = 0,125 – 7.3-кесте бойынша қабылданатын бөліктің ұзындау«*b*» жағының қысқалау «*a*» жағы қатынасына байланысты еселеуіш.



7.16-сурет. Үстын түптабанының есептік сұлбасы

2-бөлікте тақта ұзындығы c_2 консоль сияқты жұмыс жасайды. $c_2 = (350 - 240 - 2 \cdot 10)/2 = 45$ мм, мұндағы 10 мм – траверсаның қалыңдығы

$$M_2 = q\frac{c_2^2}{2} = 1{,}14 \cdot \frac{4{,}5^2}{2} = 11{,}54 кН \cdot см.$$

3-бөлікте тақта үш жағынан тірелген, мұнда α еселеуіші бекітілген жағы мен бекітілмеген жағы ара қатынасына

байланысты 4,3/24= 0,179 < 0,5. Мұндай жағдайда тақта ұзындығы 7 см консоль сияқты жұмыс жасайды

$$M_3 = q\frac{c_3^2}{2} = 1{,}14 \cdot \frac{4{,}3^2}{2} = 10{,}54 кН \cdot см.$$

Ең үлкен момент бойынша тіректік тақтаның қалыңдығын анықтаймыз

$$t_f = \sqrt{6M_{\max} / R_y} = \sqrt{6 \cdot 19{,}2 / 24} = 2{,}2 см.$$

Тақтаның қалыңдығын қабылдаймыз t_f = 30 мм.

Траверсаның есебі. Беріктік қорына еңгізіп тіректік тақтаға күштеу, ұстын сырығын траверсаға бекіткен, жіктер арқылы ғана жеткізіледі деп есептейміз.

Траверсаны ұстынға бекітуі көміртек газ ортасында Св08Г2С пісірмелік сыммен жартылай автоматты пісіру арқылы орындалады. Траверсаның қалыңдығын қабылдаймыз $t_{тр}$ = 10 мм. 56-кесте [4] бойынша жік металының есептік кедергісі R_{wf} = 215 МПа = 21,5 кН/см^2. 3-кестеге [4] сәйкес балқып қосылған шегінің металы бойынша есептік кедергісі R_{wz} =0,45R_{un} және 51-кесте [4] бойынша С245 болат үшін R_{un} = 370 МПа =37 кН/см^2.

Қосылыстың есептік қимасын анықтаймыз. Жік катетін шамалап қабылдаймыз ($k_f \le 1{,}2t_{\min}$) k_f = 12 мм, онда 35-кесте [4] бойынша β_f= 0,8; β_z = 1.

$$\beta_f \cdot R_{wf} = 0{,}8 \cdot 21{,}5 = 17{,}2 > \beta_z \cdot R_{wz} = 1 \cdot 0{,}45 \cdot 37 = 16{,}65 \text{ кН/см}^2,$$

сонымен балқып қосылу металы бойынша қимасы есептік қимасы болып табылады.

Жіктің есептік ұзындығы

$$l_w = \frac{N}{4k_f \beta_z R_{wz}} = \frac{1393{,}15}{4 \cdot 1{,}2 \cdot 16{,}65} = 17{,}43 см\ .$$

Траверсаның биіктігі

$$h_{тр} = l_w + 1 = 17{,}43 + 1 = 18{,}43 \text{ см}.$$

Қабылдаймыз $h_{тр}$ =19 см. Екі консольді арқалыққа ұқсатып траверсаның беріктігін тексереміз. Аралығының ортасындағы майыстырушы момент

$$M_m = \frac{ql^2}{8} - \frac{qc^2}{2} = \frac{1{,}14(11{,}6/2+1+4{,}5)24^2}{8} - \frac{1{,}14\cdot 17{,}5\cdot 4{,}3^2}{2} = 471{,}1 кН\cdot см^2,$$

мұндағы $\frac{24-0{,}8}{2} = 11{,}6$ см; $\frac{35}{2} = 17{,}5$ см.

Траверсаның кедергі моменті $W_т = 1{,}0\cdot 19^2 / 6 = 60{,}17$ см^3. Кернеуі $\sigma = 471{,}1 / 60{,}17 = 7{,}8$ кН/см^2 < $R_y = 24$ кН/см^2, траверсаның қимасы беріктік шартын қанағаттандырады.

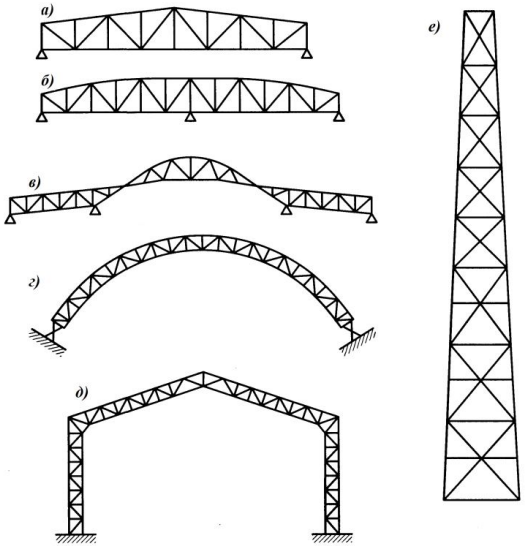
Бақылау сұрақтары

1. Ұстындардың негізгі құралымдық бөлшектерін атаңыз.
2. Ортасынан сығылған ұстындардың қолдану саласы.
3. Тұтас ұстындардың түрлері қандай болады?
4. Өтпелі ұстындардың қималары қандай болуы мүмкін?
5. Өтпелі ұстындарда диафрагма не үшін орнатылады?
6. Ұстынның арқалықтармен қосылу түрлерін атаңыз.
7. Ортасынан сығылған ұстынның қажетті қима ауданын табатын формуланы жазыңыз.
8. Екі жазықтықта планкалары бар өтпелі ұстынның келтірілген иілгіштігі қалай анықталады?
9. Ортасынан сығылған ұстындар тіректік тақтасының беріктік шартын анықтайтын формуланы жазыңыз.

8. ФЕРМАЛАР

8.1. Фермаларды қолдану саласы және жіктеу

Ферма деп көбінесе майысуға жұмыс жасауына арналған керегеторлы құралымдарды атайды. Арқалыққа қарағанда ферма, түйіндерінде геометриялық өзгертілмейтін жүйеге байланыстырылған, жеке сырықтардан құралады. Фермалар, әсіресе қатаңдық шарттары бойынша, үлкен биіктікті қажет ететін құралымдарда ұтымды болады. Жүктемесі көп және аралығы шамалы кезінде фермалар қолайсыз үлкен және еңбек сіңірімді болып келеді. Сондықтан тұтас арқалықтан керегеторлы фермаға ауысу пайдалылығы құралымның аралығы үлкейген сайын және жүктемесі кеміген сайын арта түседі.



8.1-сурет. Фермалардың жүйесі:
а – арқалықтық қиылмалы; б – қиылмаған;
в, е – консольды; г – а́ркалы; д – рамалы

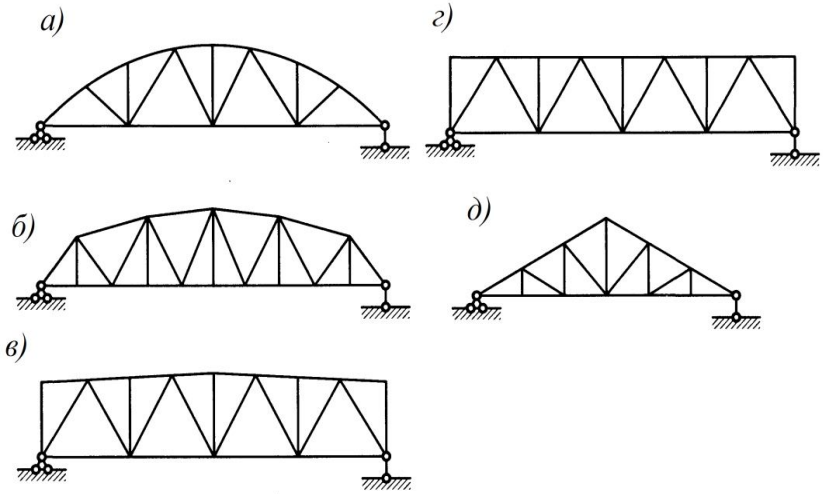
Фермаларды қолдану саласы кең байтақ. Олар ғимараттар мен имараттардың жабынында төсемін сүйеп тұру үшін қолданылады (итарқалық фермалар). Үлкен аралықты көпірлер, радиомұнаралар, телемұнаралар, мачталар, электр жеткізу жолдарының тіректері және басқа да құралымдар болаттан фермалар түрінде орындалады.

Фермаларды бірнеше нышандары бойынша жіктеуге болады:

1) тағайындалуы бойынша – көпірлер фермасы, итарқалық фермалар, көтергіш крандардың фермалары, электр жеткізу жолдарының тіректері және т.т.;

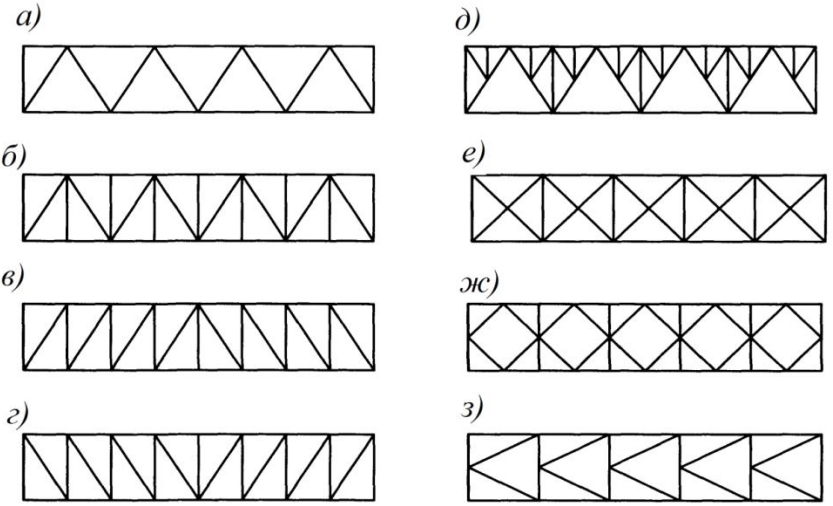
2) статикалық сұлбасы бойынша – арқалықтық фермалар (қиылмалы, қиылмаған, консольды), рамалық және а́ркалықтық фермалар (8.1 - сурет);

3) белдеулерінің көрінісі бойынша – сегментті, полигональды, трапециялды; белдемелері параллельді, үшбұрышты;



8.2-сурет. Белдемелерінің көрінісі бойынша ферманың түрі:
а – сегментті; б – полигональды; в – трапециялы; г – белдеулері параллельді; д – үшбұрышты

4) керегеторының (решеткасының) түрі бойынша – ферма үш бұрышты, қиғаш тіректі, қиғаш тірексіз, арнайы (шпренгельді, кресті, ромбылы және жартылай қиғаш тіректі) керегетор жүйелі болуы мүмкін;



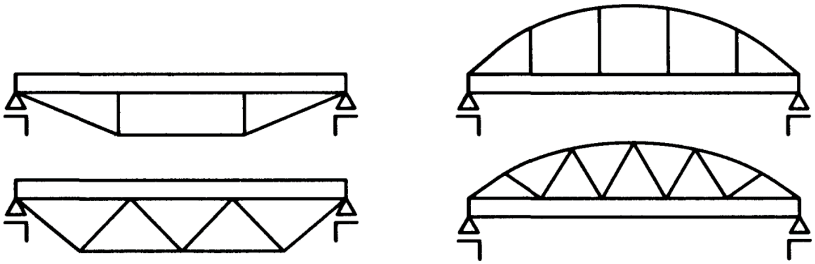
8.3-сурет. Фермалардың керегетор жүйелері
а, б – үш бұрышты; в, г – қиғаш тіректі; д – шпренгельді; е – кресті; ж – ромбылы; з – жартылай қиғаш тіректі

5) конструктивтік нышаны бойынша – бір қабырғалы жеңіл және қос қабырғалы ауыр фермалар.

Осылардың ішінен, әзірлеуі мен жинақтауы ең жеңілі, қиылмалы арқалықтық фермалар. Сондықтан олар құрылыста кең таралындысы болып табылады. Қиылмаған және консольды арқалықтық жүйесінің фермаларын құралымдарының меншікті салмағы үлкен кезінде қолданған жөн. Себебі мұндай жағдайда олар металл шығынын едәуір үнемдеуге мүмкіндік береді. Қиылмаған фермаларды пайдалану талаптарына қарай қолдануға болады, өйткені олардың қатаңдылығы жоғары болғандықтан биіктігі төмендеу болуы мүмкін.

Мұнаралар мен мачталар тік консольды жүйеге жатады. Пайдалану немесе сәулеттік талаптары áркалық немесе рамалық фермалардың қолдануына себепші болуы мүмкін.

Ферма мен тұтас арқалық арасында орналасатын құрастырылған жүйелерге, астынан аспалы шынжыр арқылы (шпренгелді арқалық) немесе өтпелі ферма арқылы әлде жоғарғы жағынан áркамен немесе фермамен күшейтілген жүйелер жатады.



8.4-сурет. Құрастырылған жүйелер

Құрастырылған жүйелер оңай әзірленеді. Олар ауыр құралымдарда және де жылжымалы жүктемесі бар құралымдарда ұтымды болып келеді.

Құралымдар салмағын азайтудың экономикалық тиімділігі едәуір болатын үлкен аралықты жабын фермаларында алюминий қорытпаларын қолдануға болады.

8.2. Фермалардың құралымдарын құрастыру

Жобалау алдында фермалардың көрінісі таңдап алынады. Итарқалық ферманың көрінісі ғимараттың тағайындалуына, төсемінің түріне, фонарының құралымы мен өлшемдеріне (өндірістік ғимараттарда), тірелу тәсіліне (топсалы немесе қатаң) байланысты анықталады. Теориялық көзқарас бойынша майыстырушы момент эпюріне сәйкес келетін ферманың көрінісі ең ұтымдысы болып табылады. Мысалы, астыңғы белдемесі горизонталды және жүктемесі біркелкі таралған кезде бір аралықты ферманың жоғарғы белдеуін полигональ (дұрысында,

квадратты парабола бойынша) көріністі етіп жобалаған ұтымды болады.

Үшбұрыш көріністі фермалардың биіктігі ең үлкен және ол майыстырушы момент эпюрінің көрінісіне сәйкес келмейді. Үшкір тіректік түйіні ферма мен ұстынның тек топсалы қосылуына мүмкіндік береді. Керегетор сырықтары ферманың ортаңғы жағында өте ұзын болады, сондықтан олардың қимасын шекті иілгіштік талабы бойынша іріктеп алуға тура келеді. Бұл жағдай металдың шығынын арттырады. Осы себептен үшбұрышты фермалар сирек қолданылады. Олар ғимараттың пайдалану шартына немесе төсем материалының түріне (төсем металды немесе асбестцементті) байланысты төсем еңістігі үлкен (25-45°) болған кезде ғана пайдаланылады.

Өндіріс ғимараттарының орамалық төсемі астындағы жеңіл фермалардың негізгі түрі ретінде көптен бері трапециялы итарқалық фермалар саналып келді. Олар, төсемнің үлкен еңістігін қажет етпейтін, жаңа төсем материалдарының пайда болуының арқасында үшбұрышты фермалардың орнын басты. Арқалықтық фермалардың трапециялы көрінісі майыстырушы моменттің эпюріне көбірек сәйкес келеді және ферма ұстынмен қатаң жалғаса алады. Осылар трапециялық фермалардың құралымдық артықшылығына жатады.

Материал шығыны бойынша сегментті фермалар ең үнемдісі болып табылады. Аралығы үлкейген сайын олардың үнемділігі арта түседі. Бірақ та сегментті фермалар, керегетор бөлшектерінің ұзындық номенклатурасының көп болғандығынан және жоғарғы белдеуінің доға түрінде орындалғандығынан, әзірлеу кезінде көптеу еңбек сіңіреді. Әзірлеуін жеңілдету үшін іс жүзінде сегментті фермалар полигональдыға (жоғарғы белдемесінің негізгі түйіндері арасындағы бөлшектерін түзулендірілгенге) алмастырылады. Жеңіл фермаларға полигональ көрінісі ұтымдылық бермейді, себебі құралымдық күрделенуі үнемделген болатпен өтелмейді.

Әзірлеу жағынан белдеулері параллельді фермалар қолайлырақ келеді. Белдеулер және керегетор сырықтары ұзындығының теңдігі, аралық түйіндері шешімдерінің бірдейлігі және белдеу түйістерінің аздығы құралымдық сұлбаларын

максималды унификациялауға жағдай туғызады және мұндай фермаларды индустриалды етеді. Әзірлеуінің артықшылығына байланысты белдеулері параллелді фермалар біртіндеп трапеция көріністі фермалардың орнын басып келеді.

8.3. Ферманың негізгі өлшемдері

Ферманың аралығы мен биіктігі оның негізгі өлшемдері болып табылады. Итарқалық фермалардың аралығы ғимараттың технологиялық немесе сәулеттік сұлбасынан анықталып, көрші элементтермен (ұстындармен) қосылу түріне байланысты дәлденеді. Мәселен, жабын фермаларының ұстынға үстінен еркін тірелген кезінде ферманың есептік аралығы ℓ_{ef}(тіректік бөліктері осьтерінің арасындағы қашықтық):

- қиылған фермалар үшін тіректер енінің ішкі төрттен бірі арасындағы қашықтыққа тең

$$\ell_{ef} = \ell + a / 2,$$

мұндағы ℓ – тіректің ішкі жағы арасындағы қашықтық; a – тіректің ені;

- қиылмаған фермалардың ортаңғы аралықтары үшін

$$\ell_{ef} = \ell + a.$$

Фермалар металл ұстынға жанынан қосылған кезінде ферманың есептік ұзындығы фермалармен қосылған деңгейіндегі ұстынның ішкі жағы арасындағы қашықтыққа тең. Ферманың аралығына технологиялық талаптары жоқ кезінде (мәселен эстакадаларда), ол ферма мен ұстынның жалпы бағасы ең төмен болатын, экономикалық ұғым негізінде белгіленеді.

Үш бұрышты фермалардың биіктігі аралығы мен төсемінің қажет ететін еңістігіне байланысты анықталады. Төсемнің еңістігі төсем материалының түріне қарай анықталып $h \approx (\frac{1}{4} \div \frac{1}{2}) \cdot \ell$ аралығында қабылданады.

Трапециялы фермалар мен белдемелері параллельді фермалардың биіктігі әдетте конструктивтік талаптар негізінде белгіленеді. Егер конструктивтік шектеулері болмаса, онда ол ферманың ең аз салмағы болатын шартынан, яғни экономикалық ұғыныс бойынша белгіленеді. Ферманың салмағы белдеулер мен керегетор салмақтарынан құралады. Ферма белдеуіндегі күштеу биіктігіне кері пропорционалды, сондықтан ферманың биіктігі өскен сайын белдеулерінің салмағы кеми береді

$$N_n = \frac{M}{h}.$$

Керегетор салмағы, керісінше ферманың биіктігі өскен сайын, арта түседі. Себебі қиғаштіректері мен тағандары ұзарады. Белдемелері мен керегеторының жалпы салмағы ең кіші болатын ферманың оңтайлы (оптималды) биіктігі

$$h_{opt} = \ell/\mathrm{n}\sqrt{0{,}7\mathrm{n} + 1}$$

немесе

$$h_{opt}/_{\ell} = 1/_{n}\sqrt{0{,}7n + 1}, \qquad (8.1)$$

мұндағы ℓ – аралығы; n – панельдерінің саны.

Бұл формула ферманың керегеторы үшбұрышты кезіндегі екі белдеулері мен қиғаш тіректерінің жалпы салмағын анықтауға арналған формуласын өзгертіп алынған.

Керегеторы қиғаш тіректі кезінде осы формулаға қосымша тағандарының да массасын еңгізу керек. Мұндай жағдайда

$$h_{opt}/_{\ell} = 1/_{n}\sqrt{0{,}7n + 1/_{3}}. \qquad (8.2)$$

Керегеторы ушбұрышты қосымша тағаны бар кезінде

$$h_{opt}/_{\ell} = 1/_{n}\sqrt{(0{,}7n + 1)2}. \qquad (8.3)$$

Әдетте белдеулері параллельді және көрінісі трапециялы фермалардың биіктігі формула бойынша табылған шамасынан кемдеу қабылданады $(\frac{1}{7} \div \frac{1}{9}) \cdot \ell$.

Бұл h_{opt} шамасынан ауытқуы тасымалдау, унификациялау, ғимараттың көлемін кішірейту тағы басқа талаптарға сәйкес қабылданған.

Трапециялы фермаларда аралығының ортасындағы биіктігіне қоса тірек үстіндегі биіктігін де анықтау керек. Тіректік тағанның биіктігі ферманың аралықтағы биіктігіне және төсемінің қажет ететін еңістігіне байланысты, ол әдетте $(\frac{1}{15} \div \frac{1}{10}) \cdot \ell$ аралығында болады.

Ферманың ең кіші биіктігі рұқсат етілетін майысыммен анықталады. Әдеттегі төсемдік жабындарындағы фермалардың қатаңдылығы пайдалану шарты қойған шамасынан едәуір асады. Ал, жылжымалы жүктемеге жұмыс жасайтын құралымдарда (аспалы краны бар итарқалық фермалар, көпірлі крандардың фермалары) қатаңдық талаптары өте жоғары болғандығынан $\left(\frac{f}{\ell} = \frac{1}{750} \div \frac{1}{1000}\right)$, көбінде олар ферманың биітігін анықтайды.

Ферманың майысымы шамасын Мор формуласы бойынша табуға болады:

$$f = \sum \frac{\overline{N_i} N_i}{E_i A_i} \ell_i, \qquad (8.4)$$

мұндағы N_i – берілген жүктемеден ферма сырығында пайда болған күштеу;

$\overline{N_i}$ – майысымы анықталатын нүктеге майысу бағыты бойынша тускен 1-ге тең күштен пайда болған сол сырықтағы күштеу.

Осы формуладан белдеулері параллельді фермалар үшін, тұтас арқалықтар формуласына ұқсас, формула алуға болады

$$\frac{h_{\min}}{\ell} = \frac{6{,}5}{24}\left[\frac{\ell}{f}\right]\frac{\sigma}{E}\left(1+2\frac{h}{\ell}\right). \qquad (8.5)$$

мұнда $\frac{f}{\ell} = \frac{1}{750} \div \frac{1}{1000}$ – шекті салыстырмалы майысым; σ – майысым туғызатын, белдемедегі мөлшерлік жүктеменің ең үлкен кернеуі.

Итарқалық ферманың үлкен биіктігі тасымалдау және жинақтау жағынан қолайсыздық тудырады, себебі ферманы бөлшектеп тасымалдауға және құрылыс алаңында оларды жинастыруға тура келер еді. Мұндай жағдайда құрылыс уақытының ұзару және шығынның көбею талаптары үнемделген металмен өтелмейді.

Темір жолмен тасымалдауға мүмкіндік беру үшін құралымдардың габариті тіке бағыты бойынша – 3,8 м-ден, горизонтал бағыты бойынша – 3,2 м-ден аспауы керек. Екі осьті платформаның ұзындығы – 9 м, төрт осьтікі – 13 м. Итарқалық фермалардың габаритін темір жол габаритіне сыйыстыру үшін фермалардың биіктігі (құралымның шеткі нүктелері арасындағы қашықтық) 3,8 м-ден аспайтындай етіп белгіленеді.

8.4. Құрылыстық көтерме

Аралығы 36 м-ден асатын фермаларда және алюминий қорытпаларынан немесе жоғары берікті болаттардан жасалған фермаларда үлкен майысымдар пайда болады. Олар құралымдардың сыртқы түрін нашарлатады және көбінесе пайдалану шарты бойынша болдырмайтын шамаға жетеді (мәселен, өндіріс ғимараттарының фермаларына көтергіш-көліктік жабдық ілінген кезінде). Ферма салбырап кетпеуі үшін, ол құрылыстық көтермемен, яғни ферма кері майыстырылып жасалады. Жүктеме түскен кезде сол майысым жойылады да ферма жобалаған түзу күйіне келеді. Құрылыстық көтерме тұрақты жүктеменің майысымы мен уақытша жүктеме майысымының жартысы қосындысына тең белгіленеді. Жазық төсем кезінде құрылыстық көтерме аралығына байланыссыз

мөлшерлік жүктемелердің қосындысынан пайда болатын майысымы мен аралығының 1/200 қосындысына тең қабылданады.

8.5. Фермалардың керегетор жүйесі

Қандай жүктеме болса да фермалардың өзгермеушілігі керегетор жасаумен жетілдіріледі. Керегетор тұтас арқалық қабырғасының міндетін атқарып көлденең күшті қабылдайды. Жоғарғы белдемесі бойынша керегетор түйіндері арасындағы қашықтық ℓ_m ферманың панелі деп аталады. Панельдің өлшемі стандартты темірбетон жабын тақтасының ені (1,5 немесе 3 м) бойынша немесе, төсемінің түріне байланысты, сырғауылдардың арасындағы қашықтық бойынша белгіленеді.

Керегетордың үшбұрышты жүйесі (8.3 *а, б*-сурет) ең таралған түрі болып табылады, себебі керегетордың жалпы ұзындығы мен оның түйіндерінің саны керегетордың басқа түріндегі фермаларға қарағанда аздау болады. Керегетордың төменгі белдемеге қатысты ұтымды еңкіштік бұрышы 45-50° құрайды.

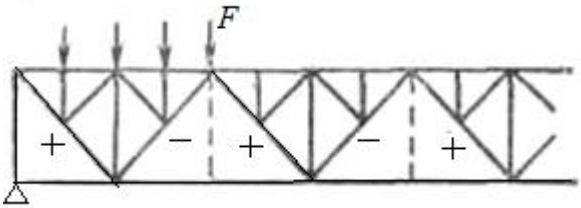
Үшбұрышты керегетордың кемшілігі – белдеулер панелінің едәуір ұзындығында, сондықтан жүктемелер ферма түйіндерінен тыс түсуі мүмкін, яғни белдеменің жергілікті майысуға жұмысын есепке алу керек. Панельді кішірейтіп сығылған белдеменің есептік ұзындығын қысқарту үшін үшбұрышты керегеторға тағандарды және төменгі белдеуге жүктеме түсетін болса – аспаларды (подвески) қосады. Үшбұрышты керегеторды белдеуінің кез келген көрінісі кезінде де қолдана беруге болады. Ол әсіресе көрініс трапециялы және белдемелері параллельді фермаларда ұтымды келеді.

Қиғаш тіректі керегеторлар (8.3, *в, г*-сурт) ферманың биіктігі шамалы кезінде қолданылады. Олардың ерекшелігі күштеулерінің таңбасын өзгертуге болатындығында. Қиғаш тіректі керегетордың төменгі белдемесіне қатысты ұтымды еңкіштігі 35-45°-ты құрайды. Мұндай керегеторларда төмен бағытталған қиғаш тіректері созуға, ал қысқа тағандары сығуға жұмыс жасайды. Сондықтан белдеулері параллельді және

трапециялды фермаларда қиғаш тіректері ұзындау болғандықтан оларды төмен бағыттап (8.3, *г*-сурет) жобалаған жөн. Үшбұрышты және сегмент көріністі фермалардың қиғаш тіректі керегеторларында керісінше төмен бағыт алған бөлшектері сығылады, ал жоғары бағыт алғаны созылады. Бірақ та түйіндерінің құрастыруын ыңғайландыру үшін керегеторы төмен бағытталған қиғаш тірекпен жобаланады.

Кресті керегеторларды (8.3, *е*-сурет) таңбасы айнымалы жүктемеге жұмыс жасайтын фермаларда жаратқан жөн. Мұндай керегетордың қиғаштіректері тек созуға жұмыс істейді. Қиғаштіректе сығу пайда болғанда, иілгіштігі үлкен болғандықтан, ол жұмысқа қосылмай қалады. Керегеторы кресті фермаларға өндіріс ғимараттар жабынының және көпірлердің горизонталды байланыстық фермалары, мұнаралар мен мачталардың тік фермалары жатады.

Шпренгельді керегеторды жоғарғы белдеме панельінің ұзындығын қысқарту үшін қолданады. Сол кезде ол қосымша қиғаш тіректің ферма жазықтығындағы еркінді ұзындығын да қысқартады.



8.5-сурет. Шпренгельдік керегетор

Ромбты (8.3, *ж*-сурет) және жартылай қиғаш тіректі (8.6-сурет) керегеторлардың қатаңдылығы жоғары болады, сондықтан олар үлкен көлденең күштерді қабылдай алады. Олар көпірлерде, мұнараларда, мачталарда жаратылады.



8.6-сурет. Жартылай қиғаш тіректі керегетор

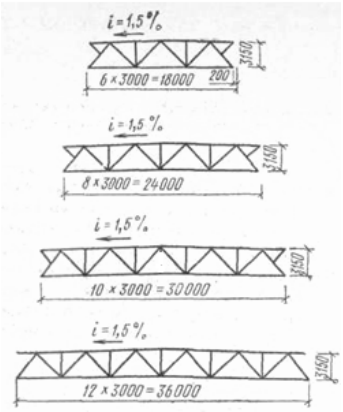
Өнеркәсіпте сөрелерінің қырлары параллельді кеңсөрелі қоставрларды шығаруына байланысты, белдемелері таврдан және кресті керегеторы жеке бұрыштамадан жасалған итарқалық фермалар өңделді. Мұндай фермалар металл шығыны және бағасы бойынша сырықтары қос бұрыштамалардан жасалған типтік фермалармен салыстырғанда үнемді келеді. Таврлы профильдер қоставрдың қабырғасын ұзына бойы кесумен алынады.

8.6. Фермалардың геометриялық өлшемдерін унификациялау және модульдеу

Фермалардың геометриялық сұлбаларын унификациялау арқылы фермалардың құралымдық болшектерін стандарттап, арнайы жоғары өнімді станоктардың көмегімен оларды көптеп әзірлеуіне ауысуға болады. Фермалардың геометриялық өлшемдерін унификациялау өмшем түрлерінің санын қысқартып, ферманың өздерін де, және оларға жалғасатын элементтерді де (сырғауылдарды, байланыстарды, ұстындарды) стандарттауға апарады. Фермалардың унификациялау негізіне құралымдық-құрастыру өлшемдерін модульдеу қойылады. Фермалардың унификациялауы имараттардың түрлері бойынша жасалуы керек.

Қазіргі уақытта өндірістік ғимараттардың итарқалық фермаларының, көпірлер, радиомачталар, электр жеткізу жол тіректері фермаларының геометриялық сұлбалары унификацияланған.

Төсемі орамалы (рулонды) итарқалық фермалардың унификациялау негізіне өндірістік ғимарат аралығының және ферма панелінің модулі m = 3000 мм, төсемінің еңкіштігі 1,5 %, белдемелерінің сыртқы қырлары бойынша тірегі үстіндегі ферманың биіктігі 3150 мм, төсем тақтасының ені 1,5 м болған кезінде шпренгельді қоса орналастыруға болатын, үшбұрышты керегетор қойылған. Сонымен, аралығы кіші фермалардың геометриясы үлкендеу фермалардың шеткі бөлшектерінің геометриясымен тепе-тең болады. Ал, үлкен ферма ортаңғы панель қосылған кішірегінен құралады (8.7-сурет).



8.7-сурет. Итарқалық фермаларды унификациялау

8.7. Фермаларды есептеу жүйелілігі

Фермалардың есебі келесі тәртіппен орындалады: 1) фермаға әсер ететін жүктемесі анықталып, түйіндік күштері есептеледі; 2) ферманың барлық сырықтарындағы есептік күштеулерін тауып, олардың қимасы іріктеп алынады; 3) қосылыстарын, түйіндерін және бөлшектерін есептегеннен соң оларды құралымдайды

8.8. Жүктемелерді анықтау

Итарқалық фермалардың жоғарғы белдеуіне негізінде төсем мен жабынның көтергіш құралымдары салмағының тұрақты жүктемесі (фермалардың, олардың бойындағы байланыстардың меншікті салмағы, фонарьдің салмағы, т.т.) және қардың қысқа мерзімді жүктемесі әсер етеді. Төменгі белдеуіне кейде аспалы көтергіш-көліктік жабдықтың (мәселен, кран-арқалықтардан), аспалы төбенің, аспалы құбырлардың және т.т. жүктемелері түсуі мүмкін. Жел жүктемесі төсем еңкіштігі тек 30°-тан асқан кезде ғана есепке алынады. Фонарьға түсетін горизонтальды жел қысымы ескерілмейді, себебі оның ферма жұмысына тигізетін әсері шамалы.

Төсем құралымдарының элементтері (мысалы, төсем немесе аспалы төбе сырғауылдары) ферманың түйіндеріне бекітіледі. Сондықтан фермаға әсер ететін жүктеменің барлығы ферманың түйіндеріне түседі.

Егер жүктеме түйінге емес тікелей панеліне түсетін болса, онда негізгі есептік сұлбасында ол ең таяу орналасқан түйіндер арасына бөлінеді. Бірақ бұл кезде түскен жүктемеге белдеуінің жергілікті майысуы қосымша есепке алынады.

Есептеуді қолайландыру үшін ферма сырықтарындағы күштеулерді жүктеменің әртүрі үшін бөлек анықтаған жөн. Ферманың фонарьсыз бөлшектеріне түсетін тұрақты жүктемнің шоғырланған түйіндік күшін мына формула бойынша есептеледі:

$$F = \left(g_{ф} + \frac{g_{тос}}{\cos \alpha} \right) \cdot b \frac{d_{i-1} + d_i}{2}, \qquad (8.6)$$

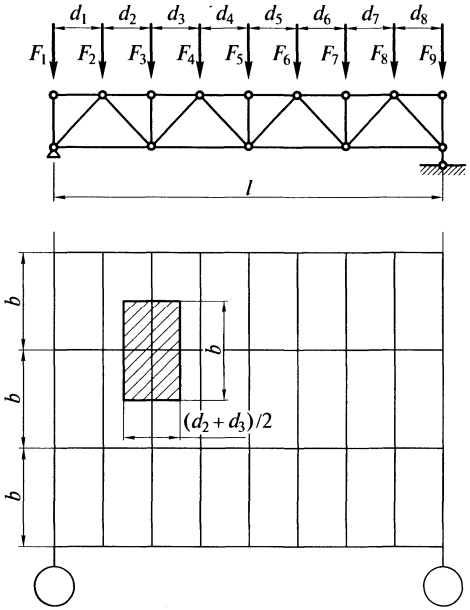
мұндағы $g_ф$ – төсемнің 1 м^2 горизоталды проекциясына келетін ферманың байланыстарымен бірге салмағының есептік жүктемесі; $g_{төс}$ – төсем салмағының есептік жүктемесі; α – жоғарғы белдеменің көкжиекке қатысты еңкіштік бұрышы (жабынның еңкіштігі i ≤ 1/8 кезінде α = 1 қабылданады); b – фермалар арасындағы қашықтық; d_{i-1} және d_i – түйінге қосылатын жоғарғы белдеме панельдерінің ұзындығы (8.8-сурет).

Фонарь тағандары тірелетін түйіндер үшін жоғарыда келтірілген өрнекпен табылған жүктемеге фонарь салмағының жүктемесі қосылады.

Қардан пайда болатын есептік түйін жүктемесін табатын өрнек:

$$F = S_n \cdot \gamma_{fs} \cdot b \frac{d_{i-1} + d_i}{2}, \qquad (8.7)$$

мұндағы S_n – жабынның 1 м^2 горизоталды проекциясына келетін қардың мөлшерлік жүктемесі; γ_{fs} – қар жүктемесі үшін сенімділік еселеуіші.



8.8-сурет. Түйіндік жүктемелерді анықтау

S_n шамасы фонарьлар маңайында немесе ғимарат биіктігінің құламасы аралығында қар жамылғысының біркелкі таралмау мүмкіншілігін есепке алып анықталуы керек.

8.9. Ферма сырықтарындағы күштеулерді анықтау

Фермаға әсер ететін жүктемелерді жинағаннан соң оның элементтеріндегі күштеулерді анықтауға ауысады. Күштеулерді имараттар статикасының кез келген тәсілі бойынша анықтауға болады. Максвелл-Кремон диаграммасын тұрғызып оларды графикалық әдіспен алған ең оңай және көрнекті болады. Белдеулері параллельді фермалар үшін күштеулерін аналитикалық әдіспен анықтау да қолайлы келеді. Жүкетеменің әртүрі үшін күштеулері бөлек-бөлек анықталады. Егер фермалар жылжымалы жүктемеге жұмыс жасайтын болса, онда жылжымалы жүктеменің ең үлкен күштеуін ықпал сызығы бойынша анықтаған оңайлау келеді.

Ферма элементтеріндегі күштеулерді «Лира», «Skad» және с.с. стандартты бағдарламалардың көмегімен де ЭЕМ-де анықтауға болады.

Белдемелері бұрыштамалардан немесе таврлардан жасалған фермаларды есептеген кезде жүйенің түйіндерінде таза топсалар, барлық сырықтарының осьтері тура сызықты болып бір жазықтықта орналасады және олар түйіннің ортасында қиылысады деп болжамдалады. Мұндай жүйенің сырықтары тек осьтік күштеулерге жұмыс жасайды. Осы күштеулерден пайда болған кернеулер негізгі кернеулер болып табылады. Ферманың сырықтарында, түйіндік қосылыстарының нақты қатаңдылығына байланысты, қосымша кернеулер пайда болады. Сол кернеулер сырықтың қимасы биіктігінің оның ұзындығына қатынасы $h/\ell \leq 1/15$ кезінде, құралымның көтергіш қабілетіне елеулі әсерін тигізбегендіктен есепке алынбайды. Сырықтарының қатаңдылығы көтеріңкі және төмен температура кезіне пайдаланатын фермаларда түйіндеріндегі қосылыстарының қатаңдылығы едәуір әсерін тигізеді. Сондықтан қимасы қоставр, құбыр және Н-бейнелі сырықтар үшін қима биіктігінің ұзындығына қатынасы 1/10-нен аспайтын, пайдалану кезіндегі есептік температурасы - 40 °С-тан төмен түспейтін құралымдар үшін және 1/15-нен аспайтын температурасы - 40 °С-тан төмен кезіндегі фермаларды топсалы сұлба бойынша есептеуге рұқсат етіледі. Осы қатынастардан асқан кезде түйіндердің қатаңдылығынан пайда болатын сырықтардағы қосымша моменттерді есепке алу керек. Бұл кезде осьтік күштеулерді топсалы сұлба бойынша, ал қосымша майыстырушы моменттерді жуықтап табуға болады.

Фермалардың жоғарғы белдеулеріндегі біркелкі таралған жүктемеден пайда болатын майыстырушы моментті келесі формулалар бойынша есептеуге болады:

шеткі панельдегі аралықтық момент

$$M_1 = \frac{q d_1^2}{10};$$

арадағы панельдердің аралықтық моменті

$$M_i = \frac{qd_i^2}{12};$$

тірек түйініндегі момент

$$M_{\text{оп}} = \frac{qd_i^2}{18},$$

мұндағы q – фермаға біркелкі таралып түскен жүктеме; d – панельдің ұзындығы.

8.10. Ферманың сығылған белдеулерінің есептік ұзындығы

Фермалар әдетте сығылған сырықтарының орнықтылығын жоғалтудан қирайды. Орнықтылығын жоғалтқан кезде сығылған сырық дөңестеліп, түйіндердің ортасын айнала бұрылады да фасонкаларының қатаңдылығы арқасында осы түйінге жалғасқан қалған сырықтарын ферманың жазықтығында бұрылуына және майысуына мәжбүр етеді. Жалғасқан сырықтар майысуға және түйіннің бұрылуына қарсылық көрсетеді, яғни орнықтылығын жоғалтып келе жатқан сырықтың еркін майысуына кедергі келтіреді. Түйіннің бұрылуына ең үлкен қарсылықты созылған сырықтар көрсетеді, себебі майысудан пайда болатын деформациясы түіндер арасындағы қашықтықты азайтуға келтіреді, сол уақыттағы негізгі күштеудің әсерінен бұл қашықтық көбейтілуі керек. Ал, сығылған сырықтар майысуға шамалы қарсыласады, өйткені бұрылудың деформациясы мен негізгі күштеудің деформациясы бір бағытта дамиды. Сонымен, сығылған сырыққа қосылатын созылған сырықтардың саны мен қуаттылығы көбейген сайын, яғни қума қатаңдылығы көбейген сайын, сығылған сырықтың қысып бекітілу дәрежесі көтеріле береді және есептік ұзындығы кішірее түседі. Сығылған сырықтың қысып бекітуге тигізетін әсерін ескермеуге болады (8.9-сурет). Осы себептен сығылған сырықтың түйіндерде қысып бекітілу дәрежесі ретінде мына қатынасты алуға болады

$$\tau = i / \Sigma i_p, \qquad (8.8)$$

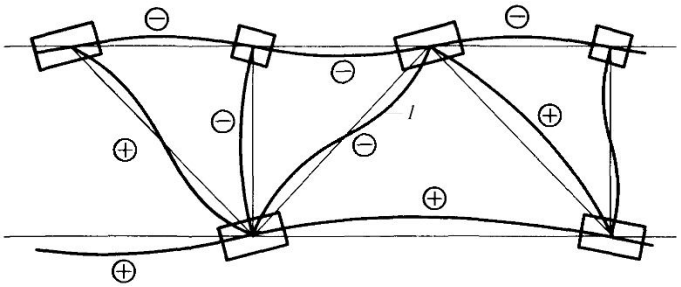
мұндағы $i = I/\ell$ – ферма жазықтығындағы есептелетін сырықтың қума инерция моменті; $\sum i_p$ – есептелетін сырыққа екі жағынан қосылатын созылған сырықтардың қума инерция моменттерінің қосындысы.

Сонымен, ферманың сығылған сырығының есептік ұзындығын төмендегі формула бойынша анықтауға болады:

$$\ell_{ef} = \mu \cdot \ell, \qquad (8.9)$$

мұндағы μ – ұзындығын келтіру еселеуіші, ол қысып бекіту дәрежесіне тәуелді;

ℓ – түйіндер ортасы арасындағы қашықтық.



8.9-сурет. Ферма элементтерінің есептік ұзындығын анықтау
1 – орнықтылығын жоғалтатын сырық

Сығылған белдеу түйіндерінде шамалы қысып бекітілгені болып шықты, себебі әрбір шетіне тек жалғыз созылған қиғаш тіректен қосылады. Және де қиғаш тіректің қума қатаңдылығы белдеуінің қума қатаңдылығынан едәуір аздау келеді. Сондықтан сығылған белдеуінің қысып бекітілуін елемей, оның есептік ұзындығын шектес түйіндер арасындағы қашықтыққа теңестіріп алуға болады.

Керегетордың сығылған қиғаш тіректеріне жоғарғы түйінде созылған жалғыз қиғаш тірек қосылса, төменгі түйінде – созылған екі панельдер мен бір қиғаш тірек қосылады. Мұндағы қысып бекіту дәрежесі анағұрлым көптеу болады, τ-дың мәні 0,5 төңірегіне μ = 0,77 жетеді. ҚНжЕ[4] 11-кестесі бойынша

керегетордың ферма жазықтығындағы келтіру еселеуіші μ = 0,8 белгіленген. Сонымен ферма жазықтығындағы есептік ұзындықтың шамасы $\ell_{ef} = 0{,}8\,\ell$ біршама қормен анықталады.

Олардың ішінен жоғары бағыт алған тіректік қиғаш тірек ерекшелі болып келеді. Оның ферма жазықтығындағы жұмысының жағдайы жоғарғы белдеудің жұмысымен бірдей, сондықтан тіректік қиғаш тіректің ферма жазықтығындағы есептік ұзындығы түйіндер ортасының арасындағы қашықтыққа теңестіріліп қабылданады.

Сығылған белдеудің ферма жазықтығына перпендикуляр жазықтықтағы есептік ұзындығы, ферманы жазықтығынан тыс жылжуынан байланыстармен бекіткен, түйіндері арасындағы қашықтыққа теңестіріліп қабылданады.

Белдемелері тұйықталған пішіндерден (құбыр түрінде) қабылданып, керегетор элементтерін белдемелерге түйістіріп тікелей бекіткен фермалар үшін ферманың жазықтығында да, ферманың жазықтығынан тыс та қиғаш тіректің есептік ұзындығын $\ell_{ef} = 0{,}9\ \ell$ қабылдауға болады.

8.11. Ферма сырықтарының шекті иілгіштіктері

Бойлық иілу кезінде орнықтылығын жоғалтатын сығылған сырықтар үшін иілгіштіктің ($\lambda = \ell_{ef}/ i$) маңызды мағнасы бар. Өте иілгіш сырықтар кездейсоқ әсерлерден оңай майысады, меншікті салмағынан салбырап қалады, динамикалық жүктеме кезінде дірілдейді.

Сығылған сырықтардың шекті иілгіштігінің $[\lambda]$ шамасы [4] 19-кестесіне сәйкес сырықтың тағайындалуына және оның жүктелу дәрежесін есепке алатын α еселуішіне байланысты белгіленген:

а) сығылған белдемелер, тірек реакциясын жеткізетін тіректік қиғаш тіректер және тағандар үшін $[\lambda] = 180 - 60\alpha$;

б) ферманың қалған сырықтары үшін $[\lambda] = 210 - 60\alpha$;

в) байланыстардың сығылған сырықтары үші $[\lambda] = 200$,

$$\alpha = N / (\varphi A R_y \gamma_c),$$

мұндағы N – есептік күштеу; $\varphi AR_y\gamma_c$ – сырықтың көтергіштік қабілеті; α – жүктеліну еселеуіші, оның мәні 0,5-тен кем қабылданбайды.

Ферманың созылған сырықтары да тым иілгіш болмауы керек, себебі олар тасымалдау және жинақтау кезінде майысып кетуі мүмкін. ҚМжЕ-нің [4] 20-кестесі бойынша динамикалық әсерлерге ұшырамайтын фермаларда созылған сырықтарының шекті иілгіштігі $[\lambda] = 400$.

Динамикалық жүктеменің әсеріне тікелей ұшырайтын фермалардың созылған сырықтарына шекті иілгіштіктің келесі шамалары белгіленген:

а) созылған белдемелері мен тіректік қиғаш тіректері үшін $[\lambda] = 250$;

б) ферманың созылған сырықтарының қалғаны үшін $[\lambda] = 350$;

в) байланыстың созылған сырықтары үшін $[\lambda] = 400$.

8.12. Ферманың сырықтары қимасының түрлері

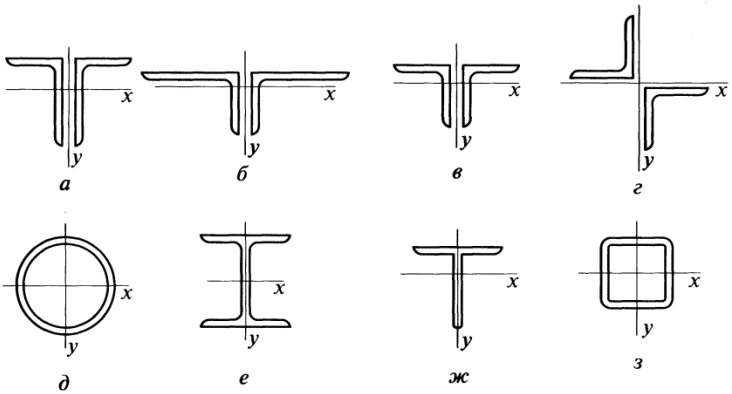
Жеңіл фермалар сырықтарының қимасы бір немесе екі профильден жасалады. Көптен бері бұрыштамалардан жасалған қималар кең таралып келеді. Себебі олардың қима аудандарының диапазоны үлкен, түйіндерін фасонкамен құралымдауы және жалғасатын құралымдарды (сырғауылдарды, төсем панельдерін, байланыстарды және с.с.) бекітуі ыңғайлы келеді.

Өзара тікше бағыттарда орналасқан фермалардың белдемелері жалпы болып табылатын кеңістікті фермаларда (мұнараларда, мачталарда, крандардың жебелерінде) жеткілікті ірі жеке бұрыштама белдеме қимасының ең қарапайым түрі болып табылады. Жеке бұрыштамадан жасалған қималар, сонымен қатар керегетор элементтері шамалы жүктелген фермаларда және байланыстарда қолданылады.

Көбінесе жеңіл фермалардың сырықтары тавр түрінде біріктірілген екі бұрыштамалардан жобаланатын. Мұндай қималар белдемелері үшін де, керегетор элементтері үшін де бірдей қолайлы келеді.

Екі бұрыштамадан тұратын сығылған сырықтар есептік ұзындықтары бірдей және бірдей емес кездерінде екі өзара тікше бағыттарда теңорнықты етіп оңай құрастырылады.

Қиманың қатаңдылығы оның инеция радиустарымен сипатталады. Олар екі бұрыштамалармен жасалған тавр қимасы үшін $i_x \approx 0{,}3h$ және $i_y \approx 0{,}2b$ қатыстармен жуықтап анықталады, мұндағы h және b – қиманың биіктігі мен ені.



8.10-сурет. Жеңіл фермалардың сырықтары қималарының кейбір түрлері

Егер ферма элементінің екі жазықтықтағы есептік ұзындығы бірдей болса (әр түйінінде төсем тақталарымен бекітілген итарқалық ферманың тіректік қиғаш тіректері, белдеулері), теңорнықтылық шартынан ($\lambda_x = \lambda_y$) $i_x = i_y$ болуы керек. Ол үшін сөрелері тең емес бұрыштамаларды үлкен сөрелерін бірлестіріп орналастыру керек (8.10, *а*-сурет). Сөрелері тең емес бұрыштамада сөрелерінің өзара қатысы 1:1,5-ке тең. Сондықтан мұндай таврлы қимада b / h = 2 / 1,5 немесе h = 0,75 b, ол жоғарыда келтірілген ара қатыс кезінде $i_x \approx i_y$ көрсетеді.

Үлкен сөрелерін біріктіріп сөрелері бірдей емес бұрыштамалардан жасалған қималар сонымен қатар ферма белдемелерінде де, олар жергілікті майысуға жұмыс жасаған кезінде қолданылады.

Кіші сөрелерін біріктіріп, сөрелері бірдей емес бұрыштамалардан жасалған қималар (8.10, *б*-сурет) ферманың

жазықтығынан тыс есептік ұзындығы жазықтағысына қарағанда екі есе артық болған кезінде қолданылады. Мұндай кимада $b \approx 3h$, сондықтан $i_y = 0{,}2\ b = 0{,}2 \cdot 3\ h = 0{,}6\ h = 2\ i_x$ (себебі $i_x = 0{,}3\ h$), яғни сырықтың жазықтығынан тыс қатаңдылығы да жазықтағысына қарағанда екі есе артық болады.

Керегетордың сырықтары үшін екі теңсөрелі бұрыштамалардан жасалған таврлы қималар (8.10, *в*-сурет) кең таралғаны болып табылады. Бұл қима, ферманың жазықтығынан тыс (у-у осіне қатысты) қатаңдылығы үлкендеу болғандықтан, керегетордың сығылған сырықтарының теңорнықтылығын қамтамасыз етеді.

Екі бұрыштамалардан жасалған кресті қима (8.10, *г*-сурет) керегеторлы мұнаралардың, мачталардың белдемелерінде, дара бұрыштаманың қима ауданы жеткіліксіз болған кезде қолданылады. Мұндай қима симметриялы фермалардың ортаңғы тағаны үшін орынды келеді, ол ферманы толығымен симметриялы етіп жинақтау үрдісін жеңілдетеді.

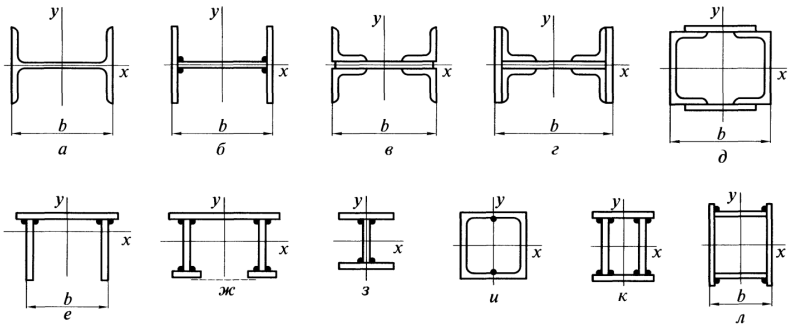
Сортаменттің дамуы – кеңсөрелі қоставр станын іске қосу, электрпісірмеленген құбырларды және тұйықталған майыстырыла пісірмеленген профильдерді өндіру, сондай-ақ кеңсөрелі қоставрдан кесу арқылы сөресі кең таврды алу, ферманың екі бұрыштамадан жасалған сырықтарының орнына жалғыз профильден жасалған фермаларды жобалауға жағдай жасады. Ферманың жаңа құралымдық түрі металл шығыны жағанан да және еңбек сіңіру жағынан да үнемділеу келеді. Себебі пайдаланылатын бөлшектер саны екі еседен астам азайды, сырық қималары сығуға нәтижелі жұмыс істейтін болады.

Итарқалық фермалардың заманауи типтік шешімдерінің бірнеше түрі бар. Екі прокатты бұрыштамалардан жасалған фермалармен қатар құбыр қималы фермалар да бар (8.10, *д*-сурет). Олардың белдемелері мен керегеторы электр-пісірмеленген құбырлардан орындалған. Құбырлы фермалар мұнараларды, мачталарды және с.с. тұрғызған кезде қолданылады.

Белдемелері кеңсөрелі қоставрларды ұзына бойы қабырғасын кесу арқылы алынған таврдан немесе екі болат

жолағынан пісірмелеп жасалған таврдан тұратын фермалар құралымы өңделген (8.10, *ж*-сурет).

Қимасы тік бұрышты майыстыра дәнекерленген тұйық профильді итарқалық фермалар сериялы өндіріледі (8.10, з-сурет). Профильдері қалыңдығы 3...8 мм болат табағынан әзірленеді. Едәуір жүктеме көтеретін фермалардың белдеуін кеңсөрелі қоставдан және керегеторын бұрыштамалардан немесе майыстыра дәнекерленген тұйық профильдерден жасауға болады.



8.11-сурет. Ауыр фермалардың сырықтары қималарының түрлері

Ауыр фермалардың сырықтары жеңіл фермаларға қарағанда бірнеше элементтерден тұратын қималары дамыған, есептік ұзындықтары үлкен, әсер ететін күштеулері едәуір үкен болып келеді. Олар әдетте қимасы екі қабырғалы етіп жобалады. Ауыр фермалардың сырықтары (қиғаш тіректері, тағандары және белдемелері) әртүрлі панельдерінде қималары әр алуан, бірақ түрлері бір болады. Динамикалық жүктемелерді қабылдайтын ауыр фермалар (теміржол көпірлерінің, крандардың фермалары) кейде тойтармалы етіп жобаланады. Заманауи ауыр фермалар әдетте түйіндері жоғары берікті бұрандамен жасалған дәнекерленген сырықтардан құралымданады.

Бақылау сұрақтары

1. Фермалардың қолдану саласын атаңыз.
2. Статикалық сұлбасы бойынша фермалар қалай жіктеледі?
3. Белдеулерінің көрінісі бойынша фермалар қалай жіктеледі?
4. Керегеторының түрі бойынша фермалар қалай жіктеледі?
5. Фермалардың құрылыстық көтермесі не үшін керек.
6. Шпренгельді керегетор не үшін қолданылады?
7. Итарақалық фермалар аралығының және панелінің модулі қаншаға тең?
8. Ферманың түйіндік күшін анықтайтын формуланы жазыңыз.
9. Ферманың сығылған сырығының есептік ұзындығы қалай анықталады?
10. Ферма сығылған сырығының шеткі иілгіштігі қаншаға тең?

II Б Ө Л І М
БІР ҚАБАТ ӨНДІРІС ҒИМАРАТТАРЫНЫҢ ҚҰРАЛЫМДАРЫ

9. ӨНДІРІС ҒИМАРАТТАРЫ ҚҰРАЛЫМДАРЫН ЖОБАЛАУЫНЫҢ НЕГІЗГІ МӘСЕЛЕЛЕРІ

9.1. Өндіріс ғимараттар қаңқаларының жалпы сипаттамасы

Ғимараттың қоршаушы құралымдар массасының жүктемесін, атмосфера жүктемесін, кранның және әртүрлі технологиялық жабдықтардың жүтемесін қабылдап іргетасқа жеткізетін көтергіш құралымдар ғимарат қаңқасын құрайды.

Қоршаушы құралымдарға жаппа, қабырғалық панельдер, терезе жақтаулары және с.с. жатады; қардың, желдің жүктемелері атмосфера жүктемелері болып табылады.

Өнеркәсіп өнімдері өндіріс ғимараттарында немесе цех деп аталатын арнайы ғимараттарда өндіріледі. Олар көпірлік немесе аспалы крандармен жабдықталады. Көпірлік крандар ұстындарға тірелген арнайы жолдар үстімен, ал аспалы крандар төбежабын элементтеріне асылған жолдар үстімен жүреді.

Өндіріс ғимараттары бір қабатты және көп қабатты болулары мүмкін. Олардың ішінен бір қабатты өнеркәсіптік ғимараттары кең таралғаны болып табылады. Оларға көпірлік крандармен жабдықталған металлургиялық, машина құрлыстық, жеңіл және басқа өнеркәсіп саласындағы ғимараттар жатады. Мұндағы крандар цехтың барлық алаңы бойынша толығымен қызымет атқара алады. Бұл жағдай әртүрлі өндіріс үрдістерін ұйымдастаруға қолайлылық береді.

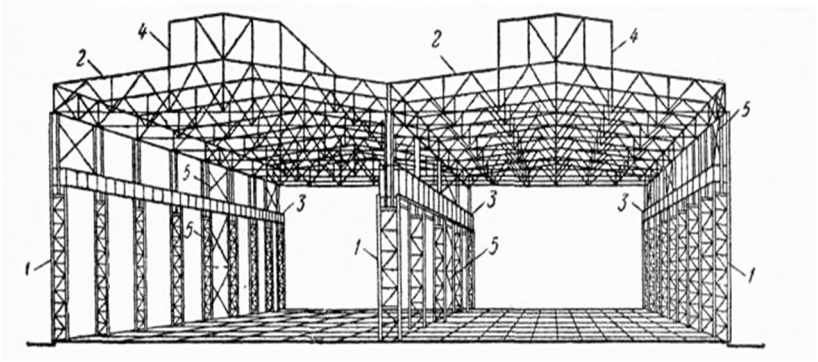
Ғимараттың көлеміне, крандардың жүк көтергіштігі мен жұмыс ережесіне, құрылыстың жағдайы мен мезгіліне байланысты ғимарат қаңқасы болаттан немесе темірбетоннан жасалады. Сондай-ақ ғимараттың жабын құралымдары мен кранасты арқалықтары болаттан, ал ұстындары темірбетоннан жасалған, аралас қаңқалар да кең таралып жүр.

Қай нысан болса да жобалау кезінде көтергіш және қоршаушы құралымдардың материалдарын таңдап алу маңызды техника-экономикалық мәселе болып табылады.

Көп жағдайларда өндіріс ғимараттарының көтергіш құралымдарын болаттан жасау техникалық және экономикалық жақтарынан орынды болып келеді. Сондықтан заманауи өнеркәсіп құрылысында болат қаңқалары кең таралып келеді.

Қаңқаның негізін көлденең рама құрайды. Ол іргетасқа қысып бекітілген ұстыннан және ұстындарға топсалы немесе қысып бекітілген ригельдерден (итарқалық фермалардан) тұрады. Көлденең бағытта ұстынның кран үсті бөлігінің осьтері арасындағы қашықтық ғимараттың аралығы деп аталады. Өндіріс ғимараттары бір немесе көп аралықты болып кездеседі.

Ғимарат бойындағы рамалар арасындағы қашықтық рамалардың адымы деп аталады. Ұзына бойында рамаларға кранасты арқалықтар, жабынның көтергіш элементтері, жарық аэрациялық немесе аэрациялық фонарьлар тіреледі.



9.1-сурет. Екі аралықты өндіріс ғимараты болат қаңқасының құралымдық сұлбасы

1 – ұстындар; 2 – итарқалық фермалар; 3 – кранасты арқалықтар; 4 – жарықаэрациялық фонарьлар; 5 – ұстын бойындағы байланыстар

Қаңқаның және оның жеке элементтерінің қатаңдылығы мен орнықтылығы байланыс жүйесімен – (ғимарат бүйіріне жел және кранның бойлай тежеу күштер әсерінің бойлық күштеулерін

қабылдайтын) ұстындар бойындағы тік байланыстары және (жабын құралымдарының орнықтылығын қамсыздандыратын) ғимарат шатырының горизонталды мен тік байланыстары арқылы қамтамасыз етіледі.

Ғимарат қаңқасының элементтеріне қоршаушы құралымдар бекітіледі. Рама ригельдерінің және фонарьдың үстеріне ірі панелді немесе (сырғауыл үстіне) майда өлшемді жабын тақталары төселінеді. Қабырғаларды, терезе жақтауларын, қақпаларды сүйеу үшін қабырға қаңқасының элементтері (фахверктер) орнатылады, олар да рамаларға бекітілуі тиісті.

9.2. Өндіріс ғимараттарының қаңқасына қойылатын негізгі талаптар

Өндіріс ғимараттарын жобалаған кезде эксплуатациялық талаптарын және экономикалық факторларын есепке алу керек.

Эксплуатациялық талаптар

Көпірлі крандардың эксплуатациялық жұмыс ережесін, цех ішіндегі ортаның агрессивтігін және жоғары температуралық әсерлерін есепке алу эксплуатациялық талаптарға жатады.

Ғимарат қаңқасының жұмысына крандардың әсерлелері үлкен ықпалын тигізеді. Кранның әсерлері динамикалық, көп қайтармалы және шамасы үлкен болып келеді. Сондықтан олар қаңқаны, әсіресе кранасты арқалықтарды ерте тозуына және зақымдалуына келтіреді.

Кран жұмысының ережесі, жұмыс қарқындылығына байланысты, 8 топқа (1К….8К) бөлінеді. Олар негізінде келесі еселеуіштер арқылы анықталады:

а) жүк көтергіштігін пайдалану бойынша еселеуіші

$$K_{гр} = \frac{Q_{ор}}{Q_{кр}},$$

мұндағы $Q_{ор}$ – кранмен көтеретін жүктің орташа салмағы; $Q_{кр}$ – кранның жүк көтергіштігі;

б) жылдық пайдалану еселеуіші $К_г$= жыл ішіндегі жұмыстық күндердің саны / 360;

в) тәулік ішінде пайдалану еселеуіші $К_с$= тәулік ішінде жұмыс жасау сағатының саны / 24;

г) кран қозғалтқышын қосуының салыстырмалы ұзақтығы ПВ = механизмнің цикл аралығында жұмыс жасау сағатын ·100 / циклдің толық уақыты;

д) сағат ішінде механизмді қосу саны (орташа смена ішінде).

Жұмыс ережесінің тобы 1К крандарының пайдалану еселеуіштерінің шамасы төмен және жүк көтергіштігі шамалы болады. Жұмыс ережесінің тобы жоғарылаған сайын пайдалану еселеуіштері де көбейе береді, соңғы 8К тобында барлық еселеуіштердің сандық сипаттамалары бірлікке жақындайды.

Цех ішіндегі орта

Ғимараттың құрылыстық құралымдарының жұмысына цех ішінің ортасы үлкен әсерін тигізеді. Болат құралымдарға цех іші ортасының агрессивтік әсерінің дәрежесі, ортаның агрессивті газбен шоғырлануына және ылғалдылығына байланысты, металдың коррозиялық зақымдалу жылдамдығымен (мм/жыл) анықталады. Агрессивті ортасы бар ғимараттарды жобалаған кезде, тазалауға және бояуға қол жетерліктей, тегіс, ашық элементтерді қолданған жөн.

Кейбір ғимараттарда, әсіресе металлургия өндірісінің ғимараттарында, болат құралымдар жоғары жылулықтардың әсерлеріне ұшырайды. Болат құралымдарды 100-150 °С-ден жоғары қыздырған кезде олардың лак-бояу жабыны бүлінеді, 200-300 °С-ден жоғары қыздырғанда элементтері майысып кішірейеді (бүрсиеді), 400-500 °С-дан жоғары қыздырған кезде болаттың беріктік қасиеттері төмендеп кетеді.

Мұндай ғимараттардың металл құралымдарын жобалаған кезде құралымдарды тым қызып кетпеуі үшін оларды кірпішпен немесе ыстыққа төзімді бетонмен футеровкалау, ыстыққа берік кірпішпен қаптау немесе басқа арнайы қорғау шараларын қарастыру керек.

- 40 °С-ден - 65 °С-ге дейінгі төмен температура кезінде пайдаланылатын ғимараттарды жобалаған кезде, болаттың морт қырауын болдырмау үшін, құралымдар тек серпімді кезеңі бойынша есептеледі, жабыны бойынша қосымша байланыстар

қарастырылады, температуралық бөліктердің өлшемдері кішірейтіледі, болаттың сәйкес келетін маркалары таңдалынады.

Жарылыс қауіпі бар өндірістік ғимараттардың қаңқасын жобалағанда, жарылыс болған кезде қаңқасын толығымен қиратпай, құралымдардың бөлшектерін «лақтырып тастайтын» мүмкіншілігін қарастыру керек. Жауаптылығы бойынша өндіріс ғимараттары, $\gamma_n = 0,95$ сенімділік еселеуішімен, екінші деңгейге жатады. Тек ТЭЦ-тің және АЭС-тің негізгі ғимараттары ғана бірінші деңгейге қарайды, оларда γ_n еселеуіші 0,95-тен жоғарылау, бірақ 1,2-ден аспайтындай етіп белгіленген.

Экономикалық факторлары

Экономикалық факторларына ең алдымен материал құнының, құралымдарды әзірлеуінің, тасымалдауының және жинақтауының шығындары кіреді.

Құрылыс мерзімін қысқартып, өнімдерін ертерек өндіре бастаудан алатын күшті әсері, сонымен қатар имаратты қызмет атқару мерзімі бойынша әдеттегі жағдайын сақтауға жұмсалатын шығындары да есепке алынады. Бұл факторлар өте күрделі, кейде бір-біріне қарама-қарсы келеді (мәселен, металл шығыны мен құралымдарды әзірлеу кезіндегі еңбек сіңірімділігі). Сондықтан ғимараттың құралымдарын жобалаған кезде, барлық жағдайларын қанағаттандыратын, оңтайлы техникалық-экономикалық шешімін табу керек.

9.3. Өндіріс ғимараттарының болат қаңқаларын қолдану саласы

Ғимарат қаңқасы үшін материалды таңдап алу мәселесі (металл ма, темірбетон ба немесе аралас па), экономикалық факторларын ескере отырып ғимараттың пайдалану талаптарына сүйене шешу керек. Ертеректе болат қаңқаларын қолдану саласы ТП 101-81-де (Негізгі құрылыс материалдарын үнемді жарату бойынша техникалық ережеде) белгілеген болатын.

Пайдалану талаптарына байланысты металды қаңқа әсіресе жұмыс ережесінің тобы 8К краны бар ғимараттар үшін орынды келеді. Себебі үлкен және үздіксіз қайталанатын динамикалық әсерлер жағдайында металл құралымдар ең сенімдісі болып табылады.

Сондай-ақ мәңгі мұздап қатқан немесе шөкпелі топырақтарда ғимараттарды тұрғызған кезде металл қаңқаларын қолданған жөн. Өйткені ғимаратты пайдаланған кезінде іргетастары біркелкі шөкпеуі мүмкін, мұндай жағдайда болат құралымдар басқаларына қарағанда жақсырақ жұмыс жасайды.

Өндіріс ғимараттарын жетуге жолы қиын аймақтарда (тауда немесе шөл далада) тұрғызғанда және сейсмо қауіпті аудандағы биік ғимараттар үшін де болат қаңқалары ерекше ұтымды болып саналады. Және де болат құралымдарын қолдануы ғимараттардың құрлыс мерзімін қысқартуға мүмкіндік береді.

Әдеттегі жағдайларда металл қаңқаларды едәуір биік ғимараттарда (еденнен итарқалық фермалардың астына дейінгі қашықтық 18 метрден кем емес кезінде); ұстындар адымы үлкен ($B \geq 12$ м); ауыр крандары бар ($Q_{кр} \geq 50$ т) ғимараттарда, ал кранның жұмыс ережісінің тобы 8К кезінде – көтергіштік қабілеті қанша болса да; крандары екі яруста орналасқан жағдайда қолдану керек.

Аралас қаңқаларды аралықтары 30 м кем емес және крандарының жүк көтергіштігі 30 т дейін; аспалы көліктерінің жүк көтергіштігі 5,0 т кем емес; есептік сейсмикалығы 9 балл және аралығы 24 м кем емес кездерде қолданған орынды. Мұндай қаңқалардың итарқалық фермалары мен итарқасы фермалары болаттан, ал ұстындары темір бетоннан жасалады.

Қалған жағдайларда қаңқасы темірбетоннан болуы мүмкін, бірақ кранасты арқалықтарды (жүк көтергіштігі 32 т аспайтын жұмыс ережесінің тобы 5К, 6К крандардың астындағы арқалықтардан басқасы) әйтсе де болаттан жасаған жөн.

Барлық жағдайларда қаңқа құралымының материалын таңдап алудың негізгі белгісі болып табылатыны – нұсқалық жобалаумен анықталатын, бағалық көрсеткіштері.

9.4. Көлемдік-жоспарлық параметрлерін унификациалау

Типтеудің негізгі шарты болып табылатыны модульдік принцип, яғни элементтердің өлшемдестігі, олардың модуль деп аталатын белгілі шамаға еселілігі. Барлық құрылыс

құралымдарының көлемдік-жоспарлық және құралымдық шешімдері үшін 10 см-ге тең негізгі модуль «М» белгіленген.

Құралымдарда қолданылатын өлшем түрлерінің санын қысқарту мақсатымен, яғни унификациялау үшін жеке көлемдік-жоспарлық және құралымдық өлшемдері үшін 2М, 3М, 6М, т. б. тең іріленген модульдер белгіленген. Мысалы, бір қабатты өндірс ғимараттардың негізгі жоспарлық өлшемдері үшін (аралықтарына, ұстындар адымына) іріленген модуль 60М белгіленген. Сондықтан ғимараттардың аралықтары 18 м, 24 м, 30 м, 36 м, т. б; сыртқы ұстындар адымы 6 м, 12 м, керегі болса одан да көбірек (бірақ 6 м-ге еселі) қабылданады. Ғимараттардың пайдалы биіктігі (таза еден белгісінен жабын құралымының астына дейін) 6М – 60 см-ге еселі етіп қабылданады. Қоршаушы құралымдардың (қабырғалық панельдердің, терезелердің, қақпалар ойығының) биіктік өлшемдері де осы модульге еселі. Фонарьлардың ені іріленген модульге 60М-ға еселі етіп қабылданады – 6 немесе 12 м.

Бақылау сұрақтары

1. Өндіріс ғимараттардың қоршаушы құралымдарына нелер жатады?
2. Атмосфералық жүктемелерді атаңыз.
3. Өндіріс ғимарат қаңқасының негізін не құрайды?
4. Ғимараттың аралығы деген не?
5. Раманың адымы деген не?
6. Өндіріс ғимараттарының қаңқасына қойылатын эксплуатациялық талаптарын атаңыз.
7. Кран жұмысының ережесі қалай анықталады?
8. Экономикалық факторларға не кіреді?
9. Металды қаңқаны қандай жағдайларда қолданған орынды?
10. Көлемдік-жоспарлық параметрлерін унификациалау не үшін керек?
11. Негізгі модуль «М» қаншаға тең?

10. ҚАҢҚАНЫҢ ҚҰРАЛЫМДЫҚ СҰЛБАСЫН ҚҰРАСТЫРУ

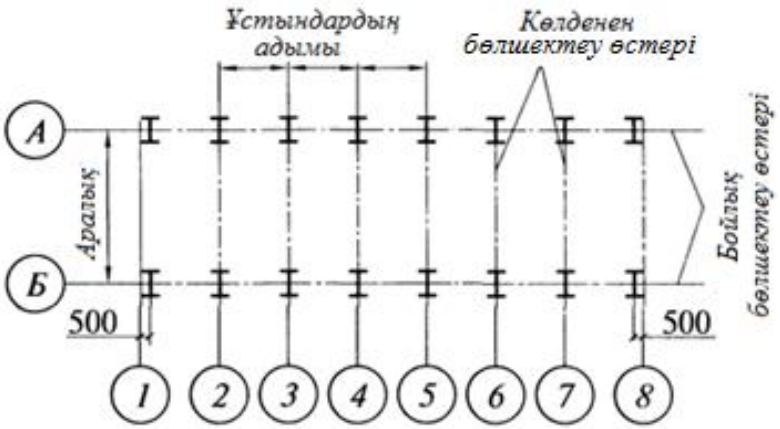
10.1. Ұстындар торын бөлшектеу

Ұстындардың жоспарда орналасуы технологиялық жабдықтың габаритімен, оның орналасуы және жүк ағынының бағытымен сәйкес келуі керек. Ұстындар астындағы іргетастардың өлшемдері жер астындағы имараттардың (жұмыстық агрегаттар астындағы іргетастардың, боровтардың, коллекторлардың, т. б) орналасуымен және оның габариттерімен қиыстырылады. Сондай-ақ келешекте технология үрдісінің өзгеруін және соған байланысты агрегаттар габаритінің үлкеюін ескеру керек. Бұл жағдай ұстындардың іріленген торын тағайындау жөнді екендігіне келтіреді.

Ұстындарды орналастырған кезде цех қаңқасының болғанынша үлкен қатаңдылығын тудыру маңызды технологиялық талап болып табылады. Бұл талап крандарды әдеттегі жағдайда пайдалану және қоршаушы құралымдарды сақтау үшін қажет. Сондықтан жоспарда ұстындарды орналастырған кезде көп аралықты ғимараттардың көтергіш ұстындарын бір көлденең осьте орналастырып, көлденең раманың құрамына еңгізуге тырысу керек.

Жоспарда өнеркәсіп ғимараттарының ұстындары бөлшектеу осьтерінің модульді торы бойынша орналастырылуы тиіс. Өнеркәсіп ғимараттарын унификациялау талаптары бойынша аралықтары мен ұстындар адымы 60 М-ға, яғни 6 м-ге еселі етіп қабылданады. Бір аралықты ғимараттар ұстындарының адымы, сондай-ақ көп аралықты ғимараттардың шеткі қатарындағы ұстындарының адымы технологиялық жабдықтарының орналасуына қарамай 6 немесе 12 м-ге тең етіп қабылданады. Шеткі ұстындардың адымын (6 немесе 12 м) тағайындау мәселесі нұсқаларын салыстыру арқылы шешіледі.

Ғимараттың бүйір жағында, стандартты қоршаушы тақташалармен немесе панельдермен ғимарат бұрыштарын өңдеуін ыңғайлату үшін, ұстындар әдетте бөлшектеу өсінен 500 мм-ге жылжытылады (10.1-сурет).



10.1-сурет. Бір аралықты ғимараттың ұстындарын орналастыру

Көп аралықты ғимараттарда ішкі ұстындарының адымы, технологиялық талаптарға байланысты, көбінде үлкендеу және сыртқы ұстындар адымына еселі етіп қабылданады.

Жоспарында ғимараттардың өлшемдері үлкен болған кезде, температураның өзгеруінен қаңқаның элементтерінде қосымша үлкен кернеулер пайда болуы мүмкін. Сонықтан қажетті жағдайларда ғимараттар көлденеңдік және бойлық температуралық жіктермен жеке отсектерге бөлінеді.

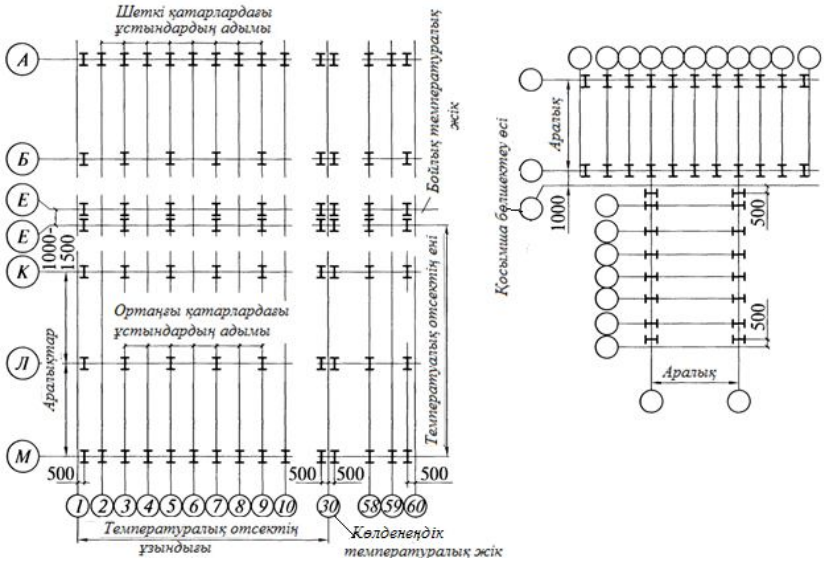
Жобалау нормаларымен температуралық отсектердің шекті өлшемдері белгіленген. Сол өлшемдер сақталған кезінде ауа райы температурасының әсерін есепке алмауға болады. Көлденең температуралық жіктерді құрастыру үшін, кең таралған тәсілінде, ғимараттың бөлінетін жеріне, бір-бірімен ешқандай бойлық элементтер арқылы байланыспайтын, екі көлденеңдік рамалар қойылады. Олардың ұстындары бөлшектеу осінің әрбір жағына, ғимараттың бүйір жағындағы сияқты 500 мм-ге жылжытылады (10.2-сурет).

10.1-кесте

Ғимараттар температуралық блоктарының шекті өлшемдері метрмен

Ғимараттың сипаттамасы	Болат қаңқа	
	ғимаратты бойлай блоктың ұзындығы	ғимаратқа көлденең блоктың ені
Жылытылатын	230 (160)	150 (110)
Жылытылмайтын және ыстық цехтар	200 (140)	120 (90)

Ескерту. Жақшаның ішіндегі өлшемдер сыртқы ауаның қысқы есептік температурасы - 40°С-ден - 65°С-ге дейінгі арасында пайдаланатын ғимараттар үшін берілген.



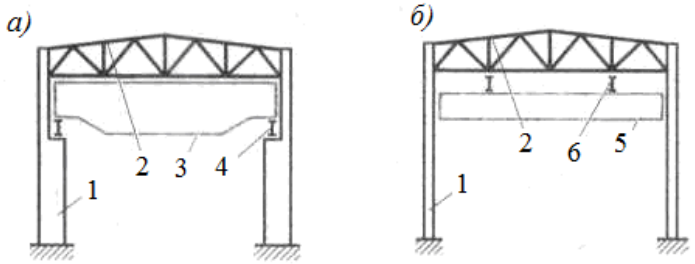
10.2-сурет. Көп аралықты ғимараттардың ұстындарын орналастыру

Бойлық температуралық жіктер көп аралықты рамаларды екі немесе одан да көбірек өздігіншелерге бөлу арқылы немесе көлденең бағытта ригельдің біреуі немесе екеуі де жылжымалы тіркелетін етіп шешіледі. Шешімнің бірінші түрінде қосымша ұстындар қойылып,

негізгі осьтен 1000 немесе 1500 мм қашықтықта қосымша бөлшектеу осі қарастырылады (10.2-сурет).

10.2. Көлденең рамалардың сұлбалары

Өндіріс ғимараттарының металл қаңқалары үшін рамалар көлденең құралымдарының негізгі түрі болып табылады. Рамалар тұтас немесе өтпе қималы, іргетасқа қатаң қысып бекітілген тағандардан және итарқалық фермалар түріндегі ригельдерден тұрады. Тұтас қималы ригельдерді өтпелісімен салыстырғанда біршама артықшылықтары бар – олардың әзірлеу кезіндегі еңбексіңірімділігі төмендеу, тасымалдауы жеңілдеу келеді және де құрлыстық биіктігінің аздығы қабырғалар биіктігін біраз төмендетуге және ғимарат көлемін кішірейтуге мүмкіндік береді. Бірақ металл шығыны бойынша көрсеткіштері өтпелісіне қарағанда нашарырақ болғандықтан олар сирек қолданылады.



10.3-сурет. Өндіріс ғимарат қаңқасының көлденеңдік рамалары:
а – көпірлі кранды; б – аспалы кранды; 1 – ұстындар; 2 – ригельдер (итарқалық фермалар); 3 – көпірлі кран; 4 – кранасты арқалықтар; 5 – аспалы кран; 6 – аспалы кранның жолдары

Ұстындар мен ригельдердің түйістері қатаң және топсалы болуы мүмкін.

Қатаң түйіс, көпірлі крандардың едәуір горизонталды әсері бар, әсіресе олардың жұмыстық ереже тобы 7К, 8К кезінде және де үлкен динамикалық әсерлермен сипатталатын, қатаң ілмелі крандармен жабдықталған бір аралықты ғимараттарда тиімді.

Ұстындар мен ригельдердің топсалы түйісін әдетте, горизонтальды қатаңдығы көбірек, көпаралықты рамаларда пайдаланады. Мұндай түйіс әсіресе, көршілес аралықтардың биіктігі бірдей кезінде, ригельдердің ұстындармен қосылу тораптарында тиімді,

себебі қатаң түйіскен кезде тірек моменттерін жеткізу біршама құралымдық қиындықтармен шешіледі.

Металл немесе аралас қаңқалы ғимараттарда типтік фермаларды кеңірек пайдалану көзқарасы бойынша, ригельдің ұстынмен топсалы түйісуін өндіріске кеңінен еңгізген жөн. Ригельдьдің ұстынмен қатаң қосылған кезінде рамалық моментін есепке алу өте күрделі келеді. Ол әр жобаланатын ғимарат үшін жеке есептеп табылады. Осыған байланысты мұндай рамалардың типтік фермалары өңделмеген.

Осы күнгі өндіріс ғимараттары рамаларының сұлбасы көбінде едәуір күрделі болып келеді. Ғимараттың арналуына байланысты қазіргі өндіріс ғимараттары бір аралықты және көп аралықты; ригельдері бір деңгейде немесе әр түрлі деңгейлерде болуы мүмкін.

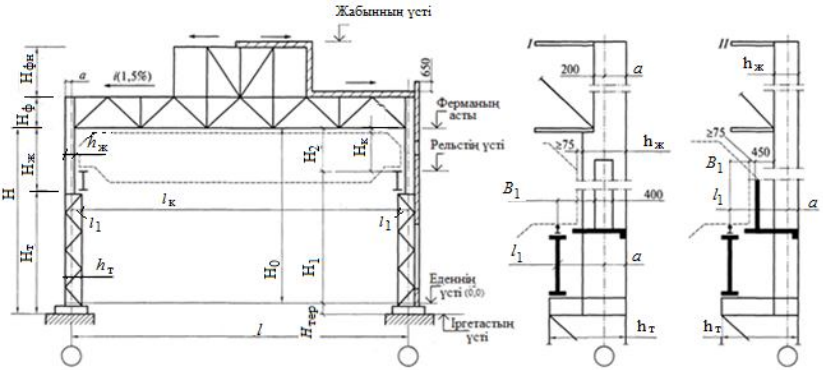
Аралықтарының биіктігі әртүрлі көп аралықты цехтар түйіндерінің бір жартысы қатаң, екінші жартысы топсалы етіп жобалануы мүмкін.

Аралықтары 12-24 м үй биіктігі 5-8 м көпірлі крансыз және кранның жүк көтергіштігі 20 т-ға дейін бір және көп аралықты ғимараттар үшін тұтас рамалық қаңқалар пайдаланылады. Бұл қаңқалар топсасыз, үш топсалы және үш топса мен тартпалы жүйелер түрінде әзірленеді.

10.3. Көлденең раманы құрастыру

10.3.1. Бір аралықты раманы құрастыру

Көлденең раманың құрастыруы рама жазықтығындағы құралымдар элементтерінің негізгі габариттік өлшемдерін белгілеуден басталады. Тік бойындағы өлшемдерін, еден белгісін нөлдік етіп қабылдап, соған байланыстырады. Ал, горизонталды бағытындағы өлшемдері ғимараттың бойлық осьтеріне байланыстырылады. Барлық өлшемдері унификациялау жағдайларының негізіне сәйкес қабылданады.



10.4-сурет. Бір аралықты ғимарат көлденең рамасының сұбасы

Ғимараттың тік өлшемдері өндіріс технологиясының жағдайына байланысты. Олар еден деңгейінен кран рельсінің басына дейінгі H_1 және кран рельсінің басынан жабынның көтергіш құралымдарының төменгі жағына дейінгі H_2 арақашықтарымен анықталады. H_1 мен H_2 өлшемдерінің қосындысы цехтың пайдалы биіктігін H_0 анықтайды.

Алдымен тік өлшемдерін белгілеген жөн. H_2 өлшемі көпірлі кранның биіктігіне байланысты белгіленеді:

$$H_2 = (H_к + 100) + f,$$

мұндағы $H_к$+100 – рельс басынан кран арбашасының жоғарғы нүктесіне дейінгі габариттік өлшем плюс, қауіпсіздік техникасы талаптарымен белгіленген, сол нүкте мен құрлыс құралымдары арасындағы 100 мм-ге тең саңлау; f – жабын құралымдарының (фермалардың, байланыстардың) майысымын ескеретін өлшем. Ол аралық өлшеміне байланысты 200-400 мм арасында қабылданады (үлкен аралықтар үшін-үлкен шама).

Көпірлі крандардың габариттік өлшемдері стандарттарда және зауыт каталогтарында берілген.

Ақырғы H_2 өлшемі 2М – 200 мм-ге еселі етіп қабылданады.

Сонан соң еден деңгейінен итарқалық ферманың астына дейінгі цехтың биіктігі, яғни цехтың пайдалы биіктігі H_0 белгіленеді:

$$H_0 = H_2 + H_1,$$

мұндағы H_1 – технология үрдісінің жағдайы бойынша берілетін кран рельсі басының ең кіші белгісі (кран ілгегін еден деңгейінен жоғары көтеру биіктігіне байланысты).

«Унификациялаудың негізгі жағдайлары» бойынша H_0 өлшемі 10,8 м биіктікке дейін 1,2 м-ге, ал одан биіктеу кезінде 1,8 м-ге еселі етіп (8,4; 9,6; 10,8; 12,6; 14,4; 16,2; 18 м) қабылданады. Кей бір кездерде H_0 өлшемін 0,6 м-ге еселі етіп алынады. Егер цехтың биіктігін үлкейту керек болса, онда H_2 өлшемін минималды қажеттісімен қалдырып, рельс басының белгісін өзгерту, яғни көтеру керек

$$H_1 = H_0 - H_2.$$

Осыдан кейін ұстынның жоғарғы $H_ж$ және төменгі $H_т$ бөліктерінің өлшемдері анықталады. Ұстынның жоғары бөлігінің биіктігі

$$H_ж = h_a + h_p + H_2,$$

мұндағы h_a – кранасты арқалықтың биіктігі, ол шамалап арқалық аралығының (ұстындар адымының) 1/8...1/10-не теңестіріп қабылданады; h_p – кран рельсінің биіктігі, ол алдын ала 200 мм-ге тең етіліп қабылданады. $H_ж$ кранасты арқалықты есептегеннен кейін ақырғы рет анықталады.

Ұстынның төменгі бөлігінің өлшемі

$$H_т = H_0 – H_ж + H_{тер.},$$

мұндағы $H_{тер}$= (600...1000) мм – еденнің нөлдік белгісінен төмен ұстын түптабаны тіректік тақтасының тереңдетілуі.

Ұстын түптабанының астынан ригельдің астыңғы жағына дейінгі ұстынның жалпы биіктігі

$$H = H_ж + H_т.$$

Ригельдің тірегіндегі ұстынның биіктігі $H_ф$ итарқалық ферманың қабылданған құралымына байланысты. Еңкіштігі i = 1,5 % төсемі рулонды типтік итарқалық фермаларда аралығы ℓ = 30; 36 м кезінде $H_ф$ = 3150 мм, аралығы ℓ = 24 м болса, онда $H_ф$ = 2250 мм.

Егер ғимараттың үстінде жарық аэрациялық немесе аэрациялық фонарьлары бар болса, онда олардың биіктігі $H_{фн}$ жарық-техникалық немесе жылу-техникалық есептеумен унификациялау талаптарын есепке алып анықталады. Фонарь төсемінің еңкіштігі ғимарат төсемінің еңкіштігімен бірдей етіп қабылданады.

Осыдан кейін горизонталь бойындағы негізгі өлшемдері белгіленеді. Үстын сыртқы қырының ұстын осіне байлау өлшемі «*а*» нөлдік, 250 мм немесе 500 мм болуы мүмкін. Нөлдік байлауы көпірлі крандары жоқ ғимараттарда, сондай-ақ жүк көтергіштігі 30 т дейінгі крандармен жабдықталған, биіктігі шамалы ғимараттарда қолданылады.

Крандарының жүк көтергіштігі 100 т және одан да көбірек өте биік ғимараттар үшін, сонымен қатар крандарының жұмыстық ереже тобы 8К ғимараттары үшін, егер ұстынның жоғарғы бөлігінде өтпе ойығы жасалатын болса, онда байлау өлшемі a = 500 мм қабылданады. Қалған жағдайларда a = 250 мм.

Сатылы ұстынның жоғарғы бөлігі қимасының биіктігі $h_ж$ қажетті қатаңдылық шарты бойынша $(1/12)H_ж$-дан кем болмауы керек. Көп жағдайларда ұстынның ені $h_ж$ 500 немесе 1000 мм-ге теңестіріп қабылданады, бұл кезде ұстынның осі қиманың ортасында орналасады.

Жұмыс ережесінің тобы 8К краны бар ғимараттар қаңқасында, кранасты жолдарын бойлай жұмысшының қауіпсіз өтуі үшін, ұстынның жоғарғы бөлігінің қабырғасында ойық жасалады, немесе ұстынның ішкі қырынан көпірлі кранның шетіне дейін бос кеңістік қалдырылады. Бірінші жағдайда ұстынның жоғарғы бөлігі қимасының биіктігі $h_ж$ шамамен 1000 мм болуы керек, себебі өтуге арналған ұстын қабырғасындағы ойықтың ең кіші өлшемдері ені бойынша 400 мм және биіктігі бойынша 2000 мм белгіленген.

Кран цехтың бойымен жүрген кезінде ұстынға тимеуі үшін, кранасты арқалықтың осінен ұстын осіне дейінгі қашықтық (ℓ_1 өлшем) мынадан кем болмауы керек

$$\ell_1 \geq B_1 + (h_ж - a) + (60\ldots75) \text{ мм},$$

мұндағы B_1 – крандардың ГОСТ-ы бойынша қабылданатын, рельс осінен асып тұратын кран көпірі бөлігінің өлшемі; $h_ж - a$ ұстынның осінен оның жоғарғы бөлігінің ішкі қырына дейінгі қашықтық; 60 ÷ 75 мм – қауіпсіздік талаптары бойынша крандардың ГОСТ-пен қабылданатын кран мен ұстын арасындағы саңылау.

Өтпені ұстынның сыртынан жасаған кезде ℓ_1 өлшемге тағы 450 мм қосылады (400 мм өтпенің өлшемі + 50 мм қоршауға).

Крандар $\ell_к$ аралығының модулі 500 мм болғандықтан, ℓ_1 өлшемі 250 мм-ге еселі болуы керек. Осыған байланысты:

- жүк көтергіштігі 50 т дейінгі крандар үшін ұстынның кранүсті бөлігінде өтпелер жоқ кезінде ℓ_1 = 750 мм;

- жүк көтергіштігі 50 т-дан көбірек крандар үшін өтпелер жоқ кезінде ℓ_1 =1000 мм;

- кейбір арнайы және өте ауыр крандар үшін, сонымен қатар ұстынның сыртында өтпе болған кезде ℓ_1 = 1250 мм немесе одан да көбірек.

Ұстынның төменгі бөлігінің ені $h_т$ крандардың жүк көтергіштігіне және ғимараттың биіктігіне байланысты тағайындалады. Кранасты арқалықтың осі ұстынның кранасты тармағының осімен әдетте беттестіріледі. Бұл жағдайда ұстынның төменгі бөлігінің ені

$$h_т = \ell_1 + a.$$

Көлденең бағытта цехтың қатаңдылығын қамтамасыз ету шартынан ұстынның төменгі бөлігі қимасының биіктігі $h_т$ әдеттегі өндіріс ғимараттарында (1/20) Н-тан және жұмыс ережесінің тобы 8К ғимараттарында (1/15) Н-тан кем болдырмай тағайындалады.

Ұстынның жоғарғы бөлігінің қимасы әдетте тұтас, қоставр түрінде жобаланады. Оның төменгі бөлігі, ені 1 м-ге дейінгі кезінде, тұтас етіп қабылданады, ал ені көбірек болған кезде өтпелі қима үнемділеу келеді.

Кранының жүк көтергіштігі шамалы жеңіл өндіріс ғимараттары үшін кейде қимасы тұрақты ($h_ж$= $h_т$) өтпелі немесе тұтас ұстындар қолданылады. Мұндай ғимараттардың кранасты арқалықтары ұстын консольдарына орналасады, бұл жағдайда ұстынның ені (1/25)Н-тан кем болмауы керек.

Ғимараттың ℓ аралығы мен кранның $\ell_к$ аралығының байланысы

$$\ell = \ell_к + 2\ell_1,$$

мұндағы ℓ_1 – ұстын осі мен кранасты арқалықтың осі арасындағы қашықтық.

10.3.2. Көп аралықты рамаларды құрастыру

Қаңқаның құралымын барынша типтеуге жеткізу үшін көп аралықты көлденең раманың барлық аралықтары тең және биіктіктері бірдей болғаны дұрыс.

Өндіріс технологиясының жағдайы бойынша тең аралықтар үнемі қолайлы бола бермейді. Онда олардың өлшем санын болғанынша азайтуға тырысу керек (10.5, *а*-сурет).

Барлық аралықтарда типтес итарқалық фермаларды қолдану унификациялау талаптарына сәйкес келеді. Әртүрлі аралықтарындағы

итарқалық фермалардың тіректік тағандары биіктігінің теңдігі фермалардың ұстындармен және төсемнің қоршаушы элементтерімен қосылу құралымын унификация-лауға мүмкіндік береді.

Көбінесе ғимараттар жазық төсемімен және ішкі суағарымен жобаланады. Кейде ішкі суағар технологиялық үрдісінің жағдайы бойынша пайдалануға жарамайды (мәселен, болат балқытатын цехтар үшін). Мұндай кездерде екі еңісті төсемдер қолданылады (10.5, *б*-сурет).

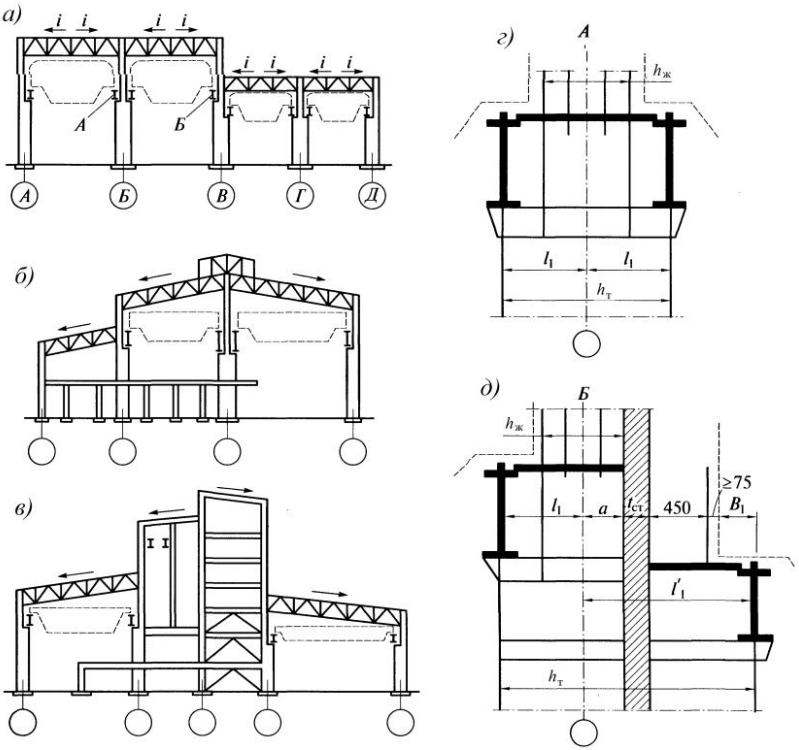
Жылытылмайтын ғимараттар үшін суды сырттай бұрып кетірген жөн. Екі еңісті жабындардың қолдануын ені 70-80 м ғимараттармен шектеу керек. Себебі ені үлкен өндіріс ғимараттарын ондай жабынмен жабу бірқатар қиындықтарға келтіреді (төсем материалдарының пайдалану мерзімі қысқарады, аэрациялау жағдайлары төмендейді, жабын шатыржал бөлігінде көтерілгенінің арқасында ғимараттың көлемі көбейеді).

Көп аралықты ғимараттардың жеке аралықтарында пайдалы биіктігінің әртүрлі болуы, көршілес аралықтардағы өндіріс жағдайларының түрлі сипаттылығына байланысты. Өндірістік жылу және газ көбірек бөлінетін мұндай ғимараттарда биіктігі бойынша құламасы аэрациясының тиімділігін көтеру үшін пайдалануға мүмкіншілік туғызады. Жарықтандыру жағдайлары кейбір кездерде, көршілес аралықтар биіктіктерінің құламасын, бүйір жағынан қосымша жарық түсіру үшін пайдалануға мәжбүр етеді.

Сонымен, көршілес аралықтарының биіктігі әртүрлі көп аралықты рамалардың құралымдық сұлбасын құрастырған кезде осы аралықтарда бір немесе еңісті жабындарды қолдану мәселесін шешу керек болады. Шеткі шамалы аралықтары үшін бір еңісті жабын ең қарапайымдысы болып табылады (10.5, *б*-сурет).

Үлкендеу көршілес аралықтар үшін ішкі суағарын ұйымдастыруға мүмкіншілік бар болған кезде екі еңісті фермалар орынды келеді (10.5, *а*-сурет). Ішкі суағарын ұйымдастыруға мүмкіншілік жоқ болған жағдайда бір еңісті жабын қолданылады. Жабынның еңкіштігін таңдауға төсемнің түрі әсерін тигізеді. Жабыны рулонды болған кезінде көбінесе жалпақ жабындар (i = 1,5 %) жобалады.

Көп аралықты рамаларды құрастырған кезде көлемді-жоспарлық шешімдерін барынша унификациялау үшін бірнеше ұсыныстар мен ережелер белгіленген. Ғимарат жоспарында тік бұрышты, аралықтары бірдей және биіктігі тең болуына ынталану керек. Егер технология шарттары бойынша ол мүмкін емес болса, онда төмендеу аралықтарының бір жағына жоғарыланған аралықтарын топтастыру керек. Ғимараттың жоғарыланған мен төменделген бөліктері биіктігінің құламасы 1,8 м-ден кем болуына рұқсат етілмейді. Бұл жағдайда толығымен ғимараттың биіктігін бірдей (ең биіктісі бойынша) еткен жөн.



10.5-сурет. Көп аралықты ғимараттар көлденең рамаларының сұлбалары

Көп аралықты рамалардың шеткі қатары үшін құрастырулық өлшемдерін анықтау дәл бір аралықтыларға сияқты жүргіледі. Егер биіктігі бірдей ғимараттың әр аралығындағы крандардың жүк көтергіштігі өзгеше болса, онда $H_2 = (H_к + 100) + f$ өлшемі ең үлкен краны бойынша анықталады. Мұндай жағдайда кранасты арқалық үстінің белгісі бірдей кезінде жүк көтергіштігі төмендеу крандардың габариті молынан қамтамасызданады.

Биіктігі құламасыз ғимараттардың ортаңғы ұстындарының H_1, H_2, H_0 құрастырмалық өлшемдері (10.5, *а*-суреттегі А-Б, Б-В аралықтары) шеткілерімен бірдей қабылданады. Ортаңғы ұстын табаны тіректік тақтасының еден деңгейінен төмен тереңделуі шеткілерімен бірдей (600…1000 мм) қабылданады. Ортаңғы ұстынның жоғарғы бөлігінің қимасы биіктігін $h_ж$ кранның жүк көтергіштігіне және ұстынның биіктігіне байланысты 400, 700, 1000 мм қабылданады. Төменгі бөлігінің қима биіктігі $h_т = 2\ell_1$ (10.5, *г*-сурет), мұндағы ℓ_1 – кранасты арқалықтың осінен ұстын осіне дейінгі қашықтық.

Көршілес аралықтарда крандарының жүк көтергіштігі бірдей емес кезінде кран рельстерін ұстын осіне байланыстыратын ℓ_1 өлшемі оң жағындағы мен сол жағындағы крандар үшін әртүрлі болуып, ұстынның төменгі бөлігі бөлшектеу осіне қатысы асимметриялы болуы мүмкін.

Биіктігінің құламасы жоқ ортаңғы ұстындар үшін кран рельстерінің екеуінде үлкендеу ℓ_1 өлшемімен байланыстырады. Биіктігінің құламасы бар қатардағы раманың құрастырмалық өлшемдерін анықтауы 10.5, *д*-суретте келтірілген. Онда биіктігінің құлама жеріндегі ұстыны және де көршілес аралықтары қабырғамен бөлінгені көрсетілген. Мұндай кезде төмен аралықтағы кран рельсінің бөлшектеу осіне байланымы мынадан кем болмауы керек, мм:

$$\ell_1' = a + t_к + 450 + B_1 + 75,$$

мұндағы *а* – ұстынның жоғарғы бөлігі сыртқы қырының байланымы; $t_к$ – қабырғаның қалыңдығы; 450 мм – өтпенің

қоршауышымен бірге габариті; B_1 – кранның рельстен асып тұратын бөлігі; 75 мм – өтпенің қоршауы мен кран арасындағы қажетті саңылау.

Өлшем ℓ_1' 250 мм-ге еселі болуы керек. Ұстынның төменгі бөлігі қимасының биіктігі

$$h_т = \ell_1 + \ell_1'.$$

Бақылау сұрақтары

1. Өнеркәсіп ғимараттарының аралықтары мен ұстындарының адымы қандай модульге еселі болуы керек?

2. Ғимараттың бүйір жағында ұстындар модульдік тордан қанша мм-ге жылжытылады?

3. Ғимараттар температуралық жіктермен жеке отсектерге не үшін бөлінеді?

4. Көлденең температуралық жіктердің ұстындары бөлшектеу осінің әрбір жағына қанша мм-ге жылжытылады?

5. Бойлық температуралық жіктерді құрастыру үшін негізгі остен қандай қашықтықта қосымша ұстындар қойылады?

6. Көлденең рамалардың ұстындары мен ригельдерінің қатаң түйісі қандай кездерде тиімді болады?

7. Көлденең рамалардың ұстындары мен ригельдерінің топсалы түйісі қандай кезде пайдалынады?

8. Фермалардың аралығы ℓ = 30; 36 м кезінде оның тіректегі биіктігі $H_ф$ қашаға тең?

9. Ұстын сыртқы қырының ұстын осіне байлау өлшемі қандай болуы мүмкін?

10. Ұстын сыртқы қырының ұстын осіне байлау өлшемі a = *500 мм* қандай кезде қабылданады?

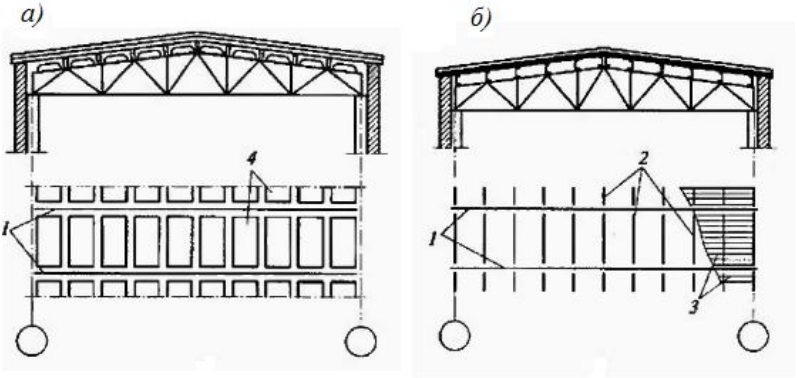
11. ЖАБЫН ҚҰРАЛЫМДАРЫ

11.1. Жабынды құрастыру

Өндіріс ғимараттарының жабыны жаппалық (қоршалаушы) құралымдардан, жаппаны ұстап тұратын көтергіш элементтерден (сырғауылдар, фермалар, фонарьлар) және, жабынның кеңістікті өзгермеушілігін, жабын мен оның жеке элементтерінің қатаңдығы мен орнықтылығын қамсыздандыратын, жабын бойындағы байланыстардан тұрады.

Жабын жүйесінің ең қарапайым нұсқасы – сырғауылсыз жабын. Мұндай жабында жаппаның көтергіш элементтері тікелей итарқалық ферманың бедеуіне орналастырылады. Бұл сұлба негізінде тек бір элементі – итарқалық фермасы бар шатырдың арқалық торының қарапайым түрі болып табылады.

Зауытта әзірленген ірі панельді төсем тақталары, бар болғандығы, итарқалық фермалардың адымы 6-12 м кезінде, фермалардың белдеуіне тікелей төсем тақталарын орналастыруға мүмкіндік береді.



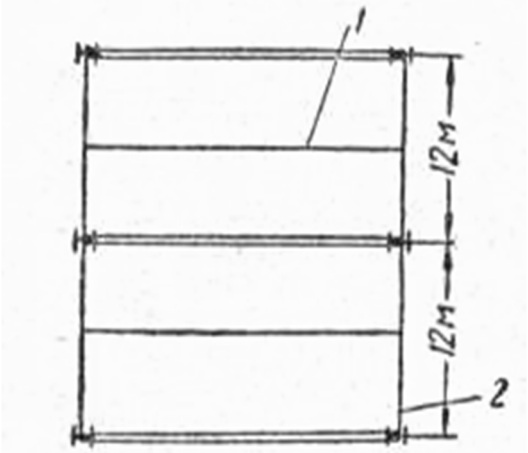
11.1-сурет. Жабындардың сұлбалары
а – сырғауылсыз; б – сырғауылды; 1 – итарқалық фермалар; 2 – сырғауылдар; 3 – жаппа тақталары; 4 – ірі панельді тақталар

Жабынның басқа шешімдеріне қарағанда темірбетон тақтасы бар төсем кезіндегі сырғауылсыз жабындар, елеулі

артықшылығының арқасында, негізгі жабын болып саналады. Мұндай жабындар бағасы қымбат болатты үнемдейді, себебі ғимараттың 1 м^2 ауданына салмағы 12-15 кг құрайтын сырғауылдар жабыннан босатылады, сондай-ақ итарқалық фермаларға пісірмелеп қосылған ірі панельді тақталар, байланыс элементтерінің санын қысқартады. Бірақ тақталарды пісірмелеп біріктіру сапасы төмен болғандықтан көп жағдайларда байланыстар қалдырылған.

Көлденең рама ригелінің (итарқалық фермасының) үстіне жатқызатын сырғауылы бар сұлба жабынның екінші шешімі болып табылады. Мұндай сұлба жеңіл жаппалық төсем қолданған жағдайда орынды болып келеді. Жеңіл жаппалық төсемге асбестцементті толқынды табақтар немесе (профильдендірілген) пішінделген болат төсемдер жатады.

Көп аралықты ғимараттарда ішкі ұстындарының адымы сыртқысына қарағанда үлкендеу кезінде ішкі ұстындардың үстіне бойлай итарқаасты фермалар орнатылады. Оларға арадағы итарқалық фермалар тіреледі. Итарқаасты фермалар сонымен қатар көлденең рамалардың адымы үлкен болған кезінде де қолданылады (11.2-сурет).



11.2-сурет. Итарқаасты фермаларын қолданған жабын
1 – арадағы ферма; 2 – итарқаасты фермалар

Кей уақыттарда ішкі ұстындардың адымы ірі және крандардың жүк көтергіштігі үлкен кезінде, кранасты арқалық та,

итарқалық ферма да тірелетін, бірлескен кранасты-итарқаасты ферма жобаланады.

Ғимаратта фонарьлар бойлай және көлденең орналасуы мүмкін. Оның ішінен кең таралғаны бойлық фонарьлар, себебі бұл жағдайда жабын құралымдарын типтеу жеңілдетіледі. Көлденең фонарьлар ерекше құралымдық шешімдері бар үлкен аралықты (авиақұрастырма, кеме жасау) цехтарда ұтымды келеді.

11.1.1. Жаппаның құралымы

Жаппа құралымдарын таңдауы мүмкінді нұсқаларын техникалық-экономикалық салыстыру негізінде технологиялық және экономикалық факторларын – ғимараттың тағайындалуын, цехтың ішіндегі ортаның температуралық-ылғалдылық ережесін, тұрғызу бағасын, ірі өлшемді панельдерді әзірлеу өндірістік базасының бар болуын, тасымалдау жағдайларын, жинақтау механизмдерімен қамсыздандыруын және с.с. есепке алумен жасалады.

Жаппалық жабындар *жылы* және *суық* болып екі түрге бөлінеді. Жылы жаппаларда термооқшаулаушы қабаты болады, олар жылытылатын өндіріс ғимараттарында жаратылады. Ал, жылытылмайтын ғимараттарда (қоймалар, қосалқы бөлмелер) және технологиялық агрегеттарынан артық қызу бөлінетін ыстық цехтарда термооқшаулаушы қабаты болмайтын суық жаппалар пайдалынады.

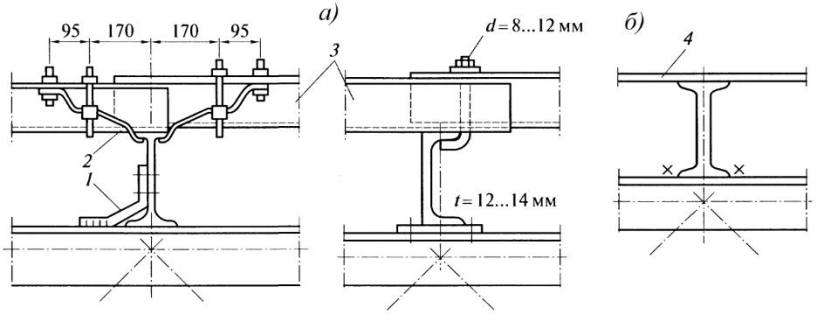
11.1.2. Сырғауылды жабындар

Сырғауылдар итарқалық фермалардың жоғарғы белдеуі түйіндерінің үстіне орналастырылады. Сырғауыл ретінде прокатты арқалықтар, майыстырылған пішіндер немесе ферманың аралығы 6 м-ден асқан кезде – өтпелі құралымдар жаратылады.

Жылы жабындарда сырғауылдардың үстіне жатқызатын жаппа тақтасы ретінде пішінделген болат төсем, армоцементті және асбестцементті тақталар кеңінен қолданылады.

Өндіріс ғимараттарының жаппасын жасаған кезде көбінесе пішінделген болат төсемін қолданған жөн. Пішінделген болат төсем қалыңдығы t = 0,8; 0,9; 1,0 мм, пішін биіктігі h = 40; 60; 80 мм, ені b = 680; 711; 782 мм және ұзындығы 12 м-ден мырышталған болаттан әзірленеді. Жабынға арналған төсемдер түрінің белгісі Н60-711-0,9; Н80-711-0,8. Мұндағы бірінші сан пішін биіктігін, екіншісі – төсемнің енін, үшіншісі – табақтың қалыңдығын көрсетеді.

Пішінделген табақтар 3-4 м адыммен, қиылған немесе қиылмаған сұлба бойынша, орналасқан сырғауылдардың үстіне салынады. Табақтар сырғауылдарға диаметрі 6 мм винтпен бекітіледі. Төсем табақтары диаметрі 5 мм тойтармамен өзара біріктіріледі. Пішінделген төсемнің меншікті массасы 10 -15 кг/ м^2.



11.3 - сурет. Болат табақтарды сырғауылдарға бекіту түйіні:
а – толқын табақты; б – жалпақ табақты; 1 – қалыңдығы 8-10 мм майыстырылған табақ; 2 – кляммерлер; 3 – толқынды табақтар; 4 – қалыңдығы 3-4 мм жалпақ табақ

Жабынның суық жаппалары көбінде 1,5 м адыммен орналасқан сырғауылдардың үстіне салынған асбестцемент, болат немесе алюминий толқынды табақтарынан орындалады. Асбестцементті табақтардың массасы орта есеппен 20 кг/м^2 құрайды. Толқынды болат табақтардың қалыңдығы 1-1,8 мм, массасы 15-20 кг/м^2. Толқынды алюминий табақтардың қалыңдығы 0,6-1,2 мм және массасы 5-7 кг/м^2.

Толқынды табақтар сырғауылдарға арнайы кляммерлер немесе ілгектер арқылы бекітіледі.

Ыстық цехтарда асбоцемент табағынан жасалған жаппалардың ұзақмерзімділігі жеткіліксіз болады, себебі жоғары температура әсер еткенде асбоцемент тым кептіріліп шытынап кетеді. Сонымен қатар, толқынды жаппа тозаң жиналуына мүмкіндік туғызады және оның тазалауын қиындатады. Сондықтан ыстық цехтардың жаппасын жалпақ болат табақтарынан жасаған жөн.

11.1.3. Сырғауылсыз жабындар

Сырғауылсыз жабынның жылы жаппасы үшін ені 1,5 және 3 м, ұзындығы 6 және 12 м іріпанельді унифицияланған темірбетон тақталар кеңінен жаратылады. Тақтаның биіктігі аралығы 6 м кезінде 300 мм-ге, ал аралығы 12 м кезінде 450 мм-ге тең. Ені 3 м тақталарды қолданған жөн, өйткені бұл кезде ферма панелінің типті өлшемі кезінде жүктемелерді түйін арқылы жеткізілуі қамсызданады. Тақтаның ені 1,5 м кезінде ферманың жоғарғы белдеуі жергілікті майысуға жұмыс жасайды, немесе қосымша шпренгель орнату керек (онда итарқалық ферма ауырлайды және күрделенеді). Ірі панельді тақталардың кемшілігі – салмақтарының үлкендігінде (1,4-2,1 кН / м^2), сондықтан төмен жатқан ғимарат қаңқасының барлық құралымдары да ауырлай түседі.



11.4-сурет. Іріпанельді тақталардың үстіндегі жаппаның түйіні:
1 – ертіндімен толтырылған жік;
2 – бекіткіш бұрыштамалар

Жабыннан түсетін жүктемені азайту үшін ені 1,5 және 3 м, ұзындығы 6 және 12 м металл панельдері қолданылады. Мұндай панельдердің массасы темібетондыға қарағанда 4-5 есе жеңіл.

11.2. Байланыстар жүйелері

Байланыстар жүйелері өндіріс ғимараттар болат қаңқасының маңызды элементтері болып табылады. Олар қаңқаның кеңістікті өзгермеушілігін және оның сығылған элементтерінің орнықтылығын қамтамасыз етуге; жел жүктемелері мен көпірлі крандардың инерциялық әсерлерін қабылдауға; әдеттегі жағдайда пайдалану үшін, қаңқаның қажетті қатаңдылығын жасауға; имарат элементтерін сапалы және қолайлы жинақтау жағдайларын қамсыздандыруға арналған.

Сапалы құрастырылған байланыстар қаңқа құралымдарының бірлесіп жұмыс істеуін қамтамасыз етеді. Сондықтан имараттың қатаңдылығын көтеруге және материал шығынын үнемдеуге байланыстардың маңызы зор. Желдің, кранның тежеу күшінің әсерлерін қабылдауға арналған байланыстар, жүктеменің түскен жерінен ғимараттың іргетасына дейін күштеулерді жүйелі жеткізуін қамтамасыз етеді. Бұл кездегі күштеулерді жеткізетін жол болғанынша қысқа болуы керек.

Цех байланыстарының жиынтығы келесі екі негізгі кешендерден тұрады:

1) жабын (шатыр) элементтерінің кеңістікті байланысуын қамтамасыз ететін байланыстар;

2) ғимарат ұстындарының байланысуын қамтамасыз ететін байланыстар.

11.2.1. Жабын бойындағы байланыстар

Ғимараттың жабыны (шатры) құралымдарының бойындағы байланыстар қаңқаның кеңістікті қатаңдылығын, толық жабынның және оның элементтерінің орнықтылығын қамтамасыз ету үшін қойылады. Жабын бойындағы байланыстардың құрамы:

1) итарқалық фермалардың жоғарғы белдеулерінің жазықтығында орналасқан көлденең байланыс фермалары және олардың арасындағы бойлық элементтері;

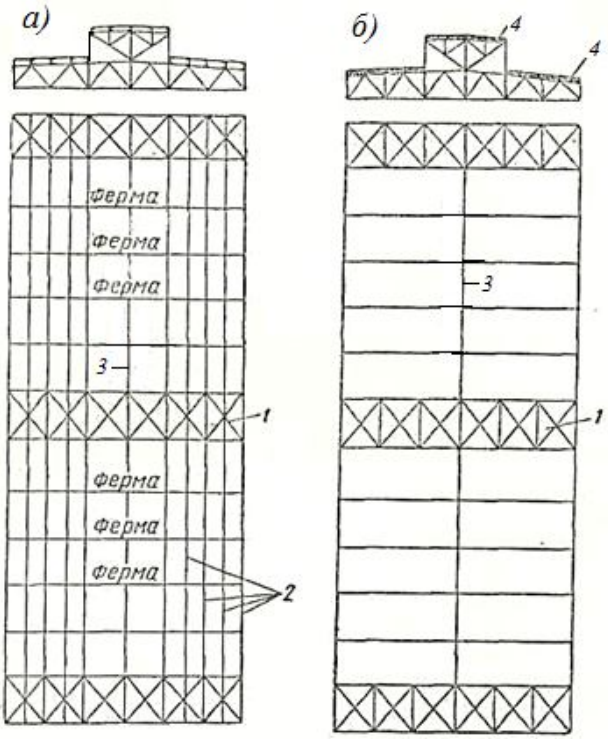
2) итарқалық фермалардың төменгі белдеулерінің жазықтығында орналасқан көлденең және бойлық байланыс фермалары, сонымен қатар кейде көлденең байланыс фермаларының арасындағы бойлық тартпалар;

3) фермалардың арасында орналасқан тік байланыстар;

4) фонарьлардың үстінде орналасқан байланыстар.

Ферманың жоғарғы белдеуінің элементтері сығылады, сондықтан олардың, ферма жазықтығынан тыс бойлай иілген кезінде, орнықтылығын қамтамасыз ету керек. Жабын тақталарының қабырғашаларын және сырғауылдарды, бойлай жылжудан бекітілген тірек ретінде қарастыру үшін, жаппа жазықтығында цехтың бүйір жақтарында байланыстар орналастырылады. Олар ферманың төменгі белдеулері бойында орналасқан көлденең горизонталды байланыстармен және араларындағы тік байланыстарымен бірге жабынның кеңістікті қатаңдылығын қамсыздандырады (11.5-сурет). Жинақтау үрдісінде және әсіресе ғимаратқа бойлай бағытында жел әсер еткен кезде қаңқаның жұмысына, жабын құралымдарының өзгермеушілігіне бұл байланыстардың зор маңызы бар. Сондай-ақ бүйір жақта орналасқан байланыс фермалары бүйірлік фахверк тағандарынан жартылай жел жүктемесін қабылдайды. Әр температуралық блок толық кеңістікті кешен болғандығынан, мұндай байланыстарды температуралық жіктердің екі жақтарына да орналастыру керек.

Температуралық блоктың ұзындығы үлкен (144 м астам) болған жағдайда, көрсетілген байланыстардан басқа арасына қосымша көлденең байланыс фермаларын орналастырған жөн. Мұндай байланыстардың болуы жабынның кеңістікті қатаңдылығын көбейтеді және сырғауылдарды ғимараттың ұзына бойында қосымша бекітуін қамсыздандырады.



11.5-сурет. Ферманың жоғарғы белдеуі жазықтығындағы көлденең байланыстар

а – сырғауылдары бар кезінде; б – сырғауылсыз шешімі кезінде: 1 – көлденең байланыс фермалар; 2 – сырғауылдар; 3 – шатыржалдағы кермелік; 4 – қабырғашалы тақталар

Фермалар «b» адымының жоғарғы белдеу панелі «d» өлшеміне қатынасы $b/d \geq 2$ (өлшемдері унификацияланған кезінде адымы 6 м және панелі 3 м $b/d = 2$) болғандықтан байланыс фермалардың панелін жоғарғы белдеуінің екі панеліне теңестіріліп қабылданады. Байланыс фермалардың керегетор жүйесін қатаңдылығы ең үлкен крест түрінде қабылдаған жөн.

Фермалардың жоғарғы белдеуінің орнықтылығын қамтамасыз ету үшін, сырғауылдары мен жаппа төсемдері жоқ фонарь аралығында ферма түйіндерінің байлануына назар аудару

керек. Мұнда ферманың жоғарғы белдеуін жазықтығынан тыс бекіту үшін арнайы кермеліктер қарастырылады. Және де мұндай кермелік ферманың шатыржал түйінінде болуы міндетті. Бұл кермелік фермалардың жоғарғы белдеуі жазықтығында бүйірлік байланыстарға бекітіледі.

Жинақтау барысында (жабын тақталарын немесе сырғауылдарды орнатқанға дейін) жоғарғы белдеуінің ферма жазықтығынан тыс иілгіштігі 220-дан аспауы керек. Сондықтан егер шатыржал кермелігі қойылған шартты қамтамасыз ете алмаса, онда осы кермелік пен ұстындар жазықтығындағы кермеліктің арасына қосымша кермелік қойылады.

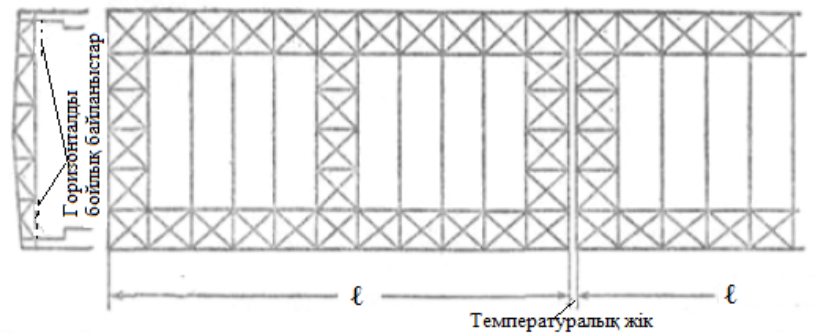
Жұмыс ережелерінің топтары 7К, 8К крандары бар ғимараттарда қаңқаның бойлық та, көлденең де бағыттарында керекті горизонталды қатаңдылығын қамсыздандыруының ерекше маңызы бар. Көпірлі крандар жұмыс жасаған кезде инерциялық күштеулер пайда болады. Олар цехтың қаңқасында бойлық және көлденең деформацияларды тудырады. Егер қаңқаның көлденеңдік қатаңдылығы жеткіліксіз болса кран қозғалған кезінде сыналанып, олардың әдетте пайдаланатын жағдайы бұзылады. Қаңқаның шамадан тыс шайқалуы қызметшілерге және қабырғалық қоршалаулар мен жаппаның сақталушылығына қолайсыз жағдай жасайды.

Горизонталды және инерциялық күштер кранасты арқалықтардың рельстері деңгейінде түседі. Олар көлденең бағытта бір жазық рамаға немесе көршілес екі рамаларға шоғырланып әсер етеді. Жазық рамалардың жүйесі байланыстар арқылы қосылып, бірлесе жұмыс жасауы олардың көлденең қатаңдылығының дәрежесін біршама көтереді, яғни қаңқаның көлденең деформациясы төмендейді.

Ферманың төменгі белдеуі бойындағы байланыстар жүйесі көлденеңдік және бойлық байланыс фермаларынан тұрады (11.6-сурет). Негізгі мақсат ұстындардың, инерция күштерінің түскен деңгейінде (яғни кранасты арқалықтың жоғарғы белдеуі деңгейінде) көлденең жылжуын азайту болғандықтан, байланыстар кранасты арқалықтың үстіне болғанынша жақын орналасқан кезінде цех ұстындарын өзара байланыстырған жүйесі ең ұтымдысы болады. Осы себептен жобалау

практикасында итарқалық фермалардың төменгі белдеуі жазықтығында горизонталды бойлық байланыстар орналастырылады. Бұдан басқа, ферманың жоғарғы белдеулері жазықтығында жаппа тақталарынан жасалған қатаң диск болған кезде икемділеу бойлық байланыс фермаларды сол жазықтықта орналастырудың нәтижесі шамалы болар еді.

Фермалардың төменгі белдеуі жазықтығында сонымен қатар көлденең горизонталды байланыстар да орналастырылады. Ғимараттың бүйір жақтарында бұл байланыстар бүйірлік фахверк тағандарымен жеткізілген жел жүктемесін қабылдау үшін керек. Жел жүктемесі фахверк тағандарымен көлденеңдік горизонталды бүйір жақтағы ферманың түйіндеріне жеткізіледі. Ол ферманың белдеуі құрамына бүйірдегі және оған көршілес итарқалық фермалардың төменгі белдеулері кіреді.



11.6-сурет. Итарқалық фермалардың төменгі белдеуі жазықтығындағы горизонталды көлденең және бойлық байланыс фермалары

Көлденең байланыстар бойлық байланыстармен бірге, ғимараттың контуры бойында орналасқан тұйықты жүйені құрайды. Сол жүйе қаңқаның кеңістікті қатаңдылығын қамсыздандырады. Ферманың төменгі белдеуінің жазықтығында, жоғарғы белдеуінің жазықтығындағы қосымша көлденеңдік байланыстары сияқты, сол панельдерде қосымша көлденеңдік байланыстарды орналастырған жөн.

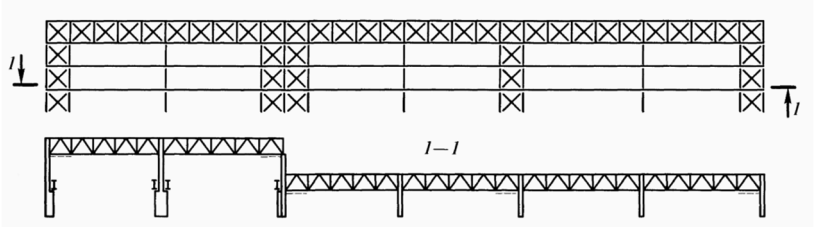
Көлденеңдік рамалардың мүмкіндігінше көбірек санын бірлескен жұмысына тартып, қаңқаның кеңістікті қатаңдылығын көбейту үшін, бойлық байланыстардың ені жетерліктей үлкен болуы керек. Құралымдық ұғыныс бойынша бойлық байланыс ферманың енін итарқалық ферманың (рама ригелінің) төменгі белдеуінің тіректік панелі өлшеміне теңестіріліп қабылданады.

Егер рама ригелінің төменгі белдеуінің тіректік панелінде сығушы күштеулері пайда болуы мүмкін болса, онда сығулы бөлігінің аралығындағы оның иілгіштігі 180-60 α-дан аспайтындай етіп, бұл белдеу көлденең бағытта бекітілуі тиіс. Мұндағы $\boldsymbol{\alpha = \frac{N}{\varphi A R_y \gamma_c}}$.

Көпірлі кранның динамикалық әсері арқасында төменгі белдеуінің дірілдеуін болдырмау үшін, төменгі белдеуінің созылған бөлігінің рама жазықтығынан тыс иілгіштігіне жұмыс ережесінің топтары 7К, 8К крандары бар ғимараттар үшін 250-мен, қалған ғимараттар үшін 400-бен шек қойылған.

Крандарының жұмыс ережесінің тобы 5К-ға дейін және жүк көтергіштігі шамалы ғимараттарда кейде бойлық байланыс фермасыз тек көлденеңдік байланыс фермаларымен шектеледі.

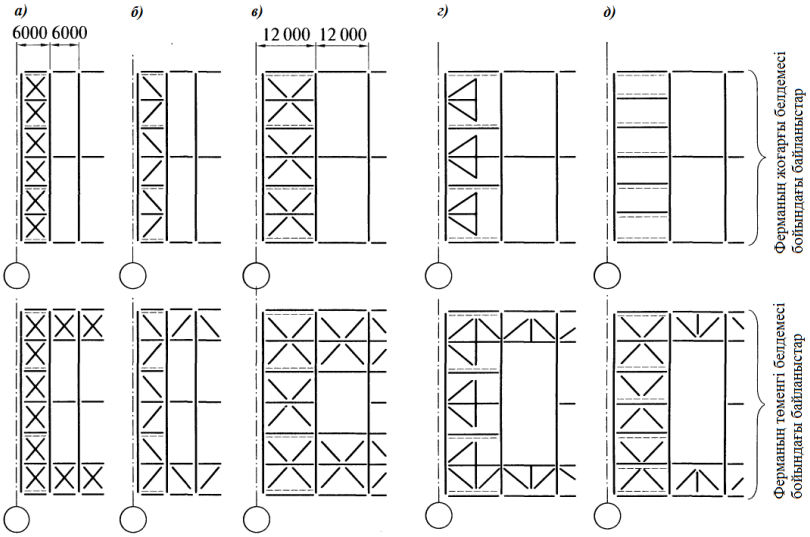
Көп аралықты өндіріс ғимараттарында ферманың жоғарғы белдеуі бойындағы көлденеңдік горизонталды байланыстар және тік байланыстар барлық аралықтарына қойылады. Ал, төменгі белдеулері бойындағы горизонталды байланыстар ғимараттың контуры бойынша және ұстынның кейбір ортаңғы қатарларында ғимараттың ені бойынша 60-90 м сайын орналастырылады. Биіктігінде құламасы бар ғимараттарда бойлық байланыс фермалары осы құламаларды жағалай да қойылады (11.7-сурет).



11.7-сурет. Көп аралықты ғимараттар фермаларының төменгі белдеуі бойында байланыстардың орналасуы

Байланыстардың құралымдық жүйесі, негізінде итарқалық фермалардың адымына байланысты. Ферманың адымы 6 м кезінде, қиғаш тіректері тек созуға жұмыс істейтін кресті керегетор кеңінен қолданып келеді (11.8, а-сурет). Мұндағы қиғаш тіректердің қимасы созылған элементтердің шекті иілгіштігі шартынан таңдап алынғандығынан, осындай шешім үнемді болып келеді.

Соңғы уақыттарда керегеторы үш бұрышты (11.8, б-сурет) байланыс фермалары жиі қолданып жүр. Оның қиғаш тіректері сығуға да, созуға да жұмыс жасай береді, сондықтан қималары сығылатын элементтердің шекті иілгіштік шартынан анықталады. Оларды құбырдан немесе майыстырып тұйықтаған пішіндерден жобалайды. Мұндай шешім кезінде байланыстар біршама ауырлау болады, бірақ жинақтауы жылдамдайды және жеңілденеді.



11.8-сурет. Жабын бойындағы байланыстар жүйесінің сұлбалары
а, б – фермалардың адымы 6 м кезінде; в, г, д – фермалардың адымы 12 м кезінде

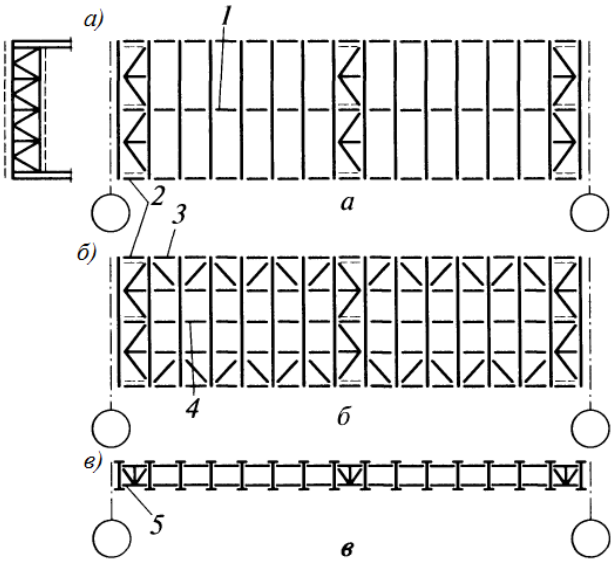
Итарқалық фермалардың адымы 12 м кезінде де керегеторы кресті горизонталды байланыс фермаларының қолданылуы мүмкін. Бірақ бұл жағдайда диагоналды элементтері тек созуға ғана жұмыс істесе де салмағы өте ауыр болады, сондықтан оларды ортасынан байланыс фермалардың сығылған тағанына тіреп жобалайды (11.8, *в*-сурет). Керегеторы үш бұрышты жүйелер де байланыс фермалардың таралған шешіміне жатады. Олардың қиғаш тіріктері өлшемі 6 м шаршының ішіне орналастырылып (11.8, *г*-сурет), байланыс фермалардың белдеуінің ұзындығы 12 м бойлық элементтеріне тіреледі.

Кеңістікті блоктың қатаңдылығын ферманың жоғарғы белдеуі бойындағы горизонталды көлденеңдік байланыстарсыз-ақ қамсыздандыруға болады. Ол үшін ферманың жоғарғы белдеулері 6 м сайын орнатылған тік байланыстармен жазықтығынан тыс бекітілуі керек. Бұл жағдайда қатаң блокқа жабын элементтері (сырғауылдар, панельдер) итарқалық фермалар және жиі орнатылған тік байланыстар кіреді (11.8, *д*-сурет). Мұндай шешім қазіргі уақытта типтік болып табылады.

Итарқалық фермалардың жазықтығынан тыс қатаңдылығы шамалы болып келеді. Сондықтан фермаларды өзара байланыстырмай (әсіресе жазық фермалардың үстіне ауыр төсемді салған кезде) жинақтау жұмысын жүргізуге болмайды. Осыған байланысты итарқалық фермаларының арасына тік тағандары жазықтығында арнайы тік байланыстарды орналастыру керек (11.9-сурет). Байланыс элементтерінің бекітуін ыңғайландыру үшін тік байланыстарды екі бұрыштамадан қимасы крест түрінде жобаланады. Әдетте ғимараттың аралығы бойында 1-2 тік байланыстар 12-15 м сайын орналастырылады. Итарқалық фермаларды ұстынның бастылығына тіреген кезде (топсалы қосылыста) тік байланыстарды фермалардың тіректік тағандары бойына да орналастыру керек.

Цехтың бойлық бағытында тік байланыстар итарқалық фермалардың жоғарғы мен төменгі белдеулері бойындағы көлденеңдік байланыс фермалардың арасына орналастырылады. Осының арқасында ғимараттың бүйір жағындағы кеңістікті блоктарының қатаңдылығы қамсыздандырылады. Сол блоктарға

кермеліктермен және тартпалармен арадағы қалған фермалар байланыстырылады.

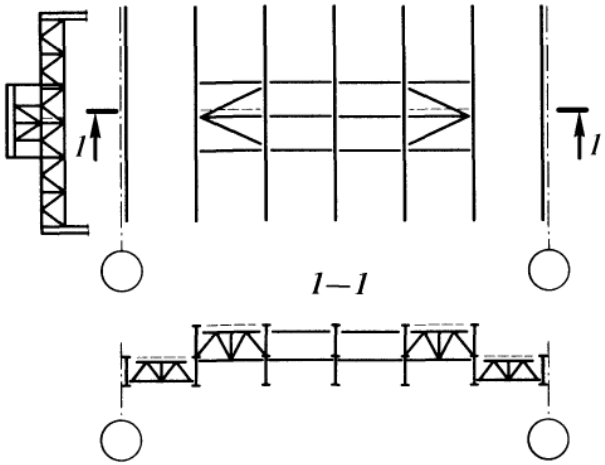


11.9-сурет.Фермалар арасындағы байланыстар

а – фермалардың жоғарғы белдеулері бойындағы байланыстар; б – фермалардың төменгі белдеулері бойындағы байланыстар; в – тік байланыстар; 1 – шатыржалдағы кермелік; 2 – көлденеңдік байланыс фермалар; 3 – бойлық байланыс ферма; 4 – төменгі белдеу бойындағы тартпа; 5 – тік байланыстар

Аспалы көлігі бар ғимараттарда тік байланыстар, жабын құралымына тікелей түскен, кран жүктемесін фермалар арасына бөлуге мүмкіндік туғызады. Мұндай жағдайларда фермалар арасындағы тік байланыстарды үзбей ілгек жазықтығында ғимараттың барлық ұзындығы бойынша орналастырған жөн.

Фонарь бойындағы байланыстар бүйір жақтарында орналастырылады (11.10-сурет). Бұдан басқа, итарқалық фермалардағыдай (50-60 м сайын) аралық байланыстар қарастырылады. Фонарьлар жоғарғы белдеулерінің деңгейінде горизонталды байланыстармен және тік байланыстарменен жалғастырылады.



11.10-сурет. Фонарь бойындағы байланыстар

11.2.2. Ұстындар арасындағы байланыстар

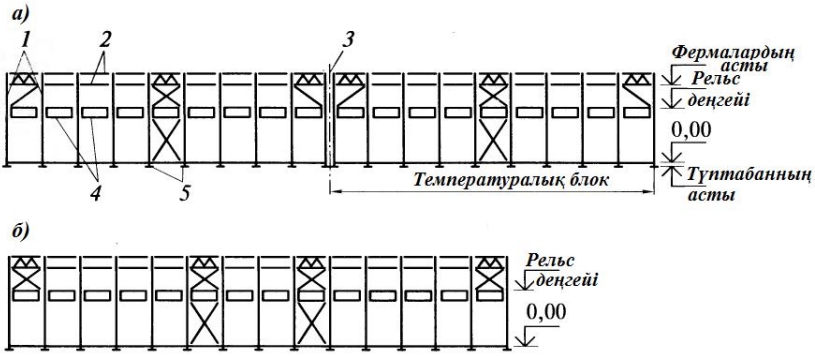
Ұстындар арасындағы тік байланыстар жинақтау және пайдалану кезінде цехтың бойлық бағытында болат қаңқасының геометиялық өзгермеушілігін, сонымен қатар ұстынның сығылған сырықтарының орнықтылығын қамсыздандыру үшін қажет. Олар ғимараттың бүйірлік қабырғаларына әсер ететін желдің бойлық жүктемесін және көпірлі крандардың тежеу күшінің жүктемесін қабылдайды.

Тік байланыстар цехтың бойлық қатаңдылығын қамтамасыз етуі үшін керек. Өйткені ұстындардың қималары көлденең рама жазықтығындағы жұмысы шартынан анықталғандықтан, бойлық бағытта ғимараттың қатаңдылығы керекті шамасынан төмендеу болып келеді. Ал, кранасты арқалықтары болса ұстынға әдетте топсалы тіреледі.

Жоғарғы тік байланыстар, бүйірлік қабырғаға әсер ететін, жел жүктемесін қабылдап, қаңқаның жоғарғы бөлігінің бойлық қатаңдылығын қамсыздандырады. Төменгі тік байланыстар жоғарғы байланыстардың жеткізген күштеулерін, сонымен қатар желдің күштеулерін және кран рельсі деңгейінде түскен кранның

бойлық тежеу күштеулерін қабылдап, оларды ұстындардың іргетасына жеткізеді. Бұдан басқа, бұл байланыстар ғимараттың бойлық қатаңдылығын қамтамасыз етеді және ұстындардың рама жазықтығынан тыс бос (есептік) ұзындығын қысқартады. Сонымен, ұстындар арасындағы төменгі байланыстар цех бойында әсер ететін барлық күштерді қабылдайды.

Төменгі тік байланыстардың орналасуы температуралық деформацияларға әсерін тигізеді. Ғимараттың бүйір жағына орналастырылған тік байланыстар қаңқаның бойлық элементтерінің еркін деформациялануына бөгет жасайды. Бұл кезде пайда болатын кернеулердің шамасы едәуір болуы мүмкін. Оларды азайту үшін төменгі ярустағы байланысты температуралық блоктың ортасына таман орналастыру керек. Онда қаңқаның бойлық элементтеріне еркін деформация-лануына мүмкіншілік туады.



11.11-сурет. Ұстындар арасындағы байланыстардың орналасуы
а – қысқа ғимараттарда (немесе температуралық отсектарда);
б – ұзын ғимараттарда: 1 – ұстындар; 2 – кермеліктер;
3 – температуралық жіктің осі; 4 –кранасты арқалықтар;
5 – байланыстық блок

Ғимараттың ұзындығы шамалы кезде тік баланыстарды жалғыз панельде орнатумен шектелуге болады. Ғимараттың немесе температуралық отсектің ұзындығы едәуір болғанда (120 м ден асқанда) ұстындар арасындағы тік байланыстарды блоктың

ортасына қатысты симметриялы келетін екі панельде орналастыру керек. Жобалау нормасы бойынша ғимараттың бүйір жақтарынан жақындау тік байланыстың осіне дейінгі қашықтық жылытылатын ғимараттар үшін 90 м-ге және жылытылмайтындары үшін – 75 м-ге тең. Бір отсектегі тік байланыс остерінің арасындағы қашықтық жылытылатын мен жылытылмайтын ғимараттар үшін сәйкес 60 м-ге және 50 м-ге тең.

Жоғарғы тік байланыстарды бүйірлік панельдерде және төменгі ярусында тік байланысы бар ортаңғы панельдерде орналастыру керек. Үстынның кран үсті бөлігінің салыстырмалы қатаңдылығы аздау болғандықтан, бүйірлік панельдерде жоғарғы байланыстардың орналасуы температуралық кернеулерге көп әсерін тигізбейді және олар қаңқаның жоғарғы бөлігінің бойлық қатаңдылығын көтереді.

Үстындар арасындағы тік байланыстарды ғимараттың барлық ұстындары қатарына және бірдей панельдерінде орналастырылады.

11.3. Жабын элементтері

11.3.1. Сырғауылдар

Прокатты швеллерден, сирегірек қоставрдан жасалған арқалықтар сырғауылдың қарапайым түріне жатады. Мұндай арқалықтар аралығы 6 м кезінде ұтымды болып саналады. Фермалардың адымы 12 м болғанда прокатты сырғауылдар қолданылмайды, себебі олар өте ауырлап кетеді және болатты аса көп шығынануына келтіреді.

Ферманың адымы 6 м және 12 м жаппасы (суық) жеңіл болған жағдайда майыстырылған пішіннен жасалған сырғауылдар кең қолданылады. Олардың қабырғасы жіңішке (t = 4…6 мм), биіктігі дамыған (h = 300…400 мм) болуы мүмкін. Жүктемесі ауыр және ферманың адымы 12 м немесе одан да көбірек кезінде өтпелі сырғауылдарды, сондай-ақ перфорацияланған қоставрлы және жұқа қабырғалы арқалықтарды қолданған жөн. Болат шығыны бойынша перфорацияланған қоставрдан жасалған сырғауылдар

керегеторлыларға жақындайды, ал құны бойынша 10…15 % арзандау келеді. Жұқа қабырғалы арқалықтардан жасалған сырғауылдар керегеторлыларға қарағанда салмағы 8…18 % жеңілдеу.

11.3.2. Тұтас қималы сырғауылдар

Жинақтауын жеңілдету үшін көбінде қиылған сырғауылдар қолданылады. Жаппаның еңкіштігі шамалы ($i \leq 1,5\%$) кезінде сырғауылдардың жұмысы әдеттегі прокатты арқалықтардың тік жүктемеге жұмысынан ажыраспайды, яғни есебі де ұқсас жүргізіледі.

Жаппасының еңкіштігі үлкендеу кезінде сырғауылдар екі жазықтықта майысуға (қиғаш майысуға) жұмыс жасайды. Жаппадан түсетін тік q жүктемені сырғауылдың қатаңдылығы үлкендеу жазықтығында әсер ететін $q_x = q \cdot \cos\alpha$ және еңкіштік құраушысына $q_y = q \cdot \sin\alpha$ ыдыратуға болады (11.12, *а* -сурет).

Сырғауылдың у-у осіне қатысты қатаңдылығы аз болғандығынан, жаппаның қолданып жүрген кездегі еңкіштігі шамалы болса да, одан пайда болатын кернеулер үлкен болады. Еңкіштік құраушысынан пайда болатын майыстырушы моментті кеміту үшін, сырғауылдар диаметрі 18…22 мм дөңгелек болаттан жасалған тартпалармен бекітіледі (11.12, *б, в*-суреттер). Осылай сырғауылдың еңкіштік жазықтығында есептік ұзындығы кішірейтіледі.

Шатыржалдық сырғауылдан басқа, барлық қалған сырғауылдардың араларына тартпалар қойылады. Шатыржалдың жанындағы панельдерде тартпалар итарқалық фермаға немесе шатыржалдық сырғауылдың тіректері маңайына бекітіледі. Шатыржал бойына горизонталды жазықтықта қатаңдылығы үлкейтілген немесе бір-бірімен жалғастырылған жұпты сырғауылдар орнатылады.

Сырғауылға түсетін тік қума жүктеме

$$q = (g_ж / \cos\alpha + S)\, b + q_{сыр}\,, \qquad (11.1)$$

мұндағы $g_ж$ – 1 м^2 жаппадан түсетін есептік жүктеме; α – жаппаның көкжиекке еңкіш бұрышы (жаппаның еңкіштігі $i \leq 1/8$ кезінде $\cos\alpha \approx 1$); S – қардың есептік жүктемесі; b – сырғауылдар арасындағы қашықтық; $q_{сыр}$ – сырғауыл салмағынан түсетін есептік қума жүктеме.

Еңкіштік жазықтығындағы (яғни сырғауылдың қатаңдылығы аздау жазықтығындағы) майыстырушы моменттің шамасы тартпалардың санына байланысты. Ферманың адымы 6 м кезінде әдетте жалғыз тартпа қойылатын болса, адымы 12 м және еңкіштігі шұғыл кезінде – екі тартпа қойылады.

Тартпалары бар болған жағдайларда еңкіштік жазықтықтағы сырғауылдың майыстырушы моменті қиылмаған арқалықтағы сияқты анықталады (11.12, *в*-сурет).

Сырғауылдың екі жазықтықтарда майысқан кезінде есептеуін жүргізетін формула:

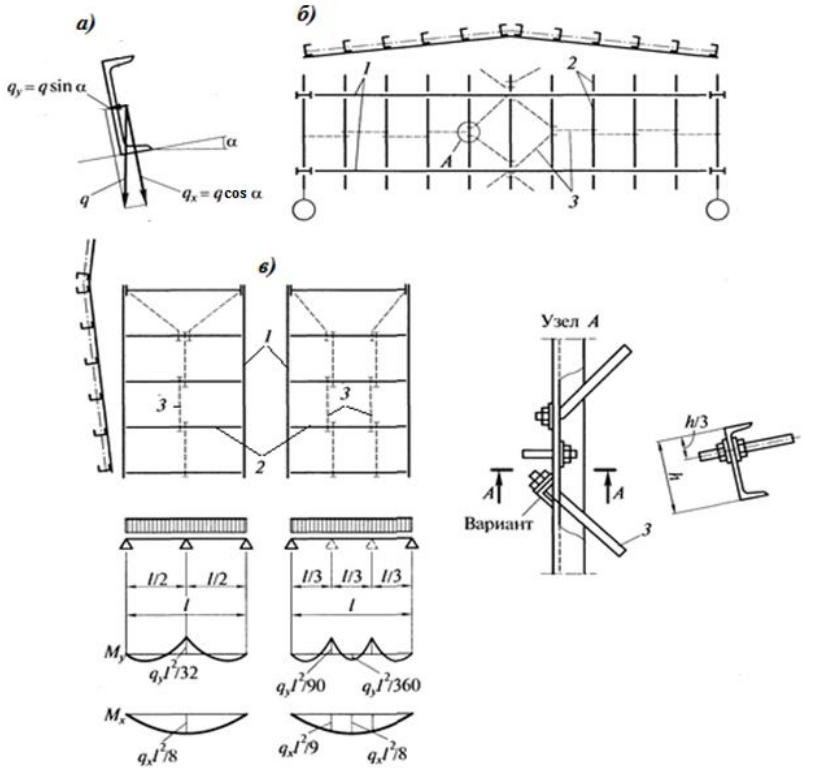
$$\sigma = \sigma_x + \sigma_y = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \leq R_y \gamma_c. \qquad (11.2)$$

Сырғауылдың жалпы орнықтылығы қатаң төсем қамсыз етеді. Сондықтан оның беріктігін пластикалық деформацияларының дамуын есепке алып тексеруге болады

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x \cdot c_x} + \frac{M_y}{W_y \cdot c_y} \leq R_y \gamma_c, \qquad (11.3)$$

мұндағы c_x и c_y – сырғауыл қимасының түріне байланысты еселеуіштер.

Егер жаппалық төсем сырғауылға қатаң бекітіліп (мысалы, болат пішінді төсем сырғауылдарға өзі қиятын винтпен қосылып) тұтас диск құраса, онда еңкіштік құраушысы осы дискпен қабылданады. Мұндай жағдайда тартпалардың қажеттілігі жойылып, сырғауылдарды тек q_x әсеріне ғана есептеуге болады.



11.12-сурет. Сырғауылдардың есептік сұлбалары
а – жүктеме әсерінің сұлбасы; б – сырғауылдарды тартпалармен байланыстыру; в – сырғауылдардың күштеулерін анықтау; 1 – фермалар; 2 – сырғауылдар; 3 – тартпалар

Сырғауылдардың майысымы мөлшерлік жүктемеден тек еңкіштігіне тікше жазықтықта ғана тексеріледі. Оның шамасы аралығының 1/200-нен аспауы керек.

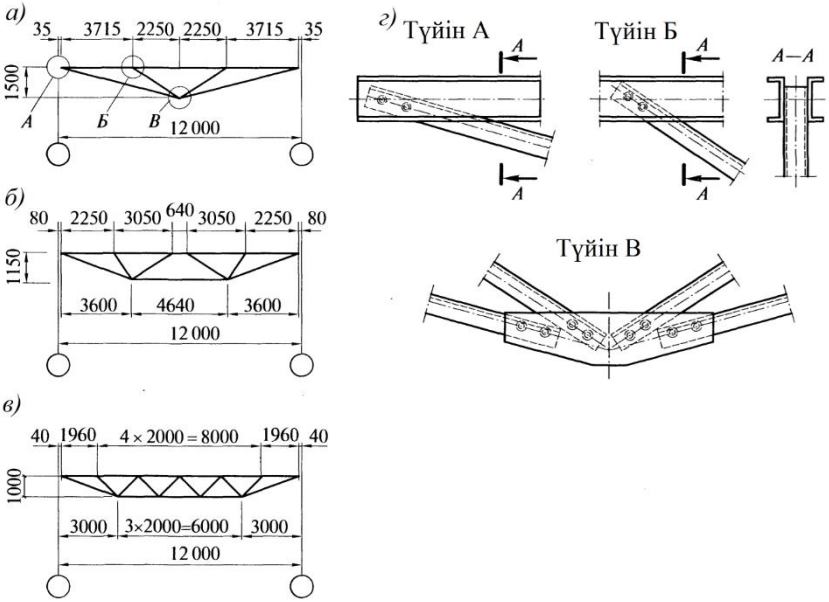
Сырғауылдар фермалардың белдеулеріне қысқа бұрыштамалардан, планкалардан, болат табағынан майыстырылып жасалған элементтердің көмегімен бекітіледі (11.12-сурет).

11.3.3. Керегеторлы сырғауылдар

Итарқалық фермалардың адымы 12 м-ге жеткен кезде тұтас қималы сырғауылдардың болат шығыны көп болғандықтан, олардың орнына керегеторлы сырғауылдар қолданылады.

Керегеторлы сырғауылдардың құралымдық шешімдері әртүрлі болуы мүмкін.

Керегеторлы сырғауылдардың кемшіліктеріне, элементтері мен қосылыс түйіндері санының көп болғандығынан, үлкен еңбек сіңірімділігі жатады. Типтік ретінде қабылданған үш панельді сырғауыл (11.13, *а*-сурет) ең ұтымдысы болып табылады. Бұл сырғауылдың жоғарғы белдеуі екі швеллерден, қалғандары жалғыз швеллерден құралады. Түйіндік қосылыстары доғалық немесе түйістік пісірумен орындалады.



11.13-сурет. Аралығы 12 м-лік керегеторлы сырғауылдар
а – в – сырғауылдардың сұлбалары; г – үш панельді сырғауылдың түйіндері

Керегеторлы сырғауылдарды еңкішті жаппаға орналастырған кезде, олардың бүйірлік қатаңдылығы шамалы болғандықтан, жоғарғы мен төменгі белдеулерін байланыстармен (тартпалармен) керіп бекіту керек. Жаппа төсемі сырғауылдарға қатаң біріктірілген кезінде жоғарғы белдеуін тартпалармен қосымша бекіту қажет емес.

Керегеторлы сырғауылдардың жоғарғы белдеуі қатаң, қиылмаған ферма сияқты есептеледі. Жоғарғы белдеуі сығумен көлденең майысуға (бір жазықтықта егер еңкіштік құраушысы жоқ болса, немесе екі жазықтықта) жұмыс жасайды, қалған элементтері тек бойлық күштің әсеріне есептеледі.

11.4. Итарқалық фермалардың есептеу ерекшеліктері

11.4.1. Жүктемелер

Итарқалық фермаларға негізінде жаппа мен жаппаның көтергіш құралымдарының тұрақты жүктемесі және қардың уақытша жүктемесі әсер етеді. Төменгі белдеуіне кейде көтергіш-көліктік аспалы аспаптардың, аспалы төбенің, аспалы коммуникациялардың және с.с. жүктемесі түсуі мүмкін.

Жаппаның, итарқалық фермалардың, олардың бойындағы байланыстардың және фонарьлардың тұрақты жүктемелері біркелкі таралған түрде қабылданады. Фонарь қабырғасы бортының және әйнегінің жүктемелері шоғырланған күштер ретінде фонарьдың шеткі тағандары тірелген түйіндерге түсіріліп есепке алынады.

Жабын элементтерін (тақталарды, сырғауылдарды, төсемдерді және фермаларды) есептеген кезде қар жүктемесі көлденеңдік рамаларды есептегенінен біршама ерекшеленеді. Оның себебі жабын құралымдары үшін қар жүктемесі, элементтер қималарының өлшемдерін анықтайтын негізгі жүктемесі болып табылады.

Жабынның 1 шаршы метр горизонталды проекциясына түсетін қардың есептік жүктемесі мыны формула бойынша анықталады:

$$S = \gamma_f \cdot S_0 \cdot \mu, \qquad (11.4)$$

мұндағы S_0 – құрылыс ауданына байланысты қабылданатын, 1 шаршы метр горизонталды жер бетіне түсетін қар салмағы; μ – жер бетіндегі қар салмағынан жабын үстіндегі қар жүктемесіне ауыстыратын еселеуіш; γ_f – қар жүктемесі бойынша сенімділік еселеуіші. Оның шамасы жабынның мөлшерлік салмағының g_n қардың мөлшерлік S_0 жүктемесіне қатысына байланысты (g_n / S_0< 0,8 кезінде γ_f = 1,6; қалған жағдайларда γ_f = 1,4) қабылданады. μ еселеуіші қардың жабын үстінде әркелкі таралуын, қардың көшуі арқасында биіктіктер құламасында қар күртіктерінің пайда болуын есепке алады.

Жел қысымы тікше беттерге және көкжиекке еңкіштік бұрышы 30º-тан асқан жазықтықта есепке алынады. Мұндай жағдайлар мұнараларда, мачталарда, эстакадаларда және еңкіштігі шұғыл үш бұрышты итарқалық фермалар мен фонарьларда кездеседі.

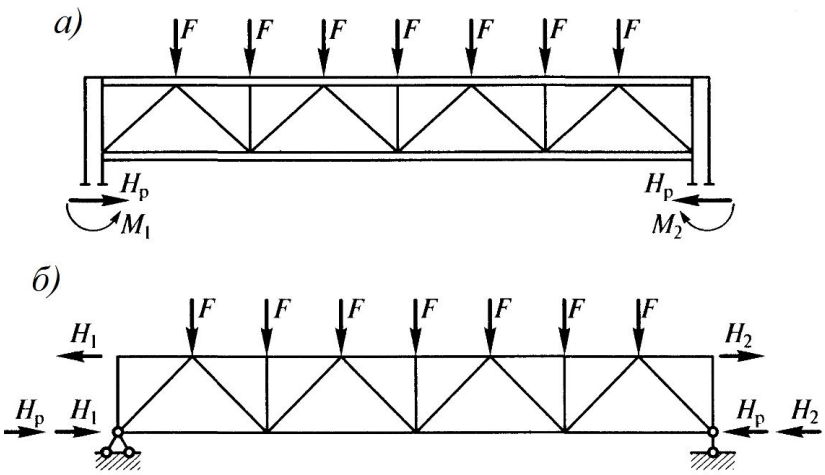
Итарқалық фермаларға түсетін басқа (көтергіш-көліктік жабдықтардың, фермаға іліндірілген коммуникациялық және с.с.) жүктемелер технологиялық тапсырмалар бойынша қабылданады.

11.4.2. Ферма сырықтарындағы күштеулерді анықтау

Фермаға түсетін жүктемелерді жинағаннан соң оның элементтеріндегі күштеулерді анықтауға көшеді. Итарқалық ферма раманың ригелі болғандықтан, оның ұстынмен қатаң қосылған кезінде рамаға түскен тұрақты және уақытша жүктемелерден тіректік қималарында майыстырушы момент пен керме пайда болады. Сондықтан топсалы сұлбамен тірелген кезінде ферма сырықтарындағы түйіндік тік жүктемелердің күштеулерін, ал қатаң сұлбалы кезінде – түйіндік жүктемелердің күштеулеріне қоса тіректік моменттер мен рама кермесінің қосымша күштеулерін анықтау керек.

Күштеулерді имараттар статикасының кез келген тәсілдерімен немесе ЭЕМ-мен стандарттық бағдарламаларды пайдаланып анықтауға болады. Оны ең қарапайым және көрнекті

Максвелл-Кремон диаграммасын тұрғызып графикалық тәсілімен де табуға болады.



11.14-сурет. Фермалардың есебі
а – жүктемелерді түсіру сұлбасы; б – есептік сұлбасы

M_1 және M_2 тіректік моменттердің шамалары ұстынның бастылық қимасы үшін есептік күштеулер кестесінен, яғни рама статикалық есебінің 1 – 1 қимасынан алынады. Бұл кезде, сол жақтағы тірек үшін M_1 тіректік моментін алып, жүктемелердің сондай үйлесімі кезінде оң жақтағы тіректің M_2 тіректік моменті табылады. Диаграмманы тұрғызу үшін M_1 мен M_2 моменterін эквивалентті қос күштерге $H_1 = M_1 / h_{тір}$ және $H_2 = M_2 / h_{тір}$ ауыстырылады.

Ферма сырықтарындағы есептік күштеулерді анықтау үшін құрама кесте құрастырылады. Оның құрамына тұрақты мен уақытша жүктемелердің күштеулері және рама кермесі мен тіректік моменттердің күштеулері кіреді. Есептік күштеулер жеке құраушыларының қолайсыз үйлесімі кезіндегі қосындысынан алынады.

Фермалардың ұстынмен қосылу түйіндері әдетте белгілі икемділігі бар бұрандамалардан жасалады. Пайдаланған кезде

қосылыстары босап ферманың тіректе қысып бекітілу дәрежесі төмендеуі мүмкін. Сондықтан тіректік моменттері мен рама кермесі әдетте есепке алынбайды.

Егер қарастырылып отырған сырықта рама кермесінің, тіректік моменттерінің және тік жүктемесінің әсерінен пайда болған күштеулердің таңбалары бірдей болса, онда олардың қосындысы қабылданады. Егер де күштеулер таңбалары әртүрлі және керме мен моменттердің күштеулері абсолюттік шамасы бойынша тік жүктеменің күштеуінен кем болса, онда есептік күштеу ретінде тек тік жүктеменің күштеуі алынады. Ал, егер күштеулер таңбалары әртүрлі бірақ, керме мен моменттің күштеулері тік жүктеменің күштеуінен көптеу болса, онда сырық осы күштеулердің алгебралық қосындысына тексерілуі керек.

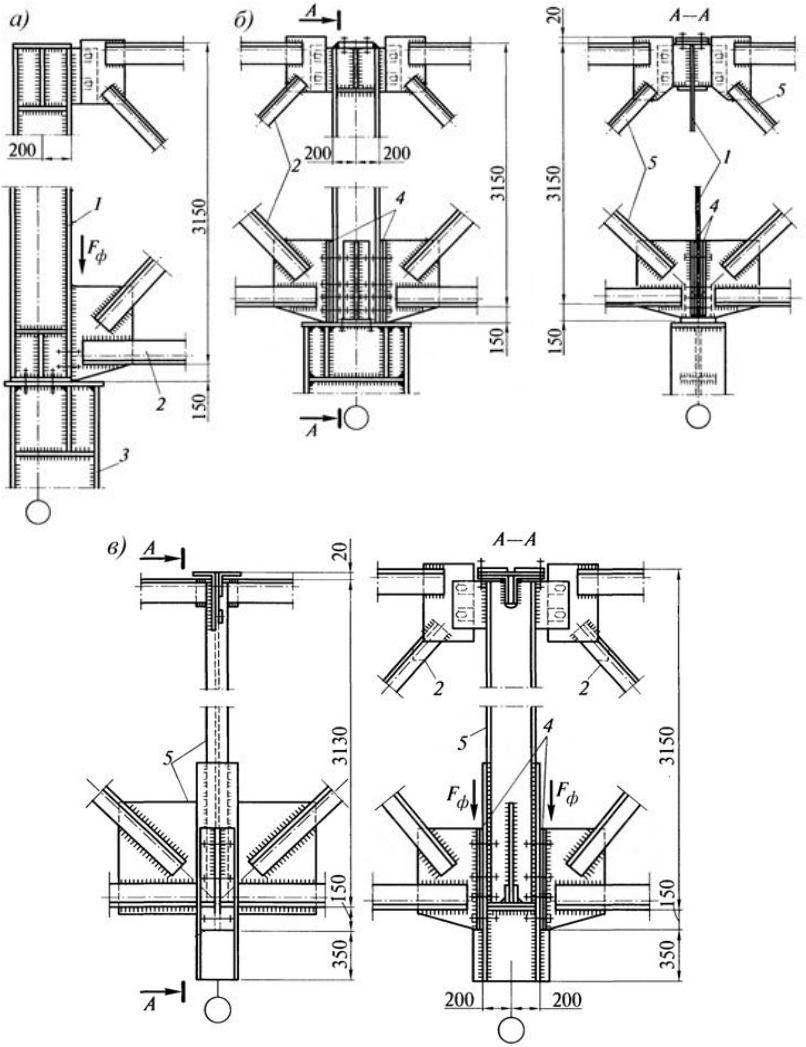
Фермалар мен ұстындардың қосылыстары жеткілікті қатаңдылығы қамтамасыз етілсе (мәселен пісіру арқылы қосылған кезде), тұрақты және қар жүктемесінің тіректік моменті жұмысын азайту әсерін есепке алуға болады.

11.4.3. Тіректік түйіндер

Өтпелі ригельдердің ұстындармен қосылуы жинақтау жағдайында өндіріледі. Сондықтан қосылыс құралымы жеткілікті қарапайымдылығымен ерекшеленуі керек. Ригельдердің болат ұстындарға қосылу түйіндері бұрандалармен орындалады.

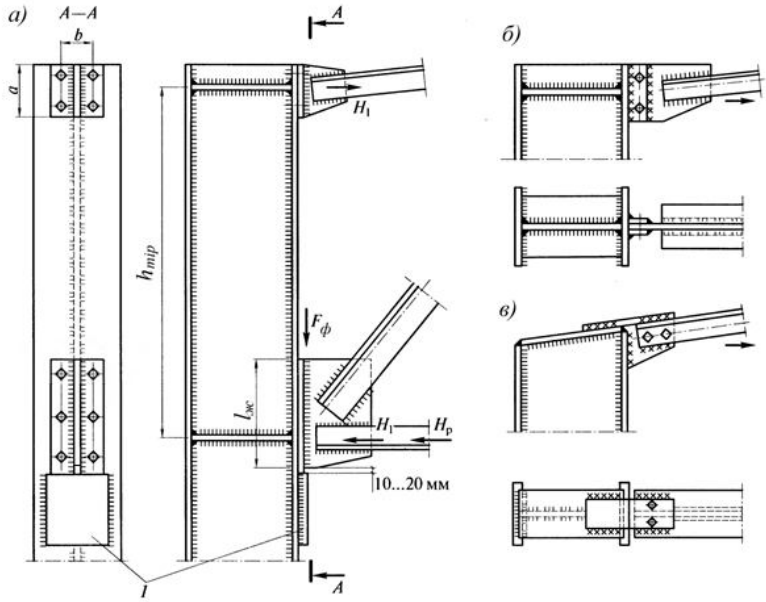
Топсалы қосылған кезде ферманың ұстынға үстінен қосымша таған – ұстынүстілік арқылы тірелген қосылыс ең қарапайымдысы болып табылады (11.15-сурет). Итарқалық ферманың итарқаастына тірелу түйіні осыған ұқсас шешіледі.

Ферманың тіректік қысымы $F_ф$ ферманың тіреу фланецінің сүргіленген немесе фрезерленген бетінен ұстынның тіректік тақтасына немесе итарқаасты ферманың тіректік үстелшесіне жеткізіледі. Тректік фланец анық тірелуі үшін 10-20 мм-ге тіректік түйіннің фасонкасынан төмен шығып тұрады. Фланец бүйірінің ауданы мыжылу шартынан анықталады $\boldsymbol{A \geq \frac{F_ф}{R_р}}$, мұндағы $R_р$ – болаттың бүйірлік бетінің мыжылуға есептік кедергісі.



11.15-сурет. Фермалардың ұстын үстіне тірелу түйіндері
а – шеткі қатардағы ұстынға; б – ортаңғы қатардағы ұстынға; в –итарқаасты фермаға; 1 – ұстынүстілк; 2 – итарқалық ферма; 3 – ұстын; 4 – жинақтаулық аратөсем; 5 – итарқаасты ферма

Ферманың жоғарғы белдеуін дәлдік класы В немесе С (дәлдігі әдеттегі немесе дөрекі) бұрандамамен ұстынүстіліктің фасонкасына бекітіледі. Тіректік моменттің күштеуін қабылдатпау және қосылыстың топсалығын қамсыздандыру үшін фасонкадағы ойықтың диаметрін 5-6 мм-ге үлкендеу етіп жасалады.



11.16-сурет. Итарқалық ферманың ұстынға жанынан тірелу түйіні
а – жалпы түрі; б және в – ригельдің ұстынмен қатаң қосылған кездегі жоғарғы белдеуді бекіту нұсқалары; 1– тіректік үстелше

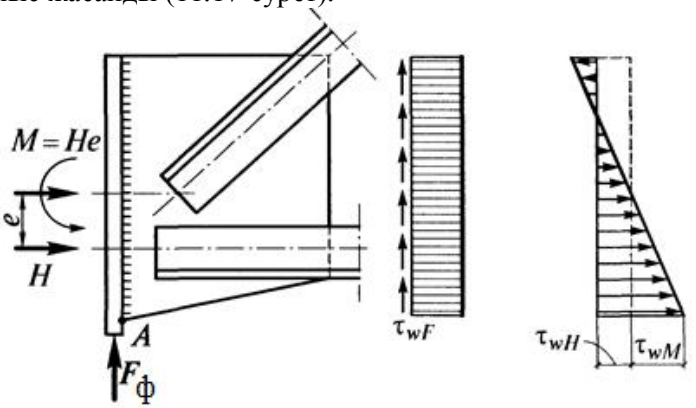
Қатаң бекітілген жағдайда итарқалық ферма ұстынға жанынан қосылады (11.16-сурет). Тіректік қиғаш тірегі жоғары бағыт алған кезде ферманың тік тірек қысымы $F_ф$ төмен жағынан сүргіленген тіректік фланец арқылы алдын ала ұстынға пісіріп қосқан (қысқа бұрыштамадан немесе қалыңдығы t = 30-40 мм сүргілеген табақтан жасалған) арнайы тірек стөлшесіне жеткізіледі. Фланецтің тығыз тірелмегенінен жүктемені жеткізген кезде эсцентриситет пайда болу мүмкіндігін ескере

отырып, стөлшені бекітетін бұрыштық жіктер $F=1,2\ F_ф$ күштеуге есептеледі.

Тіректік фланец ұстынға дәлдік класы В немесе С бұрандалармен бекітіледі. Олар, фланец тіректік үстелшеге тығыз тірелмеген жағдайда пайда болатын ферманың тіректік реакциясын қабылдатпау үшін, диаметрі 3-4 мм-ге артық ойыққа отырғызылады.

Тіректік моменттің $H_1 = M_1 / h_{тір}$ горизонталды күштеуі жоғарғы және төменгі белдеулердің бекіту түйіндерімен қабылданады. Төменгі түйіні раманың $H_р$ кермесінен пайда болатын күштеуді қосымша қабылдайды. Егер ферманың тіректік моментінің таңбасы минус болса, онда H_1 күш $H_р$ сияқты төменгі белдеудің түйін фланецін ұстынға қысып тұрады. Түйіскен беттер бойындағы кернеулер шамалы болғандықтан, оларды тексермеуге болады. Егер тіректік моменттің таңбасы плюс болған жағдайда және күш $H = H_1 + H_р$ фланецті ұстыннан айыратын болса, онда фланецті ұстынға бекітетін бұрандалар сөзуға жұмыс жасайды да, олардың беріктігін бұрандамалық қосылыстың ортасына қатысты горизонталды күштің эксцентриситетін есепке алып тексеру керек.

Фланецті фасонкаға бекітетін жіктері ферманың тіректік реакциясын $F_ф$ және ортасынан тыс түскен (жіктің ортасы төменгі белдеу осімен сәйкес емес) Н күшті қабылдайды. Осы күштеулердің әсерінен бұрыштық жүктер екі бағыттарда кесуге жұмыс жасайды (11.17-сурет).



11.17-сурет. Фланецті фасонкаға бекітетін жіктің есептік сұлбасы

Жіктің металы бойынша беріктікке қорытынды кернеуінің ең үлкен нүктесінде (А нүктесінде) шартты кесуге мына формула бойынша тексеріледі:

$$\tau_w = \sqrt{\tau_{wF}^2 + (\tau_{wH} + \tau_{wM})^2} \le R_{wf}\gamma_{wf}\gamma_c, \qquad (11.5)$$

мұндағы $\tau_{wF} = \dfrac{F_ф}{A_w} = \dfrac{F_ф}{2 \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot \ell_w}$;

$$\tau_{wH} = \frac{H}{A_w} = \frac{H}{2 \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot \ell_w};$$

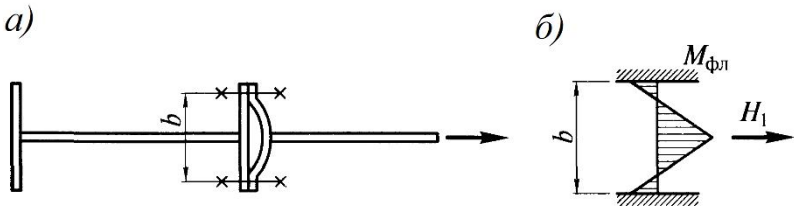
$$\tau_{wM} = \frac{M}{W_w} = \frac{6H \cdot e}{2 \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot \ell_w^2}.$$

Егер $\beta_f R_{wf}\gamma_{wf} > \beta_z R_{wz}\gamma_{wz}$ болса, онда балқып қосылған металының шегі бойынша тексеру қажет.

Тіректік үстелшенің биіктігін анықтайтын формула $h_{ст} = \dfrac{\Sigma \ell_w^{каж.}}{2} + 1\,см$, егер үстелшенің екі жағынан да жік қарастырылған болса. Мұндағы $\Sigma \ell_w^{каж.} = \dfrac{F}{\beta_{f(z)} \cdot k_f \cdot R_{wf(z)}}$.

Жоғарғы белдеуді бекітетін түйінде H_1 күш фланецті ұстыннан тартып айыруға тырысып, оны майысуға ұшыратады (11.18-сурет). Фланецтің майысуы кезінде моменті қысып бекітілген, аралығы бұрандалар арасындағы қашықтыққа тең b арқалықтағыдай анықталады

$$M_{фл} = H_1 \cdot b / 8.$$



11.18-сурет. Жоғарғы белдеудің бекіту түйінінің есептік сұлбасы
а – фланецтің жұмысы; б – есептік сұлбасы

Фланецтің беріктігін тексеру

$$\sigma = \frac{M_{фл}}{W} = \frac{H_1 \cdot b}{8} : \frac{at^2}{6} = \frac{3H_1 \cdot b}{4at^2} \le R_y\gamma_c, \quad (11.6)$$

мұндағы a және t – фланецтің ұзындығы мен қалыңдығы.

Бұрандаларды есептеу $\Sigma A_{bn} = H_1 / R_{bt}$,
мұндағы R_{bt} – бұрандалардың созуға есептік кедергісі.

Фланецті фасонкаға бекіту жігі кесуге жұмыс жасайды. Оның биіктігі мына формула бойынша анықталады:

$$k_f = \frac{H_1}{2a(\beta_{f(z)}R_{wf(z)}\gamma_{wf(z)})_{\min}\gamma_c}. \quad (11.7)$$

Бақылау сұрақтары

1. Жабындардың қандай сұлбалары болады?
2. Итарқаасты фермалар қандай жағдайда қолданылады?
3. Жылы мен суық жаппалық жабындар қалай ажырасады?
4. Жабын бойындағы байланыстың құрамын атаңыз.
5. Ферманың төменгі белдеуі бойындағы байланыс жүйесі неден тұрады?
6. Ұстындар арасындағы байланыстар не үшін қойылады?

7. Ұстындар арасындағы байланыстар қалай орналастырылады?

8. Сырғауылдар тартпалармен не үшін бекітіледі?

9. Тұтас қималы сырғаулдардың орнына қашан керегеторлы сырғауылдар қолданылады?

10. Итарқалық фермаларға қандай жүктемелер әсер етеді?

11. Итарқалық ферманың ұстынға топсалық қосылысы қалай орындалады?

12. Итарқалық ферманың ұстынға қатаң қосылысы қалай орындалады?

12. КӨЛДЕНЕҢ РАМАЛАРДЫ ЕСЕПТЕУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

12.1. Ғимарат қаңқасының жұмысы және есептеу ерекшеліктері

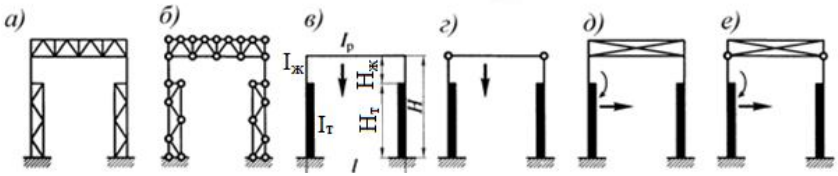
Раманың элементтеріндегі күштеулерді анықтау үшін раманың есептік сұлбасын белгілеу, оған әсер ететін жүктемелерді жинау, раманың статикалық есебін орындау және раманың әр элементтері үшін ең үлкен есептік күштеу беретін жүктемелердің қиыстыруын анықтау керек.

12.1.1. Қаңқаның нақты жұмысы және есептік сұлбасын таңдау

Өндіріс ғимараты өзара кеңістікті қосылған әртүрлі элементтердің құралымдары болып табылады. Бойлық және көлденең байланыстар жүйесімен бірімен бірі қосылған жазық көлденең рамалар негізгі көтергіш құралымдарын құрайды. Одан басқа, қоршаушы элементтер – жаппа мен қабырға толтырғыштары да құралымдар элементтерінің арасындағы байланыстары болып табылады. Сонымен, ғимараттың қаңқасы кеңістікті құралым болып келеді. Оны есептік сұлбаға ауыстырғанда, қаңқаны жазық жүйелерге бөліп, күштеулерді анықтау біршама олқылықтарға келтіреді. Бұл олқылықтар қаңқаның кеңістікті жұмысын шамалап есепке алу арқылы жартылай толықтырылады.

Көлденең рама есептік сұлбасында бірнеше рет статикалық анықталмайтын, түйіндері қатаң өтпелі жүйе (12.1, *а*-сурет) болып табылады. Оның есептеуін жеңілдету үшін, күштеулерді анықтаған кезде, түйіндерінің қатаңдығын елемей топсалы деп саналады (12.1, *б*-сурет). Мұндай болжау тік күштеулерді анықтағанда шамалы қателіктер жібереді. Осындай жүйеде күштеулерді анықтау үшін бастапқы кезінде-ақ барлық сырықтардың инерция моменттері және қимасының аудандары белгілі болуы керек. Сондықтан өтпелі ұстындар мен ферма, есептеген кезде қатаңдылығы эквивалентті, тұтас түріне

алмастырылады. Алынған есептік сұлба, ригельдің ұстынмен қосылу құралымына байланысты, қатаң (12.1, *в* - сурет) немесе топсалы түйіндермен болуы мүмкін (12.1, *г*-сурет).



12.1-сурет. Қаңқаның көлденең рамаларын есептеу ерекшеліктері

Рамаларды горизонталды жүктемеге және майыстырушы моменттерге есептеген кезде раманың жоғарғы түйіндерінің шамалы бұрылу бұрыштарын елемеуге болады, яғни ригель шексіз қатаң деп қабылданады (12.1, *д, е*-сурет). Мұндай болжам көп қателік бермейді егер ригельдің қума қатаңдығының таған қума қатаңдығына қатысы жеткілікті көп болса:

$$к \geq \frac{6}{1+1{,}1\sqrt{\mu}}, \qquad (12.1)$$

мұнда $к = \frac{I_p}{\ell} : \frac{I_m}{H}$; $\mu = \frac{I_m}{I_{ж}} - 1$; $I_т$, $I_ж$, $I_р$ – ұстынның төменгі, жоғарғы бөліктерінің және ригельдің инерция моменттері; ℓ – ригельдің аралығы; Н – ұстынның биіктігі.

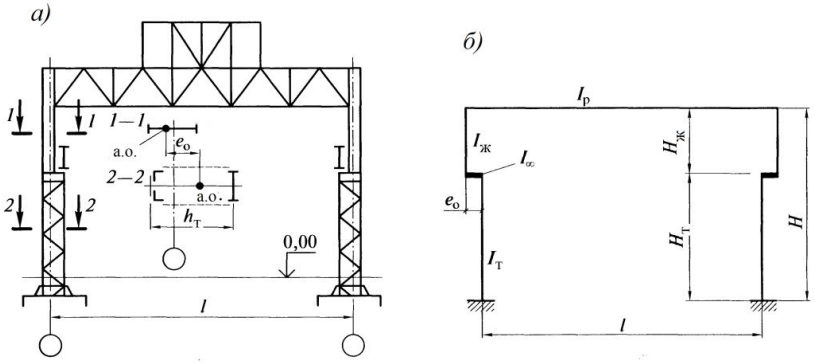
Сонымен өнеркәсіп ғимараттарының болат қаңқасының көлденеңдік рамасын есептеген кезде, есептеу еңбек сіңірімділігін едәуір төмендетіп шамалы олқылыққа келтіретін, қарапайымдалған есептік сұлбалары пайдаланылады.

Қаңқа элементтеріндегі нақты күштеулер дәл есептік сұлба бойынша анықталғанынан әрдайым ажырасады. Ол қабылдаған есептеу әдісіне (деформацияланған немесе деформацияланбаған сұлбасы бойынша), көлденең рамалардың тірелгенінің және оның элементтері қосылыстарының идеалданған жағдайларына байланысты болады.

Есептік сұлбада құралымдық элементтері, түйіндерінде идеалды қосылған, осьтік сызықтармен көрсетіледі. Осында раманың барлық элеметтерінің және, қималарында айырмашылығы бар, жеке бөліктерінің ұзындығы, элементтері мен бөліктері инерция моменттерінің ара қатысы, есептеуге қабылданған элементтердің бір бірімен және іргетаспен қосылу түрлері белгіленуі керек.

Есептік сұлбада ұстындардың геометриялық осі ретінде оның қимасы ауырлық ортасының сызықтары қабылданады. Бірақ алдын ала қималары белгісіз болғандықтан, элементтердің геометриялық осі ретінде қимасы биіктігінің ортасын қабылдауға болады. Ұстын сырықтарының қысып бекітілген жері түптабанның астыңғы деңгейінде деп есептеледі (12.2-сурет).

Ригельдің геометриялық осі ретінде, рамалардың ригелі ұстындарда қатаң қысып бекітілген кезінде, өтпелі ригельдің (ферманың) төменгі белдеуінің осі немесе тұтас ригель биіктігінің ортасы қабылданады, ал ригелі ұстынға топсалы қосылған ғимараттарда – тіректік топсаларының ортасын қосатын сызық қабылданады. Шамалы еңістікпен (1:8) орналасқан ригельдерді есептік сұлбасында горизонталды деп қабылдауға болады.



12.2-сурет. Бір аралықты раманың сұлбасы:
а – құралымдық; б – есептік

12.2-суретте сатылы ұстынға ригелі қысып бекітілген бір аралықты раманың құралымдық және есептік сұлбалары

келтірілген. Шеткі қатардағы сатылы ұстындардың жоғарғы мен төменгі бөліктерінің ауырлық ортасы бір осьте орналаспаған, сондықтан раманың тағанында ұстындар осьтерінің арасындағы қашықтыққа тең горизонталды кемері бар.

Ұстын кемерінің өлшемін «e_0» және ұстынның төменгі «$I_т$» мен жоғарғы «$I_ж$» бөліктерінің және ригельдің «$I_р$» инерция моменттерін анықтау үшін олардың қима өлшемдерін білу керек. Олар жобалаудың бұл кезеңінде әлі белгісіз. Сондықтан ұқсас имараттардың жобалау мәліметтері пайдаланылады. Өнеркәсіп ғимараттарын жобалау тәжірибесі бойынша ұстынның жоғарғы мен төменгі бөліктерінің ауырлық ортасы арасындағы қашықтығы

$$e_0 = (0{,}45 \ldots 0{,}55)\, h_т - 0{,}5\, h_ж,$$

мұндағы $h_т$ мен $h_ж$ – ұстынның сәйкес төменгі және жоғарғы бөліктері қимасының биіктігі.

Раманы статикалық есептеу үшін элементтерінің инерция моменттерінің тек ара қатысын білу жеткілікті. Бұл ара қатыстарын мына шамаларда қабылдауға болады

$$I_т / I_ж = 5 \ldots 10; \qquad I_р / I_т = 2 \ldots 6.$$

Ұстынның горизонталды бөлігінің (кемерінің) инерция моменті шексіздікке тең деп қабылданады.

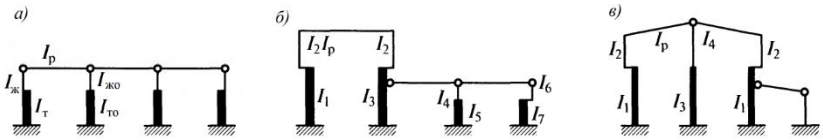
Көп аралықты рамалардың ортаңғы ұстындары шеткілеріне қарағанда едәуір қуаттылау келеді, ортаңғы ұстынның төменгі бөлігі инерция моментінің $I_{то}$ және жоғарғы бөлігінің $I_{жо}$ шеткі ұстынның сәйкес бөліктерінің инерция моментіне қатысы әдетте мынаны құрайды:

$I_{то} / I_т = 10 \ldots 30$ – ішкі және шеткі ұстындардың адымы бірдей кезінде;

$20 \ldots 60$ – ішкі ұстындардың адымы шеткі ұстындардағыдан екі есе артық болған кезде;

$I_{жо} / I_ж = 1{,}5 \ldots 3$ – ішкі және шеткі ұстындардың адымы бірдей кезінде;

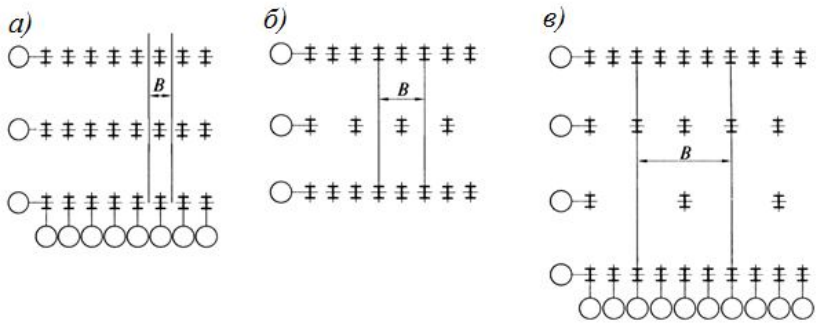
$2{,}5 \ldots 7$ – ішкі ұстындардың адымы шеткі ұстындардағыдан екі есе артық болған кезде.



12.3-сурет. Көп аралықты рамалардың есептік сұлбалары:
а – аралықтарындағы биіктігі бірдей кезінде; б, в – күрделі жағдайларда

Көп аралықты ғимараттарда ригельдің ұстындармен топсалы қосылуын қабылдау керек. Жұмыс ережесінің тобы 7К, 8К мен ауыр крандары бар ғимараттарда және де конфигурациясы күрделі көп аралықты рамалардың биіктеу аралықтарының ригелі ұстынмен қатаң қосылады (12.3-сурет).

Бойлық бағытта раманың есептік сұлбасына екі параллельді жазықтықтармен қиылған ғимарат ячейкасы (ені «В» есептік блок) кіреді. Ұстынның ішкі және шеткі қатарындағы ұстындардың адымы бірдей болған кезінде (бір аралықты ғимараттарда да) блоктың ені осы адымға «В»-ге тең (12.4, *а*-сурет). Ұстындар адымы әртүрлі болған кезде есептік блок адымы ең үлкен қатары бойынша белгіленеді (12.4, *б,в*-сурет).



12.4-сурет. Есептік блоктардың сұлбалары (В – блоктың ені)
а – ортаңғы және шеткі қатардағы ұстындардың адымы бірдей кезінде; б, в – соның өзі, адымдары әр түрлі кезінде

Есептік блоктар аралығындағы әр қатардағы ұстындардың қатаңдықтарын қосып және блок арасында құралымдарға әсер ететін жүктемелерді есепке алып, есептік блок жазық есептік сұлбаға келтіріледі.

12.1.2. Көлденең рамаға әсер ететін жүктемелер

Цехтың көлденең рамасына тұрақты жүктемелер (ғимараттың көтергіш және қоршау құралымдарының салмағынан), уақытша технологиялық жүктемелер (көпірлі крандардан, аспалы көліктерден, жұмыстық алаңшалардан) және атмосфералық жүктемелерден (қар мен желден) әсер етеді. Кейбір жағдайларда сейсмикалық әсерлерден, тіректердің шөгуінен, технологиялық үрдісінің апаттық бұзылуынан және басқалардан пайда болатын ерекше жүктемелерді есепке алу керек болады.

Рама әр жүктемеге жеке есептелуі керек. Себебі, раманың әртүрлі элементтеріндегі есептік күштеулері жүктемелердің түрлі қиыстыру кездерінде алынады.

12.1.3. Тұрақты жүктемелер

Жабынның көтергіш және қоршаушы құралымдары салмағынан пайда болатын тұрақты жүктемелер ригельдің ұзындығы бойынша біркелкі таралған түрінде қабылданады.

Жабынның 1 м^2 бетіне түсетін есептік тұрақты жүктемені кесте түрінде анықтаған қолайлы болады

Жүктеменің құрамы	Мөлшерлік жүктеме g_n, кПа	Жүктеме бойынша сенімділік еселеуіш, γ_f	Есептік жүктеме g, кПа,

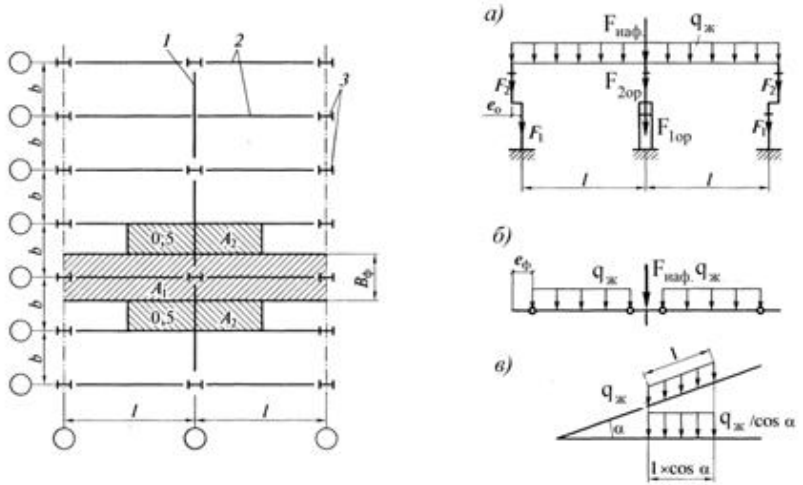
Жүктеме құрамына жаппаның барлық қабаттарының, ферма құралымдарының, фонарьлардың, байланыстардың өздеріне тиісті жүктеме бойынша сенімділк еселеуіштерімен жүктемелері кіреді.

Ригельге түсетін қума q жүктемені табу үшін 1 м^2 жабын бетіне келетін g жүктемені жүктеу ауданының еніне (ригельдер арасындағы қашықтыққа) $B_ф$ көбейту керек

$$q = g \cdot B_ф / \cos\alpha. \qquad (12.2)$$

Итарқаасты фермалар болған кезде ұстындарға тағы итарқаасты фермалардың тіректік реакциясына тең $F_{иаф}$, шоғырланған күш түсіріледі (12.5-сурет).

Есептеуді жеңілдету үшін қалған тұрақты жүктемелерді шоғырланған күштерге жинақтап, шартты түрде ұстынның кран үсті және кран асты бөліктеріне қималарының өсі бойынша түсіріледі (12.5-сурет).



12.5-сурет. Тұрақты жүктемелерге есептеген кездегі рамалардың есептік сұлбалары:

а – ригель мен ұстынның қатаң қосылған кездегі есептік сұлбасы; б – соның өзі, топсалы қосылған кездегі; в – жаппаның еңкіштігін есепке алу; 1 – итарқаасты ферма; 2 – итарқалық фермалар; 3 – ұстындар

Ұстынның төменгі бөлігінің меншікті салмағы және раманың астынан ұстынның кемеріне дейінгі бөліктегі қабырғаның жүктемесі (қабырға көтергіш емес кезінде) F_1 күштің құрамына кіреді. Осыған ұқсас F_2 күштің құрамына ұстынның жоғарғы бөлігінің салмағы мен кемерден жоғары ілмелі

қабырғаның салмағы кіреді. F_{1op}, F_{2op} күштер ұстынның төменгі және жоғарғы бөліктерінің салмағына тең. Цехтың биіктігіне, ұстындардың адымына және кранның жүк көтергіштігіне байланысты әдеттегі өнеркәсіптік ғимарат ұстындарының салмағы 2 т-дан 10 т-ға дейін қабылданады, және де кран үсті бөлігінің салмағы 15-25 %-ды құрайды.

Есептеуді жеңілдету үшін кранасты арқалықтың меншікті салмағы әдетте тұрақты жүктememен емес, кран жүктемесімен біріктіріледі.

Өндірістік ғимарттардың болат қаңқасы құралымдық элементтерінің меншікті салмағын, жобаланған ғимараттарды талдау негізінде құралған, 12.1-кестеден шамалап анықтауға болады.

12.1-кесте

Өндірістік ғимараттарға кететін болат шығыны

Көпірлі крандардың жүк көтергіштігі, т	Ғимарттың 1м^2-не кететін болат шығыны, кг / м^2			
	шатыр	ұстындар	кранасты арқалықтар	барлығы
100-ге дейін	30-45	25-60	20-60	80-150
125-250	30-45	55-90	40-100	140-250

12.1.4. Уақытша жүктемелер

Қар жүктемесі ригельдің ұзындығы бойынша біркелкі таралады деп қабылданады. Жабынның 1 м^2 горизонталды проекциясына түсетін қардың мөлшерлік жүктемесінің шамасы мына формула бойынша анықталады:

$$S_n = S_0 \cdot \mu, \qquad (12.3)$$

мұндағы S_0 – ҚНжЕ [5] бойынша құрылыс орнының ауданына байланысты жердің 1 м^2 горизонталды бетіне түсетін мөлшерлік қардың салмағы; μ – жер бетіндегі қардың салмағынан жабын үстіндегі қар жүктемесіне көшіретін еселеуіш.

Рама ригеліне түсетін есептік қума жүктемені табу үшін мөлшерлі жүктеме γ_f жүктеме бойынша сенімділік еселеуішіне және раманың «$B_ф$» адымына көбейтіледі

$$q_S = S_n \cdot \gamma_f \cdot B_ф. \qquad (12.4)$$

Қар жүктемесі бойынша сенімділік еселеуіші, жабын құралымдарын есептеген кезде, жабынның мөлшерлік меншікті салмағы мен қар салмағының ара қатысына $g_ж$ / S_0 байланысты қабылданады. Қалған жағдайларда $\gamma_f = 1{,}4$.

Мол жылу бөлінетін цехтардың жылытылмайтын жабындары үшін жаппаның еңістігі 3 %-дан көптеу және еріген қар суын бұрып әкетуі қамтамасыз етілсе, қар жүктемесін 20 %-ға төмендетуге болады.

Ғимараттар мен имараттарға әсер ететін *жел жүктемесі* статикалық және динамикалық құраушыларының қосындысы ретінде анықталады. Желдің қалыптасқан қысымына сай келетін статикалық құраушысы барлық жағдайларда есепке алынуы керек. Жел қысымының соғуынан пайда болатын динамикалық құраушысы, биік имараттарды (мачталарды, мұнараларды, түтін құбырларын және с.с.), биіктігі 36 м-ден асатын, биіктігінің аралығына қатысы 1,5-тен асқанда соның ішінде бір қабатты, бір аралықты өндірістік ғимараттарды есептеген кезде ескерілуі керек. Мұндай ғимараттар өте сирек кездеседі, сондықтан жел жүктемесінің тек статикалық құраушысы қарастырылады. Осы статикалық құраушысына әдетте бір қабатты өндірістік ғимараттардың рамалары есептеледі.

Желдің статикалық құраушысы ғимаратқа жел жағынан қысымды, ал қарама-қарсы жағынан соруды тудырады (қысым мен сорудың әсерлері бір бағытта болады).

Жел жүктемесінің 1м^2 жазықтыққа әсер ететін мөлшерлік орташа шамасы w_m мына формула бойынша анықталады:

$$w_m = w_0 \cdot к \cdot с, \qquad (12.5)$$

мұндағы w_0 – құрылыс ауданына байланысты ҚНжЕ [5]-тен қабылданатын жел қысымының мөлшерлік шамасы; с – ғимараттың конфигурациясына байланысты аэродинамикалық еселеуіш.

Әдеттегі өндіріс ғимараттары үшін жел жағында c = 0,8 және ық жағында (сору) c′ = 0,6; к – биіктігіне және жердің түріне қарай жел қысымының өзгеруін ескеретін еселеуіш.

Жер деңгейінен жоғарлаған сайын жел қысымы да арта түседі. Бірақ құрылыс құжаттарында жер бетінен 5,0 м биіктікке дейін жел қысымы өзгерілмейді деп қабылданған. 10 м биіктіктегі жел қысымы мөлшерлік ретінде қабылданған, ал одан биік кезіндегі жел қысымының көбеюі k еселеуішімен ескеріледі. Жобаланатын ғимараттардың биіктіктері және желден қорғануы әртүрлі болған жағдайларда «k» еселеуішінің шамасы да өзгере береді.

ҚНжЕ [5] сәйкес жер үш түрге бөлінеді:

А – ашық (дала, орманды дала, шөл дала және с.с.);

В – бөгетті (қала маңы, орман алқабы және басқа да жерлер биіктігі 10 м-ден жоғары біркелкі таралған кедергілері бар);

С – кедергілерінің биіктігі h > 25 м.

Желдің белсенді қысымынан және соруынан рамада пайда болатын есептік қума жүктемелері сәйкес мына формулалармен анықталады:

$$q_w = w_m \cdot \gamma_f \cdot B = w_0 \cdot k \cdot c \cdot \gamma_f \cdot B,$$

$$q_w' = w_m \cdot \gamma_f \cdot B = w_0 \cdot k \cdot c' \cdot \gamma_f \cdot B,$$

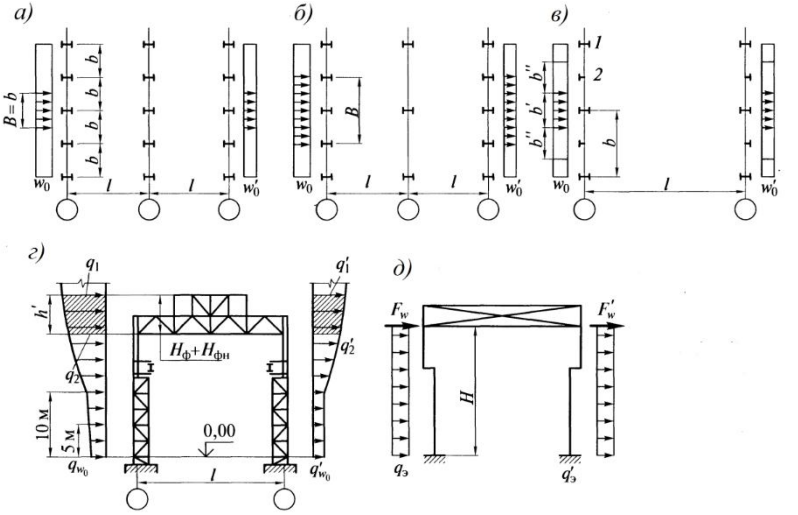
мұндағы γ_f – желдің жүктемесі бойынша сенімділік еселеуіші, γ_f = 1,4; B – рамалардың адымы (немесе есептік блоктың ені).

Есептеуді жеңілдету үшін ұстынға түсетін нақты жел жүктемесін әдетте $q_э$ эквивалентті ұстынның ұзындығы бойынша біркелкі таралғанға алмастырылады.

Ұстынның ұзындығы бойынша біркелкі таралған эквивалентті жүктемені, қысып бекітілген тағандағы жел қысымының нақты эпюрасының майыстырушы моментін біркелкі таралған жүктеменің моментіне теңестіріп, табуға болады

$$M = \frac{q_э \cdot H^2}{2}; \qquad q_э = \frac{2M}{H^2},$$

мұндағы Н – тағанның биіктігі, М – биіктігі Н консольді тағандағы нақты жел қысымы эпюрасының майыстырушы моменті.



12.6-сурет. Рамаға түсетін жел жүктеменің есептік сұлбасы:
а – ішкі және шеткі қатарлардағы ұстындардың адымдары бірдей кезінде; б – соның өзі, адымдар әртүрлі кезінде; в – бойлық фахверктері бар кезінде; г – көлденең рамаға жел жүктемелерінің әсер ету сұлбасы; д – сәйкес есептік сұлбасы; 1 – ұстын; 2 – фахверк тағаны

Ригельдің астынан цехтың ең жоғары нүктесіне дейінгі h′ бөлігінде әсер ететін жел жүктемесі, рама ригелінің асты деңгейінде түскен шоғырланған күшпен алмастырылады. Белсенді қысымның F_w және сорудың F_w' күштері, қысым эпюрасының штрихтелген бөлігінің ауданына тең болады

$$F_w = \frac{q_1 + q_2}{2} \cdot h' \qquad \text{және} \qquad F_w' = \frac{q_1' + q_2'}{2} \cdot h' .$$

Биіктігі бірдей көпаралықты ғимараттардың шеткі тағандарына түсетін жел жүктемелері тура солай анықталады.

Конфигурациясы күрделілеу немесе бойлық фахверктері бар ғимараттарда жел әсерінің нақты жағдайлары ескеріледі.

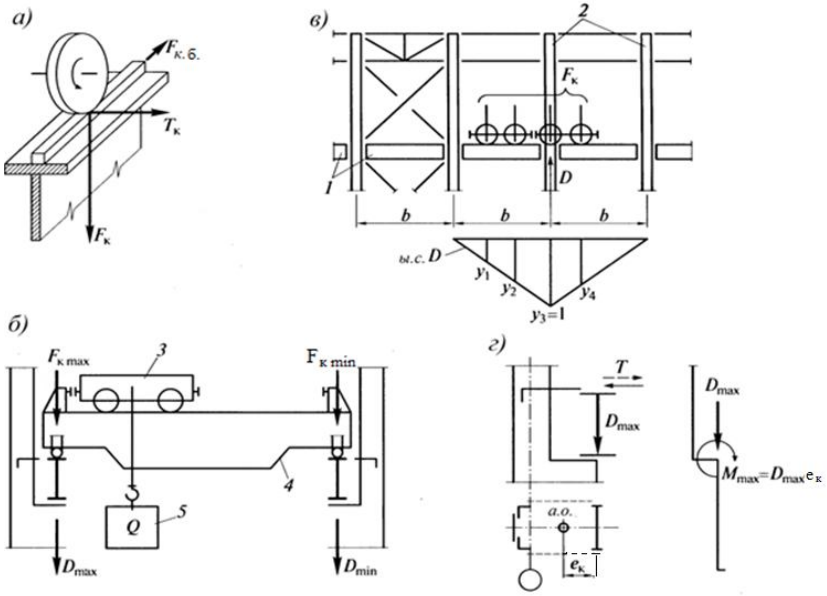
Көпірлі крандардың жүктемесі. Өндіріс ғимараттары көбінде бірнеше крандармен (әр аралықта бірнешесімен) жабдықталады. Олардың рамаға бір мезгілде қосылып қолайсыз әсер ету мүмкіншілдігі шамалы, сондықтан бір аралықты рамаларды есептеген кезде кран жүктемесі, жүк көтергіштігі ең үлкен екі жақындалған крандардан (арнайы «ψ» үйлесім еселеуішін ескере) есепке алынады. Іс жүзінде қосақталған екі крандардың жұмыс істеуі жиі кездеседі. Көп аралықты ғимараттарда тік жүктемелер төрт кранан (жүк көтергіштері ең үлкен екі кранан әр аралықтарда, олардың көршілес болуы міндетті емес) қабылданады. Оларға жүк артқан кезде рамада ең үлкен күштеулер пайда болуы керек. Барлық ғимараттарда горизонталды жүктемелер екі кранан үйлесім еселеуішімен қабылданады.

Кран жүктемесінің үйлесім еселеуіштері бір мезгілде ескерілетін крандардың санына және олардың жұмыс ережесі тобына байланысты. Тік және горизонталды жүктемелерді тек бір кранан есепке алған кезде $\psi = 1,0$; тік немесе горизонталды жүктемелерді екі кранан есепке алғанда: жұмыс ережесінің тобы 6К-ға дейін $\psi = 0,85$; жұмыс ережесінің тобы 7К, 8К үшін $\psi = 0,95$; төрт кранның тік жүктемесін есепке алғанда жұмыс ережесінің тобы 6К-ға дейін $\psi = 0,7$, ал жұмыс ережесінің тобы 7К, 8К болғанда $\psi = 0,8$.

Кранның тік түсетін жүктемесі. Көлденең раманы есептеу үшін кран- асты арқалықтың ұстындарға түсіретін ең үлкен $Д_{max}$ мен ең кіші $Д_{min}$ қысымдарын анықтау керек.

Көпір үстіндегі кран арбашасы, ілгегіндегі жүгінің салмағы кранның жүк көтергіштігіне тең жүгі бар, ұстынға барынша жақындаған кезде сол ұстында $Д_{max}$ қысым пайда болады. Ал, оған қарама-қарсы раманың ұстынына $Д_{min}$ қысым жеткізіледі (12.7, *б*-сурет).

Кран доңғалақтарымен ұстынға жеткізілетін $Д_{max}$ мен $Д_{min}$ есептік күштеулерін, арқалықтарда кранды ең қолайсыз орналастырған кезде, кранасты арқалықтар тірек реакциясының ықпал сызығы бойынша табуға болады (12.7, *в*-сурет).



12.7-сурет. Көпірлік кранның рамаға түсіретін жүктемелерін анықтау
а – кран дөңгалағының рельске түсіретін күштеулерінің сұлбасы; б – көпірлік кранның есептік сұлбасы; в – кранасты құралымдарын жүктеу сұлбасы және ықпал сызығы; г – ұстынды жүктеу есептік сұлбасы; 1 – кранасты арқалықтар; 2 – ұстындар; 3 – кран арбашасы; 4 – кран көпірі; 5 – жүк

$$Д_{max} = \gamma_f \cdot \psi \cdot \sum F_{к\,max} \cdot y + G_{кк} + \gamma_f \cdot g_n \cdot b_т \cdot b, \qquad (12.6)$$

$$Д_{min} = \gamma_f \cdot \psi \cdot \sum F_{к\,min} \cdot y + G_{кк} + \gamma_f \cdot g_n \cdot b_т \cdot b, \qquad (12.7)$$

мұндағы γ_f – жүктеме бойынша сенімділік еселеуіш; ψ – үйлесім еселеуіші; $F_{к\,max}$ – арбашаның таялған жолына кран доңғалағынан жеткізетін мөлшерлік тік күштеу (оның мәні крандардың стандарттарында немесе кран куәлік құжатында берілген); y – кранасты арқалықтардың тірек реакциялары ықпал сызығының ординатасы; $G_{кк} = \gamma_f \cdot q_{кк} \cdot b$ – кранасты құралымдардың салмағы; $q_{кк}$ – кранасты құралымдардың қума метр ұзындығының салмағы; g_n – тежеу алаңшасының үстіндегі

пайдалы мөлшерлік жүктеме (1,5 кН / м^2); $b_т$ – тежеу алаңшасының ені; b – ұстындар адымы.

Кран доңғалағынан қарама-қарсы жолға түсетін минималды күштеу

$$F_{k\min} = \frac{G_{кр} + Q_{кр}}{n_0} - F_{к\max}, \qquad (12.8)$$

мұндағы $Q_{кр}$ – кранның жүк көтергіштігі; $G_{кр}$ – кранның арбашасымен салмағы; n_0 – кранның бір жағындағы доңғалақтарының саны.

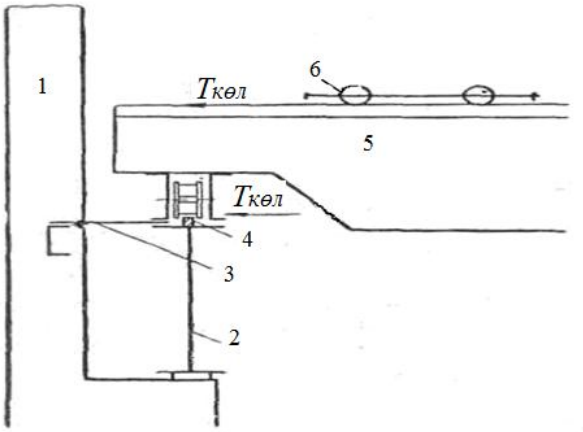
Кранасты арқалық, ұстынның төменгі бөлігінің осіне қатысты, эксцентриситетпен орналасады. Сондықтан кранның $Д_{max}$ мен $Д_{min}$ тік жүктемелерінен ұстындардың кемері деңгейінде майыстырушы моменттер пайда болады

$$M_{max} = Д_{max} \cdot e_к \quad және \quad M_{min} = Д_{min} \cdot e_к, \qquad (12.9)$$

мұндағы $e_к$ – кранасты арқалықтың өсінен ұстынның кранасты бөлігі қимасының ауырлық ортасына дейінгі қашықтық.

Шеткі сатылы ұстындар үшін $e_к = h_т - \frac{h_ж}{2} - e \approx (0{,}5...0{,}6) \cdot h_т$, ал, ортаңғы қатардағы симметриялы сатылы ұстындар үшін $e_к = h_т / 2$.

Кранның көлденең тежеуі. Крандардың қиғаштануы, арбашаның тежеуі, кранның рельс бойымен қозғалған кезінде доңғалақтарының керу әсерлерінен, ұстындарға тежеу арқалықтарымен немесе фермаларымен жеткізілетін, горизонталды күштер пайда болады (12.8-сурет).



12.8-сурет. Кранның көлденең тежеу күшін анықтау
1 – ұстын; 2 – кранасты арқалық; 3 – тежеуіш арқалық немесе ферма; 4 – кран рельсі; 5 – көпірлі кран; 6 – кран арбашасының доңғалағы

Көлденең тежеу күшінің мөлшерлік шамасы мына формула бойынша анықталады:

$$T_0^n = f \cdot (Q_{кр} + G_a) \cdot \frac{n_0^{'}}{n^{'}}, \qquad (12.10)$$

мұндағы f – арбашаның тежеу кезіндегі үйкеліс еселеуіші, жүк ілгіші иілгіш крандар үшін оның шамасы 0,1-ге және қатаң ілгішті крандар үшін 0,2-ге тең; $Q_{кр}$ – кранның жүк көтергіштігі; G_a – кран арбашасының салмағы, ол крандардың стандарттары бойынша қабылданады немесе $G_a \approx 0{,}3\ Q_{кр}$; n_0' – арбашаның тежеуіш доңғалақтарының саны; n' – арбашаның барлық доңғалақтарының саны; әдетте $\frac{n_0'}{n'} = 0{,}5.$

Тежеуіш күш T_0^n толығымен бір кранасты арқалыққа жеткізіліп, осы кран рельсінің үстіндегі кран доңғалақтарының

арасына тең таралады. Сонымен, көлденең тежеуінен кранның бір доңғалағының бүйір жағына қысымы

$$T_к^n = \frac{T_0^n}{n_0} = 0{,}1 \cdot (Q_{кр} + G_a) \cdot \frac{0{,}5}{n_0} = \frac{0{,}05 \cdot (Q_{кр} + G_a)}{n_0}, \qquad (12.11)$$

мұндағы n_0 – көпірлі кранның бір жағындағы доңғалақтарының саны.

Кран арбашасының көлденең тежеу күшінің есептік горизонталды «Т» күшін анықтайтын формула

$$T = \gamma_f \cdot \psi \cdot \Sigma T_к^n \cdot y, \qquad (12.12)$$

мұндағы γ_f – жүктеме бойынша сенімдік еселеуіш; ψ – үйлесімдік еселеуіш; у – кранасты арқалықтардың тірек реакциясы ықпал сызығының ординатасы.

12.1.5. Көлденең рамаларды есептеген кезде қаңқаның кеңістікті жұмыс істеуін есепке алу

Рамаларды горизонталды жүктемелерге және кранның тік жүктемесі ортасынан тыс түскен әсеріне есептеген кезде горизонталды жылжуын, жеке жазық көлденең рамалардың өзара байланысқанын есепке алып, анықтауға болады. Өзара байланыстары бойлық элементтер – горизонталды байланыстармен және жаппаның қатаң төсемімен жүзеге асырылады.

Шоғырланған жүктемелердің (яғни көлденең тежеудің горизонталды күштері және ұстындарға ортасынан тыс түскен кранның жүктемелерінің әсерінен пайда болған шоғырланған моменттер) әсері кезінде цехтың көлденең рамаларының бірлескен жұмысын есепке алу ең маңыздысы болып табылады.

Жаппа кішіөлшемді элементтерден орындалып айтарлықтай горизонталды жүктемелерді қабылдай алмайтын, ал күштеулердің жеткізілуі көбінесе ферманың төменгі белдеуі

бойындағы горизонталды бойлық байланыстармен қамтамасыздандыратын жағдайын қарастырамыз (12.9, *а*-сурет).

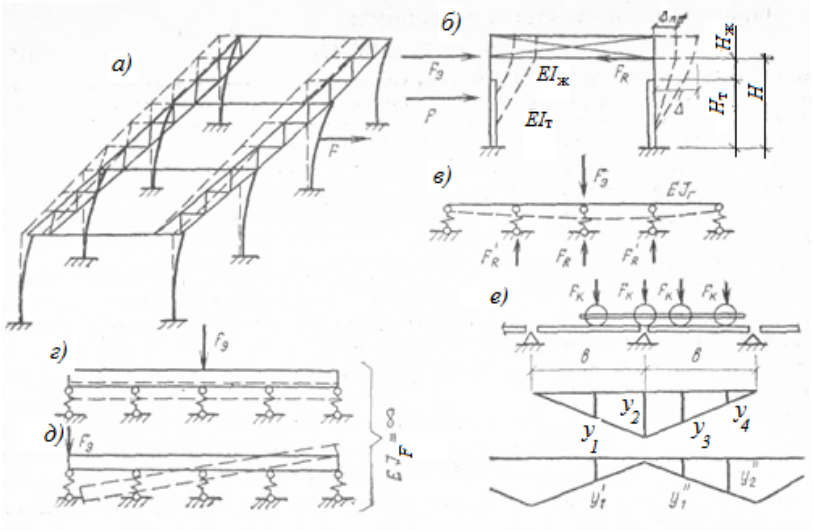
Жүктеме әсер еткен кезде қаралып отырған (яғни, жүктелген) көлденең рама орнынан жылжып, байланыстары арқылы жұмысқа блоктың қалған рамаларын да қосады. Жазық еркін рамаға әсер ететін сыртқы күштерді раманың байланыстар жүйесіне қосылған деңгейіне түсіріп, осы жерде сыртқы күштей орнынан Δ-ға жылжытатын, эквивалентті «$F_э$» күшке ауыстыруға болады (12.9, *б*-сурет). Бойлық байланыстар қиылмайтын серпімді тіректердегі, көлденеңдік рамалармен топсалы қосылған арқалықтар ретінде қарастырылады (12.9, *в*-сурет). Мұнда көлденең рамалар серпімді тіректері болып табылады. Осындай арқалықтарды, шоғырланған «$F_э$» күштің әсерін есептелетін рамаға түсіріп, есептеу нәтижесінде тірек реакциясы анықталады. Зерттеулердің көрсетуі бойынша жұмысқа жүктелетінімен бірге 5-6 рамалар тартылады. Сонан соң эквиваленттік күш пен тірек реакциясы F_R арасындағы қатынасын табуға болады

$$F_R / F_э = \alpha.$$

Осы еселеуішті пайдалана отырып эквиваленттік күш бойынша тірек реакциясының шамасын табуға болады

$$F_R = \alpha \cdot F_э.$$

α еселеуіштің шамасы тіректің қатаңдылығы мен арқалықтың (байланыстар) қатаңдылығының ара қатысына байланысты, яғни ұстынның «H» биіктігіне, сатылы ұстынның жоғарғы мен төменгі бөліктері қума қатаңдылықтарының ара қатысына, көлденең рамалардың «b» адымына және күштеулерді қайта бөлетін горизонталды элементтер қатаңдылығының қосындысына тәуелді.



12.9-сурет. Қаңқаның кеңістікті жұмысын есепке алу:
а – қаңқаның кеңістікті сұлбасы; б, в, г – көлденең раманың есептік сұлбалары; д – горизонталды бойлық байланыстардың есептік сұлбасы; е – кран жүктемесінің есептік сұлбасы және ықпал сызықтары

«α» еселеуішінің (серпімді тойтарысының) геометриялық параметрлерінен тәуелділігі 12.2-кестеде β еселеуіштің функциясында берілген

$$\beta = \frac{b^3 \Sigma I_m \cdot d}{H^3 \Sigma I_г}, \qquad (12.13)$$

мұндағы b – көлденең рамалардың адымы; H – ұстынның биіктігі; I_m – ұстын төменгі бөлігінің инерция моменті; d – сатылы ұстынды жылжуы бойынша эквивалентті, қимасы тұрақты ұстынға келтіру еселеуіші; $I_г$ – горизонталды элементтерінің инерция моменті.

Қаңқаның құралымы әдеттегі кезінде $\Sigma I_т / \Sigma I_г = 0,25…0,5$.

12.2-кесте

Үстындары бір сатылы бес рамадан тұратын блок үшін α және α′ еселеуіштері

β	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,1	0,15	0,2	0,5
α	0,86	0,77	0,73	0,71	0,69	0,67	0,62	0,58	0,56	0,46
α′	-0,14	- 0,2	- 0,22	- 0,24	- 0,25	- 0,25	- 0,26	- 0,26	- 0,26	- 0,26

α еселеуіші тек жалғыз жазық рамадан тұратын блоктың жүктелуін есепке алады. Нақтысында кранның тік және горизонталды жүктемелері бір мезгілде оған іргелес рамаларға да әсерін тигізеді. Бұл кезде байланыстардың серпімді тойтарыс шамасы азаяды, демек есептелетін рама жүктеледі.

Әдетте жүктеменің ықпалын екі іргелес рамаларға ескерген жеткілікті. Екі іргелес рамалардың жүктелуіне сәйкес келетін $F_э'$ және $F_э''$ мәндерін негізгі жүйеде ортаңғы және оған іргелес рамаларға келетін жүктемелердің ара қатынасына қарай анықтауға болады (12.9, *е*-сурет).

$$F_э' = \frac{\Sigma y'}{\Sigma y} \cdot F_э \qquad \text{және} \qquad F_э'' = \frac{\Sigma y''}{\Sigma y} \cdot F_э. \qquad (12.14)$$

Іргелес рамаларын кран жүктемесімен жартылай жүктелуінің есептелетін рамаларға ықпалын ескеретін α′ еселеуішінің мәндері 12.2-кестеде келтірілген.

Есептелетін раманың толық серпімді тойтарысының шамасы

$$F_R = \alpha \cdot F_э + \alpha' (F_э' + F_э''). \qquad (12.15)$$

Бұдан әрі қарай раманы жазық ретінде қарастырып, бірақ байланыстардың серпімді тойтарысы F_R есепке алынады. Оны есептік сұлбаға ригельдің төменгі белдеуі деңгейіне түсірілген, раманың жылжу бағытына қарсы бағытталған күш ретінде кіреді.

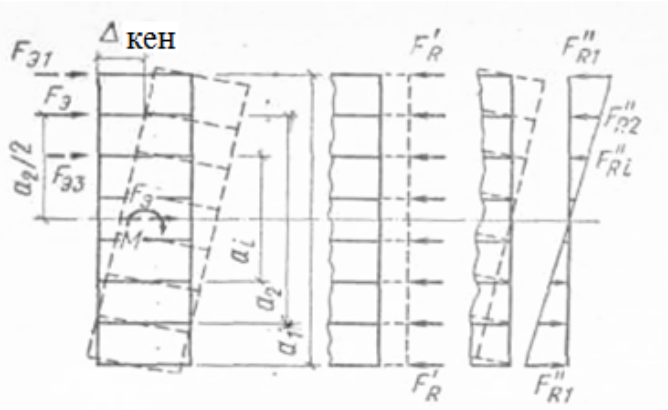
$F = F_э - F_R$ айырымы кеңістікті блоктағы жазық раманың жылжуын шақыратын күшті анықтайды. Ал, $\alpha_{кең} = F / F_э$ еселеуіш кеңістікті жұмысының еселеуіші деп аталады.

Кран дөңғалақтарындағы күштеулер бірдей екеін ескерсек

$$F_э^{'} + F_э^{''} = \frac{\Sigma y' + \Sigma y''}{\Sigma y} \cdot F_э = \frac{n_0 - \Sigma y}{\Sigma y} \cdot F_э = \left(\frac{n_0}{\Sigma y} - 1 \right) \cdot F_э ,$$

$$\alpha_{кен} = \frac{F}{F_э} = \frac{F_э - \alpha F_э - \alpha' \cdot (F_э' + F_э'')}{F_э} = \frac{F_э - \alpha F_э - \alpha' (\frac{n_0}{\Sigma y} - 1) F_э}{F_э} = 1 - \alpha - \alpha' \left(\frac{n_0}{\Sigma y} - 1 \right), \quad (12.16)$$

мұндағы α және α' – 12.2-кесте бойынша қабылданатын еселеуіштер; n_0 – кранасты арқалықтардың бір жібіндегі крандар дөңғалақтарының саны; Σy – қарастырылатын раманың реакцияларының ықпал сызықтары ординаттарының қосындысы.



12.10-сурет. Қатаң жаппа кезінде дисктің жылжуы және рамалардың реакциялары

Ғимарат қаңқасының кеңістікті жұмысына бойлық байланыстардан басқа қатаң жаппа да маңызды ықпалын тигізеді. Құрастырмалы темірбетоннан немесе болат панелдерден және пішінделген болат табақтардан жасалған жаппалар қатаңдысына

жатады. Қатаң жаппа кезінде, егер кран жүктемесінің эквиваленттік күші $F_э$ қаңқаның шеткі рамасына түсірілгенде раманың ең үлкен жылжуы пайда болады. Бірақ, шеткі рама басқаларына қарағанда аздау жүктелетінін ескеріп, $\alpha_{кең}$ еселеуіші температуралы блоктың шетінен екінші рамасы үшін анықталады.

Егер $F_э$ күшті шамасы бірдей бірақ блоктың ортасынан түсірілген күшке және $M = F_э \cdot a_2 / 2$ алмастырсақ, онда орын ауысу кезінде тойтарыстар $F_R'' = F_э / n$, мұндағы n – блоктағы рамалардың саны. Ал, бұрылыстан пайда болатын тойтарысты F_{Ri}'' мына тепе-теңдік теңдеуінен табуға болады

$$M = \frac{F_э \cdot a_2}{2} = \Sigma F''_{Ri} a_i ; \qquad (12.17)$$

$$F''_{Ri} = \frac{F_э \cdot a_2}{2 \cdot \Sigma a_i} . \qquad (12.18)$$

$\frac{F''_{R2}}{F''_{Ri}} = \frac{a_2}{a_i}$ екенін ескере отырып, рама бүйірінен екінші раманың бұрылуынан пайда болатын тойтарысты мына формула бойынша табуға болады

$$F''_{R2} = \frac{F''_{Ri} \cdot a_2}{a_i} = \frac{F_э \cdot a_2^2}{2 \cdot \Sigma a_i^2} .$$

Екінші раманың орын ауыстырудан және бұрылуынан іргелес рамаларды жүктеуін есепке алумен жиынтық серпімді тойтарысы

$$F_R = F'_R + F''_{R2} = F_э \cdot \left(\frac{1}{n} + \frac{a_2^2}{2\Sigma a_i^2} \right) \cdot \frac{n_0}{\Sigma y}$$

Бұл жағдайда кеңістікті жұмыс еселеуіші

$$\alpha_{кен} = \frac{F}{F_э} = \frac{F_э - F_R}{F_э} = \frac{n_0}{\Sigma y}\left(\frac{1}{n} + \frac{a_2^2}{2\Sigma a_i^2}\right), \qquad (12.19)$$

мұндағы n – блоктағы рамалардың саны; a_i – блоктың ортасына қатысты симметриялы орналасқан рамалар арасындағы қашықтық; n_0 – кранасты арқалықтардың бір жібіндегі крандар доңғалақтарының саны; Σy – қаралып отырған рама реакцияларының ықпал сызығы ординаттарының қосындысы.

Раманың кеңістікті жұмысын ескерумен жылжуын $\Delta_{кең}$ деп белгілеп, оны былай табамыз

$$\Delta_{кең} = \alpha_{кең} \cdot \Delta , \qquad (12.20)$$

мұндағы Δ – есептеліп отырған жазық раманың $F_э$ күшінен жылжуы.

12.1.6. Рама элементтеріндегі есептік күштеулерді анықтаудың практикалық тәсілі

Рамалар құрылыс механикасының әдеттегі (күш немесе орын ауыстыру) тәсілдерімен кеңістікті жүйеге кірген қаңқаның нақтылы жұмысын ескерумен, және де үлкен қателіктерге келтірмейтін бірнеше жеңілдетулерін еңгізіп, есептеледі.

Аралық биіктіктері бірдей бір аралықты және көп аралықты рамаларды әдетте орын ауыстыру тәсілімен, ал пішіні күрделі көп аралықты рамалар күштер тәсілімен есептеледі. Қазіргі кезде рамалар көбінесе ЭЕМ-ді пайдалану арқылы есептеледі.

Рамалар әр жүктемеге жеке есептеледі, себебі әртүрлі элементтері және олардың әртүрлі қималары үшін ең үлкен есептік күштеулер уақытша жүктемелердің түрлі үйлесімдері кезінде алынады.

Рамалардың статикалық есептеуі келесі жүйемен жүргізіледі:

1) құралымдық сұлбасы бойынша есептік сұлбасын таңдап алу, элементтер қатаңдылықтарының ара қатысын белгілеу;

2) есептеу тәсілін және негізгі жүйесін таңдау;

3) негізгі жүйе үшін бірлік белгісізден (бір рет барлық жүктемелер үшін) M_i эпюрін және қаралып отырған жүктемеден M_p эпюрін тұрғызу. Эпюрлерді тұрғызған кезде қимасы тұрақты және сатылы тағандар үшін дайын формулалармен (12.3-кесте) және сандық мәндері берілген кестелермен (12.4-кесте) пайдалануға болады;

4) орын ауыстыру немесе күштер тәсілдерінің каноникалық теңдеулерін құрастырып, олардың еселеуіштерін табу;

5) жазық жеке раманың белгісізін тауып, каноникалық теңдеулерді шешу;

6) қаңқаның кеңістікті жұмысын есепке алу;

7) M, Q, N эпюрлерін тұрғызу. Олардың "S" шамасы раманың барлық ерекше қималарында былай анықталады

$$S = S_p + \Sigma\, S_i\, X_{кең.i}, \qquad (12.21)$$

мұндағы S_p – негізгі жүйе қимасындағы жүктемеден пайда болатын күштеу; S_i – негізгі жүйедегі і-ші бірлік белгісізден пайда болатын күштеу; $X_{кең.i}$ – негізгі жүйедегі кеңістікті жұмысын ескергенде і-інші белгісізден пайда болған күштеу.

8) Эпюрлердің дұрыс тұрғызылуын тексеру.

Осы ережені іске асырған кезде әртүрлі әсерлердің ерекшеліктерін ескеру керек.

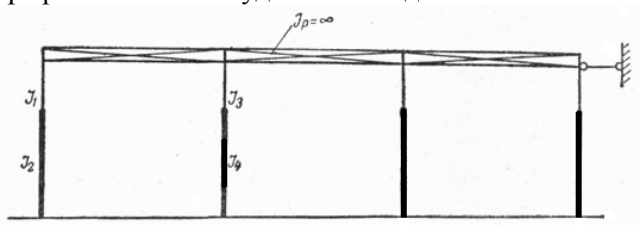
*Таған*ға *түсірілген жүктемелерге рамаларды есептеу.* Раманың тағанына горизонталды жүктемелер (желдің және кранның горизонталды) және крандардың ортадан тыс түскен әсерлері кезінде ригельдің серпімді деформациялары тағандағы есептік күштеулерге ықпалын шамалы тигізеді. Бұл жағдай рамаларды көрсетілген жүктемелерге есептеген кезде ригельді мүлде қатаң ($EI = \infty$) деп санауға мүмкіндік береді.

Мұндай жорамал рамалардың есептеуін едәуір жеңілдетеді – ригель шексіз қатаң кезінде ригельдің тағандармен қосылысының бұрылу бұрышы нөлге тең.

Сонымен, рамаларды орын ауыстыру тәсілі бойынша есептеген кезде тек ригельдің горизонталды Δ жылжуы ғана белгісіз болып табылады. Ұстынның ригельмен қосылысы топсалы да, қатаң да болған кездерінде бір аралықты ғимаратта

және көп аралықты ғимараттардың ригельдері бір деңгейде (яғни биіктігі бірдей) кезінде жалғыз белгісіз Δ болады – ол жоғарғы түйіннің жылжуы.

Осыған сәйкес негізгі жүйесі ретінде түйіндері жылжымайтын рама қабылданады. Ол үшін раманы шартты түрде бүйір жағына жылжудан бекітіледі.



12.11-сурет. Көлденең раманы горизонталды жүктемелерге және кранның ортадан тыс әсеріне есептеген кездегі негізгі жүйесі

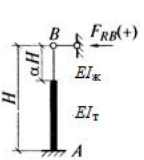
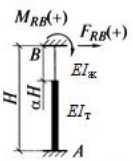
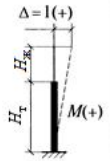
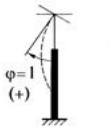
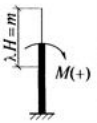
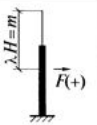
Орын ауыстыру тәсілді немесе анықтама әдебиеттеріндегі көмекші кестелерді пайдалана отырып, жеке-жеке ортадан тыс түскен тік кран қысымдарынан, көлденең тежеу күштеулерінен және жел әсерінен пайда болған барлық тағандардың тірек реакциялары және түйін моментері анықталады. Әр жүктеме түрі үшін майыстырушы моменттерінің және көлденең күштерінің эпюрлері тұрғызылады.

Анығында рамаларда байланыстары болмайды, сондықтан ұстынға сырттан түскен әсерлерге байланысты ұстындардың жоғарғы бөліктері жылжиды. Осы нүктелерде жылжу әсері тағандарда қосымша моменттер мен көлденең күштерді пайда болғызады.

Қорытынды есептік моменттер мен көлденең күштердің шамасы негізгі жүйедегі ұстынға сыртқы әсерлер эпюрінің және ұстынның жоғарғы бөліктерінің горизонталды жылжуынан эпюрлерінің ординаттарын алгебралық қосумен табылады.

12.3-кесте

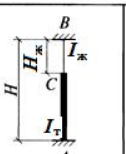
Сатылы тағандағы F_{RB} мен M_{RB} реакцияларды анықтауға арналған формулалар (таған топсалы және қатаң тірелген кезде): $\alpha = H_ж / H$; $\lambda = m/H$; $\mu = I_т / I_ж - 1$; $c = 1 + \alpha^3\mu$; $g = \alpha + \lambda$; $l = 1 - \lambda$; $n = \lambda + \alpha^4\mu$; $s = 1 + \lambda$; $p = 2 + \lambda$; $t = \alpha - \lambda$; $u = 2\alpha + \lambda$; тек қатаң кезде $a = 1 + \alpha\mu$; $b = 1 + \alpha^2\mu$; $k = 4ac - 3b^2$

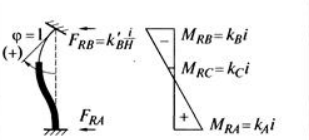
Жүктеу сұлбасы		Есептік сұлба	
			
		$F_{RB} = 3EI_т / H^3c$	$F_{RB} = 12aEI_т / H^3k$ $M_{RB} = -6bEI_т / H^2k$
		$F_{RB} = 0$	$F_{RB} = -6bEI_т / H^2k$ $M_{RB} = 4cEI_т / Hk$
	$\lambda < \alpha$	$F_{RB} = -[3M(l^2 + \mu gt)] / 2Hc$	$F_{RB} = M[6l(b - as) + 6\mu t(b - ag)] / Hk$ $M_{RB} = M[1(3bs - 4c) + \mu t(3bg - 4c)] / k$
	$\lambda \geq \alpha$	$F_{RB} = -3Mls / 2Hc$	$F_{RB} = 6Ml(b - as) / Hk$ $M_{RB} = M1(3bs - 4c) / k$
	$\lambda < \alpha$	$F_{RB} = -[F(l^2p + \mu t^2u)] / 2c$	$F_{RB} = F[l^2(3b - 2ap) + \mu t^2(3b - 2au)] / k$ $M_{RB} = F[l^2(pb - 2c) + \mu t^2(bu - 2c)]H / k$
	$\lambda \geq \alpha$	$F_{RB} = -Fl^2p / 2c$	$F_{RB} = Fl^2(3b - 2ap) / k$ $M_{RB} = Fl^2(pb - 2c)H / k$
		$F_{RB} = -3qnH / 8c$	$F_{RB} = q(2bc - 3an)H / 2k$ $M_{RB} = q(9bn - 8c^2)H^2 / 12k$

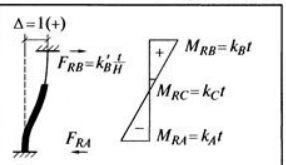
12.4-кесте

Шеттері қысып бекітілген сатылы тағандағы реакциялар мен

($\alpha = H_ж / H$; $n = I_ж / I_т$; $i = EI_т / H$;



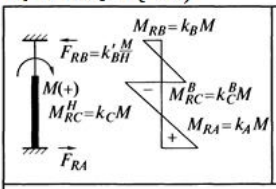


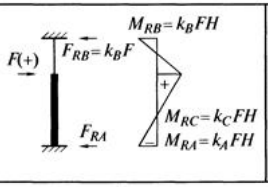


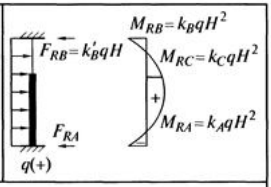
k	α	n мәндері							
		0,1	0,15	0,2	1,0	0,1	0,15	0,2	1,0
k_B	0,2	–0,664	–0,948	–1,216		1,264	1,672	2,051	
	0,25	–0,607	–0,871	–1,114		1,265	1,624	1,972	
	0,3	–0,58	–0,827	–1,055	–4	1,268	1,622	1,942	6
	0,35	–0,563	–0,797	–1,02		1,278	1,625	1,942	
	0,4	–0,566	–0,789	–1,006		1,315	1,658	1,971	
k_C	0,2	–0,401	–0,614	–0,806	–2,8	0,224	0,508	0,778	3,6
	0,25	–0,29	–0,465	–0,621	–2,5	–0,034	0,174	0,392	3
	0,3	–0,2	–0,341	–0,472	–2,2	–0,287	–0,109	0,092	2,4
	0,35	–0,116	–0,229	–0,34	–1,9	–0,51	–0,38	–0,248	1,8
	0,4	–0,04	–0,137	–0,218	–1,6	–0,668	–0,61	–0,529	1,2
k_A	0,2	0,6	0,724	0,835		–3,94	–4,15	–4,314	
	0,25	0,657	0,753	0,858		–3,931	–4,18	–4,343	
	0,3	0,687	0,795	0,887	2	–3,915	–4,15	–4,341	–6
	0,35	0,715	0,828	0,922		–3,832	–4,11	–4,321	
	0,4	0,749	0,869	0,965		–3,642	–4,01	–4,277	
k'_B	0,2	1,264	1,672	2,051		5,203	5,82	6,365	
	0,25	1,265	1,624	1,972		5,195	5,8	6,315	
	0,3	1,268	1,622	1,942	6	5,182	5,77	6,283	12
	0,35	1,278	1,625	1,942		5,11	5,73	6,263	
	0,4	1,315	1,658	1,971		4,956	5,67	6,248	

майыстырушы моменттерін анықтауға арналған еселеуіштер

$k_c^{\tau} = k_c$; $k_c^{**} = k_c + 1$)







n мәндері											
0,1	0,15	0,2	1,0	0,1	0,15	0,2	1,0	0,1	0,15	0,2	1,0
–0,075	–0,044	–0,011	0,32	–0,085	–0,088	–0,092	–0,128	–0,042	–0,045	–0,049	
–0,13	–0,108	–0,084	0,2	–0,092	–0,097	–0,101	–0,138	–0,046	–0,05	–0,053	
–0,171	–0,159	–0,145	0,07	–0,095	–0,101	–0,106	–0,147	–0,05	–0,053	–0,056	–0,083
–0,194	–0,196	–0,188	–0,02	–0,092	–0,1	–0,106	–0,146	–0,052	–0,056	–0,059	
–0,213	–0,223	–0,224	–0,12	–0,086	–0,096	–0,103	–0,144	–0,054	–0,059	–0,061	
–0,778	–0,753	–0,728	–0,488	0,079	0,077	0,075	0,05	0,025	0,023	0,021	–0,003
–0,755	–0,735	–0,715	–0,52	0,094	0,095	0,094	0,069	0,031	0,03	0,029	0,01
–0,729	–0,708	–0,695	–0,522	0,103	0,107	0,105	0,088	0,036	0,036	0,035	0,022
–0,709	–0,684	–0,666	–0,548	0,106	0,111	0,113	0,102	0,037	0,038	0,038	0,03
–0,695	–0,669	–0,647	–0,544	0,103	0,111	0,115	0,115	0,033	0,036	0,039	0,037
0,411	0,411	0,403	0,28	–0,067	–0,059	–0,055	–0,032	–0,108	–0,104	–0,101	
0,37	0,392	0,393	0,305	–0,097	–0,082	–0,077	–0,048	–0,113	–0,105	–0,101	
0,3	0,344	0,353	0,33	–0,133	–0,111	–0,102	–0,063	–0,117	–0,108	–0,104	–0,083
0,193	0,266	0,302	0,325	–0,177	–0,146	–0,129	–0,08	–0,125	–0,113	–0,108	
0,08	0,16	0,218	0,32	–0,21	–0,175	–0,158	–0,096	–0,137	–0,122	–0,113	
–1,487	–1,455	–1,514	–0,96	–0,817	–0,829	–0,837	–0,896	–0,434	–0,442	–0,448	
–1,5	–1,5	–1,477	–1,11	–0,745	–0,765	–0,775	–0,84	–0,433	–0,443	–0,451	
–1,471	–1,503	–1,5	–1,26	–0,663	–0,692	–0,704	–0,784	–0,432	–0,445	–0,452	–0,5
–1,387	–1,462	–1,49	–1,32	–0,565	–0,604	–0,627	–0,716	–0,428	–0,443	–0,451	
–1,293	–1,383	–1,442	–1,44	–0,477	–0,521	–0,545	–0,648	–0,417	–0,437	–0,449	

Ригельдің горизонталды «Δ» жылжуы каноникалық теңдеуден анықталады

$$\Delta_1 r_{11} + r_{1p} = 0, \qquad (12.22)$$

мұндағы r_{11} – ұстын бастылығындағы бірге тең жылжуынан пайда болған жалпы горизонталды реакциялары; r_{1p} – жылжудан бекітілген ұстын бастылығындағы сыртқы жүктемелерден пайда болған жалпы горизонталды реакциялары.

Ригельге түсірілген тік жүктемеге рамаларды есептеу. Рамаларды тура ригельге түскен тік жүктемелерге есептеген кезде ригельдің серпімді деформациясын елемеуге болмайды, себебі ол ұстындардағы есептік күштеулердің шамасына едәуір қателіктер келтіруі мүмкін. Бірақ та ұстындармен қатаң байланысқан өтпелі ригельдің серпімді деформациясын дәл есепке алу өте қиын. Сондықтан іс жүзіндегі есептеуде өтпелі ригельді шартты түрде қатаңдылығы баламалы (майысымы бойынша немесе тіректері үстінде бұрылу бұрышы бойынша) тұтас ригельге алмастырылады. Баламалы ригельдің инерция моментін жуықтап мына формула бойынша анықталауға болады:

$$I_p = (A_{ж.б} z_ж^2 + A_{т.б} \cdot z_т^2) \cdot \mu, \qquad (12.23)$$

мұндағы $A_{ж.б}$ және $A_{т.б}$ – ригель аралығының ортасындағы жоғарғы және төменгі белдеулері брутто қимасының аудандары; $z_ж$, $z_т$ – ригель аралығының ортасындағы қимада белдеулерінің ауырлық ортасынан ригельдің бейтарап осіне дейінгі қашықтық; μ – жоғарғы белдеудің еңкіштігін және өтпелі ригельдің керегеторының деформациялығын ескеретін еселеуіш. Оның шамасы жоғарғы белдеуінің еңкіштігі 1/8 кезінде 0,7-ге, еңкіштігі 1/10 кезінде 0,8-ге және еңкіштігі жоқ кезде 0,9-ға тең қабылданады.

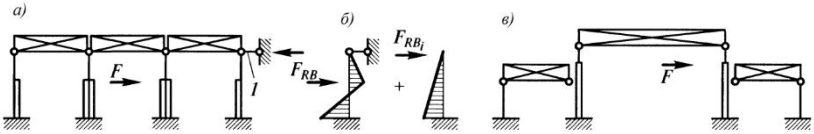
Рамаларды көрсетілген жүктемелерге есептеген кезде сонымен қатар, белгісіздердің санын қысқартатын, орын ауыстыру тәсілін пайдаланған да орынды келеді. Мәселен, бір аралықты симметриялы рамада біркелкі таралған жүктеме әсері

кезінде жоғарғы түйіндердің горизонталды жылжуы нөлге тең. Ригельдің ұстынмен қатаң қосылған кезіндегі жалғыз ғана бегісізі болып табылатыны – раманың жоғарғы түйінінің бұрылу бұрышы.

Егер ұстынның жоғарғы мен төменгі бөліктері осьстерінің арасында эксцентриситеттер $e \geq 0{,}5\ h_ж$ бар болатын болса, онда олардың әсерінен пайда болатын қосымша моменттерді есепке алу керек. Ол үшін раманың, ұстын кемеріне түскен, шоғырланған моментке жүктелуі қарастырылады. Алынған моменттер эпюрін, ұстынның жылжуын еспке алмай анықталған, тік жүктеменің моменттер эпюрімен қосады. Ұстынға түскен шоғырланған моментке есептегенде, ұстынның жоғарғы жағында жылжуы жоқ кезде, ригельдің қатаңдылығы шексіз деп жорамалдап есептеуге болады.

Көп аралықты рамаларды есептеу. Көп аралықты рамалар аралықтарындағы биіктіктері бірдей кезінде, бір аралықтыға ұқсас есептеледі. Көлденеңдік рама есептік блоктың барлық ұстындарымен бірге қарастырылады. Ригельдің ұстынмен топсалы қосылған кезінде негізгі жүйеде рама жылжи алмайды деп қабылдауға болады, демек сырық 1 еңгізіледі (12.12, *а*-сурет). Каноникалық теңдеуді шығару нәтижесінде, есептік блоктың барлық тағандары үшін бірдей Δ жылжуы анықталады. Жүктелген тағандардағы моменттер жылжымайтын тағандағы жүктеменің моменті мен жылжудан пайда болатын консольдағы моментердің жиынтығы ретінде анықталады (12.12, *б*-сурет). Жергілікті жүктемелер әсері және аралықтары көп болған кезінде, жылжу күштеулерін ескермей ($F_{RBi} = 0$), рамалардың кеңістікті жұмысын есепке алуға болады.

Аралықтарындағы биіктіктері әртүрлі ғимараттарда рамалары жылжымалы болады (12.12, *в*-сурет). Мұндай жағдайда күш тәсілін пайдаланған ыңғайлы (бірлік жылжудан тіректер арасындағы қималарда анықтауға арналған кестелер жоқ, сондықтан орын ауыстыру тәсілі көбінде еңбек сіңірімділеу келеді).



12.12-сурет. Көп аралықты рамаларды есептеу:
а – аралықтарындағы биіктігі бірдей; б – тағандағы моменттер эпюрі; в – аралықтардағы биіктігі әртүрлі

12.1.7. Көлденеңдік рамалардың қатаңдылығы

Қаңқаның кеңістікті жұмысын талқылаған кезде темірбетонды ірі панельді тақталардан, болат панельдерден және пішінделген болат төсемнен жасалған жаппаны қатаң диск ретінде қабылданса да, нақтысында мұндай жаппалар мүлде қатаң емес. Сондықтан краны бар цехтарда өндіріс ғимараттарының қалыпты жағдайларда пайдалануы үшін қаңқа қажетті қатаңдылықта болуы керек. Жобалау мөлшерлік құжаттары бойынша кранасты арқалықтың жоғарғы белдеуі деңгейіндегі ұстындардың деформацияларына (жылжуына) шектеулер қойылған: көпірлі крандарының жұмыс ережесінің тобы 1К - 3К ғимараттары үшін жылжу шамасы h′/500; 4К – 6К - h′/1000 және 7К, 8К - h′/2000, мұндағы h′ – ұстынның түп табаны астынан кранасты арқалық рельсінің басына дейінгі қашықтық.

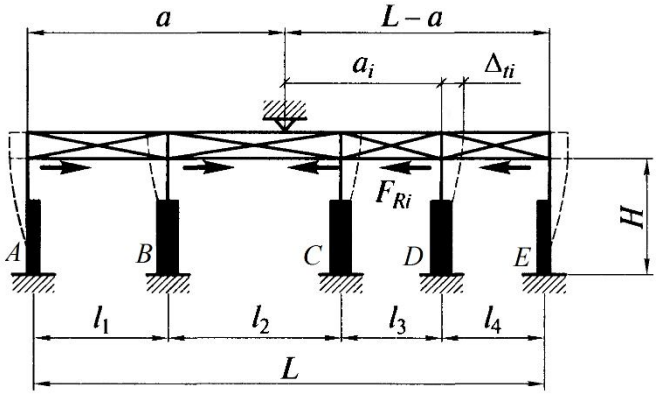
Жылжу өлшемі аралықтағы крандардың ішінен жүк көтергіштігі ең үлкен жалғыз кранның тежеу күшінен анықталады.

12.1.8. Рамаларды температуралар әсеріне есептеу

Құралымдық ұғыныс бойынша бойлық температуралық жік үнемі болуы мүмкін емес. Сондықтан егер көп аралықты рамалардың ені мөлшер құжаттарында келтірілген шекті шамаларынан асатын болса, онда температураның әсерінен пайда болатын қосымша күштеулерді есепке алу керек.

Рама элементтерінде температуралық кернеулерді анықтаған кезде ригельдің серпімді деформациясын елемеуге

болады, демек ригельдің қатаңдылығын шексіздікке тең етіп қабылданады.



12.13-сурет. Ұстындардың биіктігі бірдей раманың температуралық орын ауысуын анықтаған кездегі есептік сұлбасы

Көп аралықты раманың аралықтары ℓ_1, ℓ_2, ℓ_3 және ℓ_4 болсын дейік (12.13-сурет). Ең алдымен ригельдің температуралық ұзаруы немесе қысқаруы кезінде қозғалусыз орнында қалатын нүктесін анықтау керек. Осы нүктеден сол жағындағы шеткі ұстынға дейінгі қашықтықты «*a*» деп белгілейік, онда оң жақтағы шеткі ұстынға дейінгі қашықтық (L – *a*)-ға тең болады, мұндағы L – шеткі ұстындар арасындағы қашықтық.

Ригельдің температуралық ұзаруы немесе қысқаруы кезінде ұстын төбесінің жылжуы мынаған тең болады (солға жылжуы теріс таңбалы, оңға жылжуы оң таңбалы):

А ұстындікі $\Delta_{tA} = - \alpha \cdot t \cdot a$;

В ұстындікі $\Delta_{tB} = - \alpha \cdot t \cdot (a - \ell_1)$;

С ұстындікі $\Delta_{tC} = + \alpha \cdot t \cdot (L - a - \ell_3 - \ell_4)$;

D ұстындікі $\Delta_{tД} = + \alpha \cdot t \cdot (L - a - \ell_4)$;

Е ұстындікі $\Delta_{tE} = + \alpha \cdot t \cdot (L - a)$. Мұндағы $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$ – болаттың ұзындық ұлғаю еселеуіші; t - температураның өзгеруі.

Ригельдің бірлік жылжуы кезіндегі А, В, С, D, Е (ригельдің осі бойынша) ұстындардың серпімді тойтарыс реакциясының горизонталды шамасы сәйкес F_{RA}, F_{RB}, F_{RC}, F_{RD}, F_{RE}-ға тең

болсын. Олар рамаларды есептеу бойынша анықтама әдебиеттеріндегі кестелерден анықтауға болады.

Онда $\Sigma F_{Ri} \cdot \Delta_{ti} = 0$ тепе-теңдік теңдеуі бойынша болады

$$- \alpha \cdot t \cdot a \cdot F_{RA} - \alpha \cdot t \cdot (a - \ell_1) \cdot F_{RB} + \alpha \cdot t \cdot (L - a - \ell_3 - \ell_4) \cdot F_{RC} + \\ + \alpha \cdot t \cdot (L - a - \ell_4) \cdot F_{RD} + \alpha \cdot t \cdot (L - a) \cdot F_{RE} = 0, \quad \text{осыдан}$$

$$a = \frac{\ell_1(F_{RB} + F_{RC} + F_{RD} + F_{RE}) + \ell_2(F_{RC} + F_{RD} + F_{RE}) + \ell_3(F_{RD} + F_{RE}) + \ell_4 \cdot F_{RE}}{F_{RA} + F_{RB} + F_{RC} + F_{RD} + F_{RE}}.$$

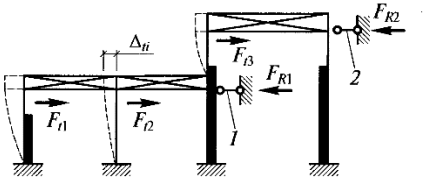
Қозғалмайтын нүктенің орнын, яғни «*a*» қашықтықты тапқаннан соң, ригельдің температуралық деформацияланған кезіндегі әр ұстын бастылығының нақты Δ_t жылжуын анықтауға болады

$$\Delta_{ti} = \alpha \cdot t \cdot a_i,$$

мұндағы a_i – ригельдің қозғалмайтын нүктесінен қаралатын ұстынға дейінгі қашықтық.

Δ_{ti} шамасын тапқаннан соң, температуралық орын ауысуы арқасында пайда болатын майыстырушы моменттері, сонымен қатар раманың ұстын қималарындағы және өтпелі ригель элементтеріндегі қосымша температуралық кернеулер анықталады.

Ұстындардың биіктігі әртүрлі болған кезде (12.14-сурет) негізгі жүйеде ригельдің температуралық ұзаруынан (немесе қысқаруынан) пайда болатын ұстын бастылығының Δ_{ti} жылжуы анықталады. Негізгі жүйеде осы жылжудан 1 және 2 сырықтардың ($F_{R1} = F_{t1} + F_{t2}$; $F_{R2} = F_{t3}$) реакциялары есептеледі.



12.14-сурет. Ұстындардың биіктігі әртүрлі раманың температуралық орын ауысуын анықтаған кездегі есептік сұлбасы

Сонан соң әдеттегі жолмен F_{R1} және F_{R2} реакциялардан жылжуы анықталады. Ұстындар бастылығының жылжуының есептік шамалары Δ_{ti} орын ауыстыруын және F_{R1}, F_{R2} реакциялардан жылжуын қосып анықталады.

12.1.9. Рама элементтеріндегі есептік күштеулерін анықтау

Раманы жеке жүктемелерге есептеу негізінде, жүктемелердің бірлескен әсерінен раманың қималарында пайда болатын, ішкі күштеулердің қолайсыз қиыстыруын белгілеу керек. Жобалау нормалары бойынша жүктемелердің екі түрлі негізгі және ерекше үйлесімі ескерілген. Негізгі үйлесімнің бірінші түріне тұрақтылар және, азайтпай қабылданатын, бір уақытша (ұзақ мерзімді немесе қысқа мерзімді) жүктемелер $\psi_1 = \psi_2 = 1{,}0$ үйлесім еселеуішімен кіреді, ал екінші түріне тұрақтылар және екеу немесе одан да көптеу қолайсыз уақытша жүктемелер кіреді. Мұнда үйлесім еселеуіші ұзақ мерзімді жүктемелер үшін $\psi_1 = 0{,}95$ және қысқа мерзімдісі үшін $\psi_2 = 0{,}9$ болады.

Жүктемелердің ерекше үйлесімі тұрақты, ұзақ мерзімді, қысқа мерзімді және бір ерекше жүктемелерден тұрады. Мұнда үйлесім еселеуіші ұзақ мерзімді жүктемелер үшін $\psi_1 = 0{,}95$ және қысқа мерзімдісі үшін $\psi_2 = 0{,}8$, ал ерекше жүктемені кемітпей қабылдау керек.

Өнеркәсіп ғимараттарының рамалары үшін әдетте негізгі үйлесімдер жүктемелерінің қиыстыруы жасалады. Қардың, крандардың және желдің жүктемелері қысқа мерзімдісіне жатады. Мұндағы бір немесе екі көпірлі крандардың тік қысымының және көлденең тежеуінің жүктемелері үйлесімдерде есепке алған кезде бір қысқа мерзімді жүктеме ретінде есептеледі.

Есептік күштеулерді ыңғайлы анықтау үшін, рама ұстындарының ерекше қималары үшін күштеулердің құрама кестесі жасалады. Күштеулер кестесінің ішіне барлық жүктемелерден жекелей «М» моменттерінің және «N» бойлық күштерінің мәндері жазылады, және де негізгі үйлесімдерді оңай анықтау үшін, күштеулер $\psi = 1$ және 0,9 үйлесім еселеуіштермен

келтіріледі (тұрақты жүктемелерден басқасы, тұрақты жүктемелер әрдайым $\psi = 1{,}0$ еселеуішпен алынады). Күштеулері секірмелі түрде өзгеретін немесе ұстын сырығының қимасы өзгеретін қималар үшін M мен N күштеулері жазып алынады.

Ұстынның төменгі бөліктері үшін, M және N күштеулерінен басқа, өтпелі ұстындардың қиғаш тіректерін және іргетастарды есептеу үшін қажетті, Q көлденең күштің мәні анықталады.

Анкерлік бұрандаларды есептеу үшін төменгі қимада есептік күштеулердің арнайы қиыстыруы жасалады. Әдетінше ол ең кіші бойлық күшті барынша үлкен моментімен есепке еңгізіледі және де тұрақты жүктеменің бойлық күшін 0,9-ға тең жүктеме бойынша сенімділік еселеуішпен ескеріледі, себебі ол анкерлік бұрандалардың жүктемесін азайтады.

Жүктемелердің қандай қиыстыруы кезінде ұстынның есептік қималарындағы кернеулер ең үлкен шамасына жететіндігі алдын ала белгісіз болғандықтан, статикалық есептеулердің мәліметтері бойынша есептік күштеулердің бірнеше қиыстырулары жасалады.

Жүктемелердің қиыстырылуы іске асатындай болуы керек, мәселен, кран тежеуінің күштеуін оның тік қысымының күштеуімен бір мезгілде есепке алмай қарауға болмайды.

Әдетте күштеулердің төрт қиыстыруы қаралады: ең үлкен оң момент және оған сәйкес тік күш; ең үлкен теріс момент және оған сәйкес тік күш; ең үлкен тік күш және оған сәйкес оң және теріс майыстырушы моменттер. Олар, қималарды іріктеп алу үшін, күштеулердің қолайсыз қиыстыруын есепке алады.

Бақылау сұрақтары

1. Бір аралықты раманың сұлбасын сызыңыз.
2. Цехтың көлденең рамасына әсер ететін жүктемелерді атаңыз.
3. Ригельге түсетін құма q жүктемені табатын формуланы жазыңыз.
4. Жабынның 1 $м^2$ горизонталды проекциясына түсетін қардың мөлшерлік жүктемесінің шамасын анықтайтын формуланы жазыңыз.

5. Рама ригеліне түсетін қардың есептік қума жүктемесін табатын формуласын жазыңыз.

6. Жел қысымынан пайда болатын есептік құма жүктемені анықтайтын формуланы жазыңыз.

7. Кран жүктемесінің үйлесім еселеіші қалай қабылданады?

8. Жүктемелер үйлесімінің қандай түрлері болады?

13. ҚАҢҚАНЫҢ ҰСТЫНДАРЫ

13.1. Ұстындардың түрлері

Бір қабатты өндірістік ғимараттардың қаңқасында болат ұстынның келесі түрлері қолданылады:

1) биіктігі бойынша қимасы тұрақты ұстындар (13.1, *а*-сурет);

2) биіктігі бойынша қимасы айнымалы-сатылы ұстындар (13.1, *б, в, г*- сурет);

3) жекелі ұстындар – бір-бірімен иілімді байланысқан екі тағандар түрінде (13.2-сурет).

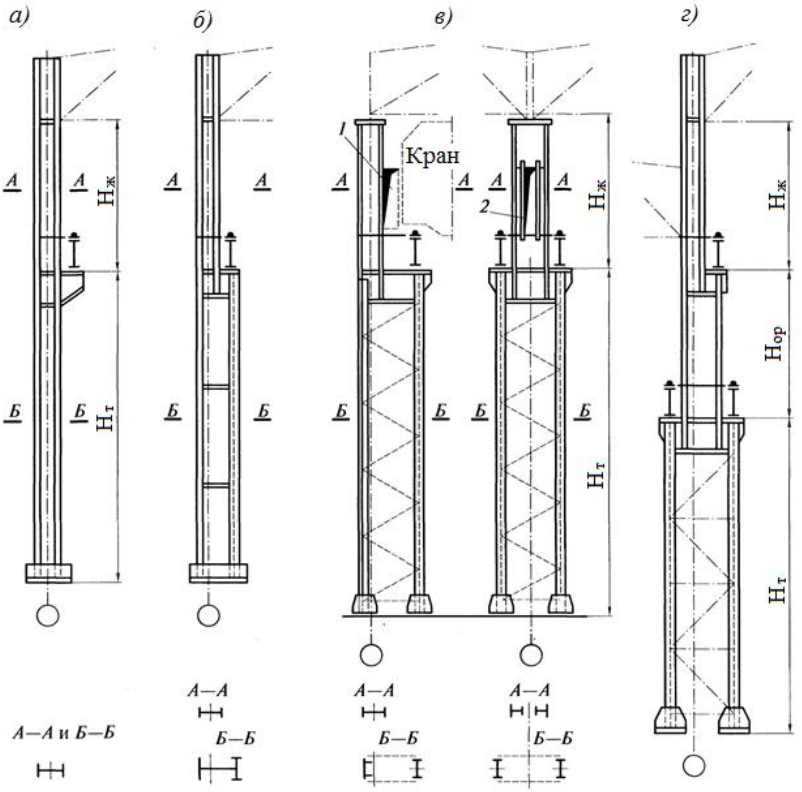
Қимасы тұрақты ұстындардың құралымдық қарапайымдылығы және дайындағанда еңбек сіңірімділігінің аздығы олардың үлкен жетістігі болып табылады. Көпірлі крандардың жүктемесі, ұстынның сырығына кранасты арқалықтар тірелетін консоль арқылы жеткізіледі. Ұстындардың сырығы тұтас немесе өтпе қималы болуы мүмкін. Бұл ұстындар крандардың жүк көтергіштігі аздау (15-20 т) және цехтың биіктігі шамалы (8-10 м) кезінде орынды болады.

Крандардың жүк көтергіштігі 20 т артқан кезде, еңбек сіңірімділігі біршама көп болса да, сатылы ұстындарды қолданған жөн. Мұндай жағдайда кранасты арқалық ұстынның төменгі бөлігінің кемеріне тіреліп, оның кранасты тармағының осі бойынша орналасады. Ұстынның жоғарғы бөлігінің қимасы тұтас болып жобаланады, ал төменгі бөлігі ені 1 м-ге дейін тұтас қималы, ені одан көбірек кезінде өтпелі етіп қабылданады.

Жұмыс ережесінің тобы 7К, 8К краны бар ғимараттарда көпірлі крандарды тоқтатпай кранасты жолдарын бақылап тұру және жөндеу керек. Сондықтан осындай цехтардың ұстындарын, кран мен ұстынның жоғарғы бөлігінің қыры арасында өтпе қалдыру үшін, төменгі бөлігінің ені кеңірек етіп жасалады немесе жұмысшылардың өтуі үшін ұстынның жоғарғы бөлігінде ойық қалдырылады (13.1, *в*-сурет).

Қимасы өтпелі шеткі ұстындардың кранасты тармағын әдетте қоставрлы қимамен, ал сыртқы тармағы, қабырғаның қолайлы қосылуы үшін, швеллер түрінде жобаланады.

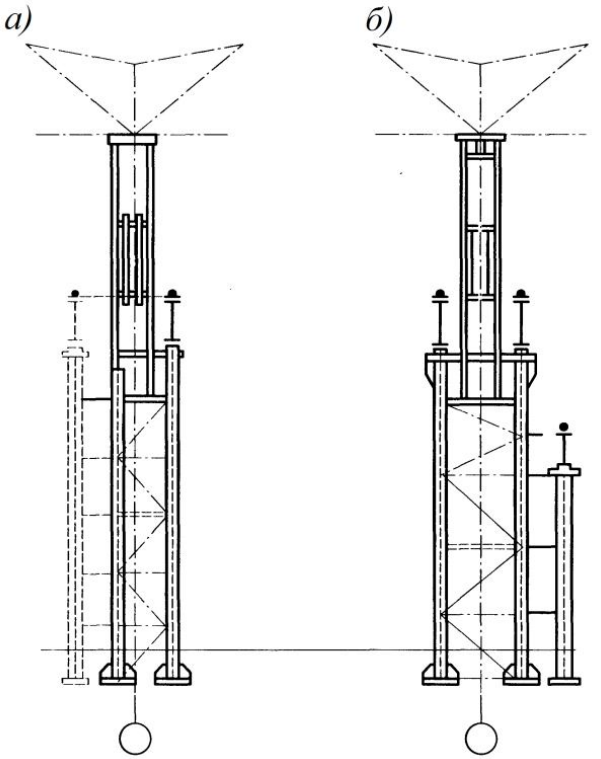
Екінші яруста крандар үшін қосымша консольдары бар болған кезде, ұстындардың қимасы биіктігі бойынша әртүрлі үш бөліктен болуы мүмкін (13.1, *г*-сурет).



13.1-сурет. Өндірістік ғимараттардың ұстындары:
а – биіктігі бойынша қимасы тұрақты; б, в, г – биіктігі бойынша қимасы айнымалы-сатылы; 1 – кран мен ұстынның ішкі қыры арасындағы өтпе; 2 – ортаңғы қатардағы ұстынның өту үшін ойылған тесігі

Жекелі ұстындар екі тармақтан тұрады: жабынды ұстап тұратын шатырлықтан, және кранасты арқалықты ұстап тұратын кранасты тағаннан. Кранасты тағаны әдетте жалғыз прокатты

немесе пісірілген қос таврдан жобаланады. Ол шатрлық тармағымен горизонталды иілгіш қалыңдығы t = 10-12 мм планкалармен байланысады. Осының арқасында таған, рама жазықтығындағы есептік ұзындығы планкалар арасындағы қашықтыққа тең, тек осьтік күшке жұмыс жасайды.



13.2-сурет. Жекелі ұстындар:
а – бірсатылы; б – екісатылы

Жекелі ұстындар сирек қолданылады. Оларды кранасты арқалықтары төмендеу орналасқанда, кранның жүк көтергіштігі үлкен болғанда, және цехтарды қайта құралымдау кезінде (кеңейткенде) қолданған жөн.

13.2. Ұстын сырықтарын есептеу және құралымдау

Өндірістік ғимараттардың ұстындары ортасынан тыс сығылуға жұмыс жасайды. Сатылы ұстындардың қимасы, әр қимасы тұрақты бөліктері үшін, бөлек іріктеп алынады. Ортасынан тыс сығылған сырықты есептеу үшін қажетті мәліметтерін – N бойлық күшті, рама жазықтығындағы M_x майыстырушы моментті (кейбір жағдайларда екінші жазықтықта әсер ететін M_y) және Q көлденең күшті раманың статикалық есептеу нәтижесінен қабылданады. M_y моменті ұстынға қосылатын кранасты арқалықтың біреуімен бір жақты жүктеу арқылы пайда бола алады. Ұстын бөліктерінің рама жазықтығында және жазықтығынан тыс есептік ұзындықтары ғимарат қаңқасының қабылданған құралымдық сұлбасына байланысты анықталады.

Ұстынды есептеген кезде оның беріктігін, жалпы және элементтерінің жергілікті орнықтылығын тексеру керек. Ол қажетті қатаңдылықта болуы керек.

Рама жазықтығындағы ұстынның есептік ұзындығы. Рама жазықтығындағы ұстынның есептік ұзындығы ұстынның геометриялық ұзындығын немесе оның инерция моменті тұрақты бөлігінің ұзындығын μ есептік ұзындық еселеуішіне көбейту арқылы табылады

$$\ell_{efx} = \mu \cdot \ell.$$

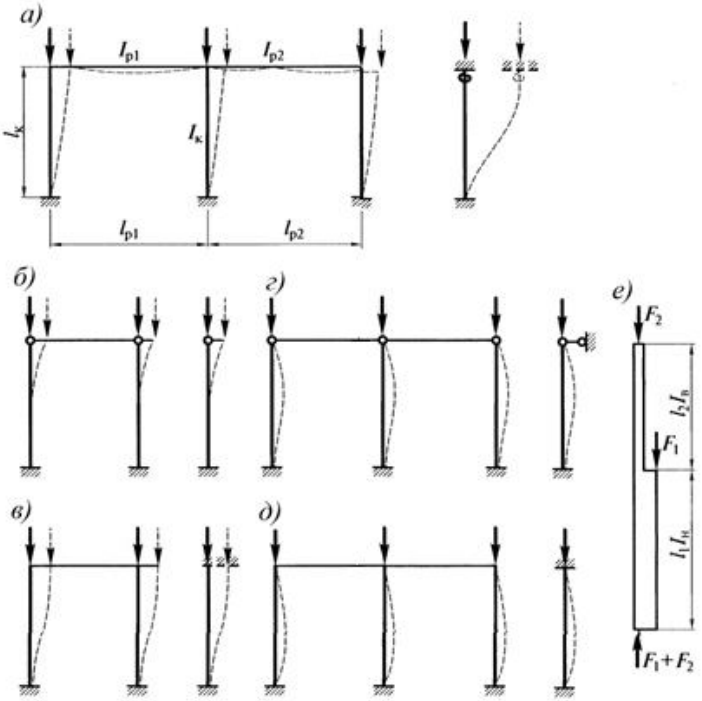
Есептік ұзындығының еселеуіші ұстын шеттерінің бекітілу тәсіліне, оның түріне, инерция моменттерінің ара қатысына және жүктеуіне байланысты қабылданады.

Төменгі бөлігі қатаң және жоғарғы бөлігі жеткілікті иілгіш сатылы ұстындар үшін жобалау нормаларында ұстынның жоғарғы бөлігі тірелуінің төрт есептік сұлбалары ескерілген. Ұстынның төменгі шеті әрдайым қысып бекітілген деп саналады.

1. Бір аралықты раманың ұстындары ригельге топсалы тірелген. Екі ұстындар бірдей жағдайларда болады және олардың орнықтылығы бір мезгілде жоғалуы мүмкін (екінші ұстынның

сүйеу әсері жоқ) деп жорамалданады. Бұл жағдайда ұстынның шеті бос деп саналады (13.3, *б*-сурет).

2. Бір аралықты рамалардың ұстындары ригельмен қысып бекітілген, демек ригель мен ұстындар қатаң түйінмен қосылған. Ұстындардың екеуі де бірдей жағдайларда болады және орнықтылықтары бір мезгілде жоғалуы мүмкін. Бірақ та, бірінші жағдайдан айырмашылығы ригель ұстынмен қатаң қосылған, сондықтан таған шеті бұрылмайды. Ұстынның жоғарғы шеті тек бұрылудан ғана бекітілген (13.3, *в*-сурет).



13.3-сурет. Ұстындардың есептік ұзындықтарын анықтауға есептік сұлбалары:
а – қимасы тұрақты; б – е – сатылы; б – таған шеті бос; в – таған шеті тек бұрылудан бекітілген; г – шеті топсалы тірелген; д – шеті қысып бекітілген; е – бір сатылы ұстынның сұлбасы

3. Екі немесе одан көбірек аралықты рамалардың ұстындары ригельге топсалы тіреледі. Бұл жағдайда есептелетін ұстын орнықтылығын жоғалтар кезде оның жоғарғы шеті жылжымайды (тек бұрылады) деп есептеледі, себебі ол басқа орнықты ұстындарға сүйеніп қалады. Мұндай сұлба кезінде ұстынның жоғарғы шеті жылжымай топсалы тіреледі (13.3, *г*-сурет).

4. Екі немесе одан көбірек аралықты рамалардың ұстындары ригельмен қатаң қосылады. Алдыңғы талқылауларға ұқсас ұстынның жоғарғы шеті жылжымайды және бұрылудан бекітіледі (13.3, *д*-сурет).

Бір сатылы ұстын үшін ұстынның төменгі мен жоғарғы бөліктерінің рама жазықтығындағы есептік ұзындықтары сәйкес мыналарға тең болады (13.3, *е*-сурет)

$$\ell_{efx1} = \mu_1 \cdot \ell_1$$
$$\ell_{efx2} = \mu_2 \cdot \ell_2.$$

Бір аралықты рамаларда ұстынның жоғарғы түйіндеріндегі горизонталды реакциялары нөлге тең, мұнда μ_1 еселеуіші екі параметрлерге – ұстынның жоғарғы мен төменгі бөліктерінің кума қатаңдылығының ара қатысына $n = \frac{\mathrm{I}_2}{\ell_2} : \frac{\mathrm{I}_1}{\ell_1} = \frac{\mathrm{I}_2 \ell_1}{\mathrm{I}_1 \ell_2}$ және α_1 еселеуішінің шамасына тәуелді

$$\alpha_1 = \frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{\ell_2}{\ell_1} \sqrt{\frac{\mathrm{I}_1}{\mathrm{I}_2 \cdot \beta}} \,. \qquad (13.1)$$

α_1 еселеуішін анықтаған кезде ұстынның жоғарғы мен төменгі бөліктері шекті жағдайына бір мезгілде жетеді деп жорамалданады, демек

$$\frac{\mathrm{N}_{1,cr}}{\mathrm{N}_{2,cr}} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{F_1 + F_2}{F_2} = \beta \,, \qquad (13.2)$$

мұндағы N_1 және N_2 – ұстынның төменгі мен жоғарғы бөліктеріндегі бойлық күштеулер;

$N_{1,cr} = \frac{\pi^2 EI_1}{(\mu_1 \cdot \ell_1)^2}$ және $N_{2,cr} = \frac{\pi^2 EI_2}{(\mu_2 \cdot \ell_2)^2}$ – жоғарғы мен төменгі бөліктерінің аумалы күштері; F_1, F_2 – ұстынға кемерінен және жоғарғы түйінінен түскен күштер. (13.2) формулаға аумалы күштерді ауыстырып қойып, табамыз

$$\alpha_1 = \frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{\ell_2}{\ell_1}\sqrt{\frac{I_1}{I_2 \cdot \beta}}.$$

Есептік сұлбасына және «n» мен «α_1» параметрлеріне байланысты [4] 67 мен 68- кестелерінде бір аралықты рамалар ұстындарының төменгі бөлігі үшін μ_1 еселеуішінің шамалары берілген.

Ұстынның жоғарғы бөлігі үшін есептік ұзындығының еселеуіші мына қатыстан анықталады

$$\mu_2 = \frac{\mu_1}{\alpha_1} \le 3.$$

Көп аралықты рамаларда, ұстындарының жоғарғы шеттерінде жылжуы жоқ болғандықтан горизонталды реакциясы пайда болып, олардың есептік ұзындығын анықтауға қиындық келтіреді.

ҚНжЕ-де [4] мұндай ұстындарды есептеу үшін жуықталған тәсіл келтірілген, оның мағынасы мыналардан тұрады. Әуелі ұстын тек F_1 күштің әсеріне есептеліп, оның $F_{1,cr}$ аумалы шамасы және μ_{11} есептік ұзындығының еселеуіші анықталады. Содан соң таған тек F_2 күштің әсеріне есептеліп, оның $F_{2,cr}$ аумалы шамасы (тағанның төменгі бөлігі үшін) және μ_{12} еселеуіші анықталады.

Тағанның орнықтылық шарты:

тек қана F_1 күшінің әсері кезінде $\frac{F_1}{F_{1cr}} \le 1;$

тек қана F_2 күшінің әсері кезінде $\frac{F_2}{F_{2cr}} \le 1;$

екі күштің бірлескен әсеріне $\frac{F_1}{F_{1cr}} + \frac{F_2}{F_{2cr}} \le 1,$ (13.3)

мұндағы $F_{1,cr} = \frac{\pi^2 \mathrm{EI}_1}{(\mu_{11} \cdot \ell_1)^2}$ және $F_{2,cr} = \frac{\pi^2 \mathrm{EI}_2}{(\mu_{12} \cdot \ell_2)^2}.$

$\beta = \frac{F_1 + F_2}{F_2}$ -ден табамыз $F_2 = \frac{F_1}{\beta - 1}.$

Аумалы күштердің мәндерін (13.3) формулаға ауыстырып қойып, жоғарғы шеті жылжымайтын ұстынның төменгі бөлігінің μ_1 есептік ұзындыққа келтіру еселеуіші табылады

$$\mu_1 = \sqrt{\frac{\mu_{12}^2 + \mu_{11}^2(\beta - 1)}{\beta}}, \qquad (13.4)$$

мұндағы μ_{12} – $F_1 = 0$ кезіндегі төменгі бөлігінің есептік ұзындығының еселеуіші; μ_{11} – $F_2 = 0$ кезіндегі төменгі бөлігінің есептік ұзындығының еселеуіші.

μ_{11} және μ_{12} еселеуіштердің мәндері ℓ_2 / ℓ_1 және I_2 / I_1 арақатыстарына байланысты ұстындардың ригельмен қатаң және топсалы қосылыстары үшін [4] ҚНжЕ-нің 69 және 70-кестелерінде келтірілген.

Ұстынның жоғарғы бөлігі үшін μ_2 есептік ұзындығының еселеуіші бір аралықты рамадағыдай мына формула бойынша анықталады

$$\mu_2 = \frac{\mu_1}{\alpha_1} \le 3.$$

Ара қатысы $\ell_2 / \ell_1 \le 0{,}6$ және $\beta \ge 3$ үшін μ_1 және μ_2 еселеуіштердің шамасы аз өзгеріледі, сондықтан жобалау нормаларында оларды тұрақты етіп [4] ҚНжЕ-нің 18-кестесі бойынша қабылдауға болады.

Екі сатылы ұстындар үшін есептік ұзындық еселеуіші соған ұқсас анықталады. Олар [4] 6-қосымшада келтірілген. Раманың ригелімен қатаң қосылған, қимасы тұрақты ұстындар үшін (13.3, *а*-сурет) μ еселеуіші, іргетасқа бекітілуіне және ригельмен ұстынның қатаңдылықтарының қатыстарына байланысты есептеледі

$$n = \frac{\ell_к}{\mathrm{I}_к} \cdot \left(\frac{I_{p1}}{\ell_{p1}} + \frac{I_{p2}}{\ell_{p2}} \right), \qquad (13.5)$$

мұндағы $\mathrm{I}_ұ$ және $\ell_ұ$ – тексерілетін ұстынның сәйкес инерция моменті және ұзындығы; I_{p1}, I_{p2}, ℓ_{p1}, ℓ_{p2} – осы ұстынға қосылатын ригельдің сәйкес инерция моменттері және ригельдердің ұзындығы.

Іргетасқа топсалы бекітілген кезінде

$$\mu = 2\sqrt{1 + 0{,}38/n}\,; \qquad (13.6)$$

қатаң бекітілген кезінде $\mu = \sqrt{\dfrac{n + 0.56}{n + 0.14}}$. (13.7)

Ригель ұстынға топсалы бекітілген кезінде n = 0.

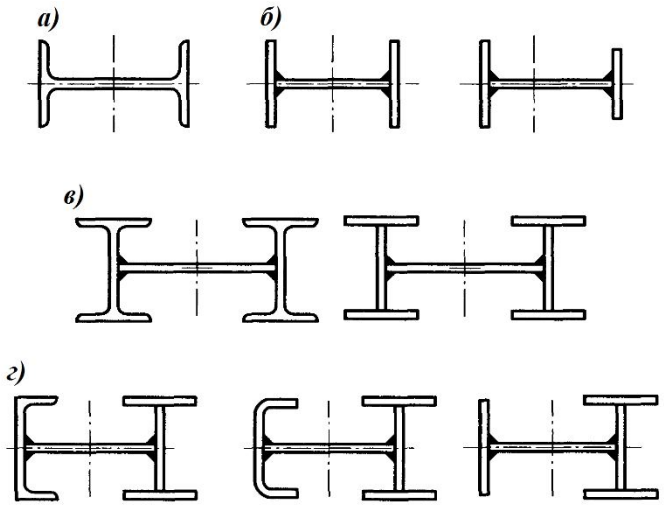
Ұстынның рама жазықтығынан тыс есептік ұзындығы. Ұстындардың жоғарғы мен төменгі бөліктерінің рама жазықтығынан тыс (ғимаратты бойлай бағытында) есептік ұзындығы, ұстындардың ғимаратты бойлай жылжуынан бекіткен нүктелері арасындағы ең үлкен қашықтықтығына тең етіп қабылданады. Ұстынның төменгі бөлігі үшін мұндай нүктелері ретінде, іргетастың жоғарғы деңгейі мен кранасты арқалықтың

төменгі белдеуінің деңгейі болып саналады. Кей кезде ұстынның есептік ұзындығын қысқарту үшін арнайы аралықтық кергіштер орнатылады. Ұстынның жоғарғы бөлігінің мұндай нүктелері ретінде тежеу арқалығы (фермасы) мен итарқалық фермалардың төменгі белдеулері деңгейіндегі ұстындар бойындағы кергіштер қабылданады.

Тұтас ұстындар. Тұтас ұстындардың қималары әдетінше құрамалы пісірілген қоставр түрінде қабылданады. Биіктігі бойынша қимасы тұрақты және сатылы ұстындардың кранүсті бөлігінде симметриялы қималар қолданылады. Біржақты майыстырушы моменті бар кей кезде симметриялы емес қималар қолданылуы мүмкін.

Ұстындарды әзірлеу еңбек сіңірімділігін төмендету үшін прокатты кеңсөрелі қырлары параллельді «Ш» түріндегі қоставрларды қолданған жөн. Бірақ та мұндай жағдайда болат шығыны біраз өседі.

Шеткі қатарлардағы тұтас сатылы ұстындардың төменгі бөлігінің сыртқы белдеуінің қимасы, қабырғалық қоршаулардың бекітуін ыңғайландыру үшін, швеллер түрінде қолданылады.



13.4-сурет. Тұтас ұстындар қималарының түрлері

а – прокатты қоставрдан; б, в және *г – пісірілген құрамалылар*

Ұстынның ортасынан тыс сығылған сырығы (немесе оның бөлігі) беріктікке және екі жазықтықтағы орнықтылыққа тексерілуі керек. Аққыштық шегі 530 МПа-ға дейінгі болаттан жасалған ұстындардың беріктігі $\tau \le 0{,}5R_s$ және $\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{A}_n \cdot R_y} \succ 0{,}1$ кезінде пластикалық деформацияларының дамуын есепке алып мына формула бойынша тексеріледі:

$$\left(\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{A}_n \cdot R_y\gamma_c}\right)^n + \frac{\mathrm{M}_x}{c_x W_{xn,\min} \cdot R_y\gamma_c} + \frac{\mathrm{M}_y}{c_y W_{yn,\min} \cdot R_y\gamma_c} \le 1, \quad (13.8)$$

мұндағы R_s – болаттың ығысуға есептік кедергісі; N, M_x – бойлық күш және рама жазықтығындағы майыстырушы момент; M_y – рама жазықтығынан тыс майыстырушы момент; R_y – аққыштық шегі бойынша сығуға және майысуға болаттың есептік кедергісі; $W_{xn,min}$, $W_{yn,min}$ – x-x және y-y осьтеріне қатысты нетто қиманың ең кіші кедергі моменттері; n, c_x, c_y – пластикалық деформацияларының дамуын есепке алып беріктігін тексеруге арналған еселеуіштері, олардың мәндері ҚМжЕ-нің 66-кестесінен қабылданады.

Басқа жағдайларда есептеуі серпімді сатысы бойынша орындалуы керек

$$\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{A}_n} \pm \frac{\mathrm{M}_x}{\mathrm{I}_{xn}} \cdot y \pm \frac{\mathrm{M}_y}{\mathrm{I}_{yn}} \cdot x \le R_y\gamma_c, \quad (13.9)$$

мұндағы I_{xn}, I_{yn} – x-x және y-y осіне қатысты нетто қиманың инерция моменттері; x және y – қаралып отырған қима нүктесінің бас осьтеріне қатысты координаттары.

Қимасы осалданған ұстындардың, сондай-ақ келтірілген эксцентриситетінің шамасы $m_{ef} > 20$ кезінде ғана беріктігін тексеру қажет.

Көп жағдайларда ұстындардың көтергіштік қабілеті оның орнықтылығымен анықталады. Тұтас ортасынан тыс сығылған ұстындардың M_x момент әсер ететін жазықтығындағы (рама жазықтығындағы) орнықтылығын тексеру мына формула бойынша орындалады:

$$\frac{N}{\varphi_e \cdot A} \le R_y \gamma_c , \qquad (13.10)$$

мұндағы φ_e – ортасынан тыс сығылған кезде есептік кедергісін төмендететін еселеуіш, оның шамасы сырықтың шартты иілгіштігіне «$\overline{\lambda}$» және келтірілген салыстырмалы эксцентриситетіне «m_{ef}» байланысты ҚНжЕ-нің [4] 74-кестесі бойынша қабылданады;

$\overline{\lambda_x} = \lambda_x \sqrt{\frac{R_y}{E}}$ – рама жазықтығындағы (M_x мометтің әсер ететін жазықтығындағы) шартты иілгіштік; $\lambda_x = \frac{\ell_{efx}}{i_x}$ – рама жазықтығындағы сырықтың иілгіштігі;

$m_{ef} = \eta\ m_x$ – келтірілген салыстырмалы эксцентриситет, мұндағы η – қимасының сырт пішіні әсерінің еселеуіші, ол ҚНжЕ-нің [4] 73-кестесі бойынша анықталады; $m_x = \frac{e_x}{\rho_x} = \frac{e_x \cdot A}{W_{cx}}$ – салыстырмалы иілгіштік. Мұнда $e_x = M_x / N$ – х-х осіне қатысты бойлық күштің эксцентриситеті; ρ_x – ядролық қашықтық, $\rho_x = W_{cx} / A$; W_{cx} – қимасының ең қатты сығылған талшығы үшін қимасының кедергі моменті; A – брутто ауданы.

Ортасынан тыс сығылған сырықтың орнықтылығы материалының серпімдіпластикалық жұмысы сатысында жоғалады, сондықтан орнықтылығын тексерген кезде η еселеуіші енгізіледі. Бұл еселеуіш, қимасының сырт пішініне байланысты пластикалық деформациялары арқасында қиманың осалдану дәрежесін есепке алады.

Ортасынан тыс сығылған сырықтың орнықтылығы сырықтың ұзындығы бойынша моменттер эпюрлерінің

сипаттамасына тәуелді. Сондықтан эксцентриситет e_x M_x есептік майыстырушы момент бойынша анықталады. Оның шамасы:

- рамалық жүйелердің қимасы тұрақты ұстындары үшін, ұстын ұзындығының арасындағы ең үлкен моментіне тең қабылданады;
- сатылы ұстындар үшін, қимасы тұрақты бөлігінің ұзындығындағы ең үлкен моментке тең қабылданады.

Майыстырушы моменттің M_x әсер ету жазықтығында әдетінше ұстынның қимасы дамыған болып келеді, сондықтан $I_x > I_y$ кезінде ұстын орнықтылығының жоғалуы моменттің әсер ету жазықтығынан тыс та болуы мүмкін. Ол майысып-бұралу түрінде орнықтылығын жоғалту деп аталады.

Ұстын сырығының (стержінінің) момент әсер ету жазықтығынан тыс (y – y осіне қатысты) орнықтылығын тексеру мына формула бойынша орындалады:

$$\frac{\mathrm{N}}{c \cdot \varphi_y \cdot \mathrm{A}} \le R_y \gamma_c, \qquad (13.11)$$

мұндағы φ_y – ортасынан сығылған кездегі бойлық иілу еселеуіші, ол ҚНжЕ-нің [4] 72-кестесі бойынша $\lambda_y = \frac{\ell_{ef}}{i_y}$ иілгіштігіне (i_y – y – y осіне қатысты қиманың инерция радиусы) байланысты анықталады; c – ортасынан тыс сығылған сырықтың майыса-бұралу түріндегі орнықтылығын жоғалтқан кезіндегі M_x моменттің әсерін есепке алатын еселеуіш. Салыстырмалы эксцентриситеттің шамасы $m_x \le 5$ кезінде «c» еселеуіші мына формула бойынша анықталады:

$$c = \frac{\beta}{1 + \alpha \cdot m_x}, \qquad (13.12)$$

мұндағы α мен β – ҚНжЕ-нің [4] 10-кестесі бойынша қимасының түріне байланысты қабылданатын еселеуіштер;

$m_x \geq 10$ кезінде

$$c = \frac{1}{1 + m_x \cdot \varphi_y / \varphi_b}, \qquad (13.13)$$

мұндағы φ_b – арқалықтардың орнықтылығын жоғалтқан кездегі есептік кедергісін төмендететін еселеуіш (көп жағдайларда $\varphi_b = 1{,}0$)

$5 < m_x < 10$ кезінде

$$c_5(2 - 0{,}2m_x) + c_{10}(0{,}2m_x - 1), \qquad (13.14)$$

мұндағы $c_5 = \frac{\beta}{1+5\alpha}$, яғни $m_x = 5$ кезіндегі (13.12) формула бойынша; $c_{10} = \frac{1}{1+10 \cdot \varphi_y / \varphi_b}$, яғни $m_x = 10$ кезіндегі (13.13) формула бойынша.

Тұтас ұстындардың қимасын іріктеп алу келесі жүйе бойынша орындалады. Бастапқыда μ есептік ұзындығын келтіру еселеуішін тауып, есептік ұзындықтарын ℓ_{efx} және ℓ_{efy} анықтау керек. Көлденең қиманың қажетті ауданы

$$A_{қаж} = \frac{N}{\varphi_e \cdot R_y \gamma_c}. \qquad (13.15)$$

Симметриялы қоставр үшін $i_x \approx 0{,}42h$ – x – x – осіне қатысты қиманың инерция радиусы. $\rho_x \approx 2\ i_x^2 \approx 0{,}35h$ – ядролық қашықтық, мұндағы h – раманы құрастырған кезде белгіленген ұстын қимасының биіктігі. Мұндай жағдайда шартты иілгіштік

$$\overline{\lambda_x} = \frac{\ell_{efx}}{i_x}\sqrt{\frac{R_y}{E}} = \frac{\ell_{efx}}{0{,}42h}\sqrt{\frac{R_y}{E}}$$

және салыстырмалы эксцентрисистеті $m_x = \frac{e_x}{\rho_x} = \frac{M_x}{N \cdot 0{,}35h}$.

ҚНжЕ-нің [4] 73-кестесі бойынша $\overline{\lambda_x}$ пен m_x-ке байланысты қиманың сырт пішінінің еселеуіші η анықталады. Сөре мен қабырға аудандарының ара қатысын, бірінші жуықтауда $A_f / A_w = 0{,}5$ деп қабылдауға болады.

Келтірілген салыстырмалы эксцентриситетінің $m_{ef} = \eta \cdot m_x$ және шартты иілгіштігінің $\overline{\lambda_x}$ шамалары бойынша ҚНжЕ-нің [4] 74-кестесінен φ_e еселеуіші табылады, сонан соң $A_{қаж}$ де анықтауға болады.

Қиманың $A_{қаж}$ қажетті ауданы бойынша сортаменттен сөрелерінің қырлары параллельді («Ш» түріндегі) прокатты қоставр таңдап алынады немесе үш болат табағынан құрамалы қима құрастырылады. Болат шығыны бойынша жіңішке қабырғалы қима ең ұтымдысы болып табылады. Бірақ табақтардың жіңішкелігі жергілікті орнықтылық шарттарымен шектеледі.

Қабырғасының жергілікті орнықтылығын жоғалтпауы үшін қабырғасы есептік биіктігінің h_{ef} оның қалыңдығына қатынасы t_w [4] 29-кестесіне сәйкес $\overline{\lambda}_{uw}\sqrt{\dfrac{E}{R_y}}$ шамасынан аспауы керек. Салыстырмалы эксцентриситетінің мәні:

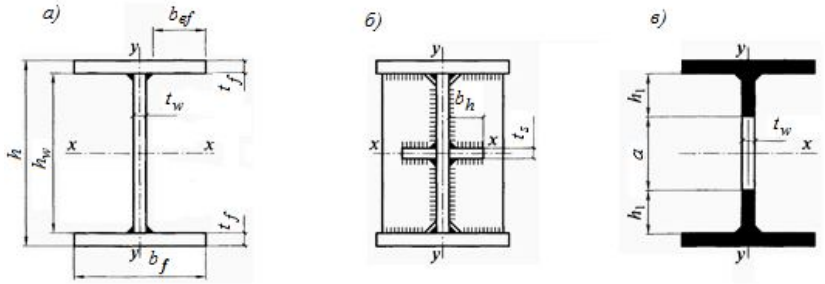
а) $m \geq 1{,}0$ кезінде $\overline{\lambda}_x < 2{,}0$ болса $\overline{\lambda}_{uw} = \left(1{,}30 + 0{,}15\overline{\lambda}_x^2\right)$;

$\overline{\lambda}_x \geq 2{,}0$ болса $\overline{\lambda}_{uw} = \left(1{,}20 + 0{,}35\overline{\lambda}_x\right)$, бірақ екі шамаларыда 3,1-ден асырмай қабылданады;

б) $0 < m < 1$ болған жағдайда $\overline{\lambda}_{uw}$ қабырғасының шекті шартты иілгіштігін $m = 0$ және $m = 1{,}0$ кезінде анықталған шамаларының ортасында сызықтық интерполяциялау арқылы табу керек.

Қабырғаның қалыңдығын жергілікті орнықтылық шартынан анықтаған кезде, ол әжептәуір үлкен болып шығып, қиманы үнемді емес етеді. Көп жағдайларда h_{ef} / t_w арасындағы қатысын 80...120 арасында қабылдап қабырғасының қалыңдығы кішірейтіледі, ал оның жергілікті орнықтылығы бір жағына

немесе екі жағына бойлық қатаңдық қабырғашаларын орналастырылып қамтамасыз етіледі.



13.5-сурет. Тұтас ұстындардың қимасын таңдау
а – қимасы қоставрлы ұстын; б – бойлық қабырғашасы бар кезінде; в – қабырғаның жергілікті орнықтылығын жоғалтқан кезінде

Қабырғаның аумалы күйге ауысуы сырықтың көтергіштік қабілетін толық жоғалтқаны деп саналмайды, сондықтан мөлшерлік құжаттар қабырғаның аумалы күйінен асқан аймақтағы жұмысын пайдалануға рұқсат етеді. Мұндай жағдайда қабырғаның орнықты емес бөлігін жұмыстан шығып қалады деп санап, ұстынның есептік қимасына ені $h_1 = (0{,}4 \ldots 0{,}5)t_w\bar{\lambda}_{uw}\sqrt{E/R_y}$ тең қабырғаның екі шеткі бөліктері еңгізіледі. Қабырғаның бөлігін есептік қимадан шығаруы қиманың «А» ауданын анықтаған кезде ғана есепке алынады. Қалған барлық геометриялық сипаттамалары толық тұтас қимасы бойынша анықталады.

Қабырғасының қалыңдығын белгілегеннен кейін сөресінің A_f қажетті ауданы анықталады

$$A_{f,\text{қаж}} = (A_{\text{қаж}} - h_w t_w)/2$$

немесе, егер қабырғасының жергілікті орнықтылығы қамсыздандырылмаған болса, онда

$$A_{f,\text{қаж}} = (A_{\text{қаж}} - 2h_1 t_w)/2.$$

Ұстынның момент әсер ететін жазықтығынан тыс орнықтылығын қамсыздандыру үшін сөресінің ені (1/20 …1/30)

ℓ_y-ден кем болмауы керек. Сөресінің қалыңдығы жергілікті орнықтылық шартын есепке алумен белгіленеді. Сөресі жиектелмеген қоставр немесе тавр үшін b_{ef} асылма енінің t_f қалыңдығына қатынасы

$$\frac{b_{ef}}{t_f} = [0{,}36 + 0{,}1\overline{\lambda_x} - 0{,}01(1{,}5 + 0{,}7\overline{\lambda}_x)m_x]\sqrt{\frac{E}{R_y}}. \qquad (13.16)$$

Қималардың басқа түрлері үшін b_{ef} / t_f қатыстары [4] 30-кестесінде келтірілген.

Ұстынның қимасын құрастырғаннан кейін моменттің әсер ету жазықтығында және әсер ету жазықтығынан тыс оның орнықтылығы тексеріледі

$$\sigma_x = \frac{\mathrm{N}}{\varphi_e \cdot \mathrm{A}} \le R_y\gamma_c; \quad \sigma_y = \frac{\mathrm{N}}{c \cdot \varphi_y \cdot \mathrm{A}} \le R_y\gamma_c.$$

Ортасынан тыс сығылған ұстынның момент әсер ету жазықтығынан тыс орнықтылығының жоғалуы қабырғасының серпімді сатысындағы жұмысы бойынша анықталады.

Серпімді жұмысы кезіндегі қабырғасының орнықтылығы жанама кернеулердің орташа шамасына $\tau = \frac{Q}{t_w h_{ef}}$ және «α» параметріне байланысты

$$\alpha = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\sigma_1},$$

мұндағы $\sigma_1 = \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{A}} + \frac{\mathrm{M}_x \cdot y_c}{\mathrm{I}_x}$ – қабырғадағы ең үлкен сығушы кернеу; y_c – қиманың ауырлық ортасынан қабырғаның сығылған шетіне дейінгі қашықтық; $\sigma_2 = \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{A}} - \frac{\mathrm{M}_x \cdot y_p}{\mathrm{I}_x}$ – қабырғаның қарама-қарсы шетіндегі созушы кернеу; y_p – қиманың ауырлық ортасынан қабырғаның моментпен жеңілделетін шетіне дейінгі қашықтық.

$\alpha \le 0{,}5$ кезінде қабырғаның шекті шартты иілгіштігі $\bar{\lambda}_{uw}$ ортасынан сығылған элементтерге ұқсас қабылданады, яғни ([4]29 – кесте бойынша) $\bar{\lambda} = \lambda\sqrt{\frac{R_y}{E}} \prec 2{,}0$

кезінде $\bar{\lambda}_{uw} = \left(1{,}30 + 0{,}15\bar{\lambda}^2\right)$; ал егер $\bar{\lambda} \ge 2{,}0$ болса, онда $\bar{\lambda}_{uw} = (1{,}20 + 0{,}35\bar{\lambda})$,

бірақ 2,3-тен асырмау керек.

$\alpha \ge 1$ кезінде келесі шарт орындалуы керек

$$\lambda_{uw} = \frac{h_w}{t_w} = 4{,}35\sqrt{\frac{(2\alpha - 1)E}{\sigma(2 - \alpha + \sqrt{\alpha^2 + 4\beta^2})}} \le 3{,}8\sqrt{\frac{E}{R_y}}, \qquad (13.17)$$

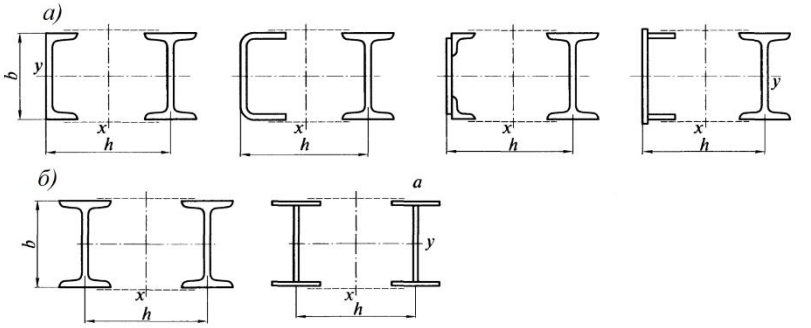
мұндағы $\beta = 1{,}4\,(2\alpha - 1)\,\tau / \sigma_1$.

Ал, $0{,}5 < \alpha < 1$ болса, қабырғаның шекті иілгіштігі ($\lambda_{uw} = \frac{h_w}{t_w}$) α=0,5 пен $\alpha = 1$ кезіндегі есептеп табылған шамаларының арасында сызықтық интерполяциялау арқылы белгіленеді.

Егер (13.17) шарт сақталса, онда ұстынның момент әсер ету жазықтығынан тыс орнықтылығын тексергенде қиманың барлық ауданы есепке алынады. Егер қабылданған h_w/t_w ара қатыс шекті шамасынан асып қабырғасы орнықты болмаса, онда ол бойлық қатаңдық қабығашамен нығайтылады немесе сырықтың есептік қимасына тек белдемелері мен оларға жанасқан ені h_1-ден қабырғаның екі бөлшектері кіргізіледі.

Тұтас ұстындардың қабырғасы, ортасынан сығылғандарына ұқсас $\frac{h_{ef}}{t_w} \ge 2{,}3\sqrt{\frac{E}{R_y}}$ кезінде бір-бірінің арасы (2,5…3,0) h_{ef} қашықтықта орналасқан, көлденең қатаңдық қабырғашалармен нығайтылады. Олар бұралған кезде ұстынның қатаңдылығын көбейтеді. Әр жөнелтетін элементте қабырғашалар екеуден кем болмауы керек. Қабырғашалардың өлшемдері құрама арқалықтардағы сияқты қабылданады.

Ортасынан тыс сығылған керегеторлы ұстындар. Керегеторлы ұстынның сырығы, бірі мен бірі керегетормен байланыстырылған, екі тармақтан тұрады. Керегеторлары әдетте екі жазықтықта (тармақтарының қырлары бойында) орналастырылады. Жеңіл ұстындарда кейде қимасының осі бойында орналасқан керегетор қолданылады. Крандардың тік жүктемесіне ұстын тармақтарының екеуі де жақсы қосылуы үшін шеткі қатардағы ұстындардың қиғаш тірегінің жоғарғы шетін кранасты тармағына бекіткен жөн.



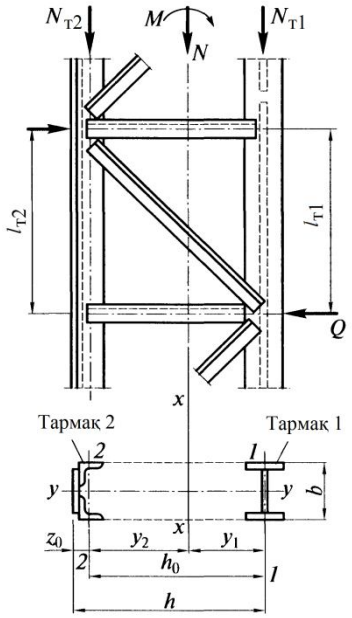
13.6-сурет. Керегеторлы ұстындар қимасының түрлері:
а – симметриялы емес қималар; б – симметриялы қималар

Шеткі қатардағы ұстындарда көбінесе сырқы тармағы швеллер түріндегі (қабырғаның ыңғайлы жалғасуы үшін) симметриялы емес қималар қолданылады. Жеңіл ұстындарда бұл тармақ прокатты швеллерден жасалады. Қуаттылау ұстындарда ол қалыңдығы 16 мм-ге дейінгі майыстырылған болат табақтан немесе құрама қималардан жобаланады (13.6, *а*-сурет).

Ортаңғы қатардағы ұстындар әдетте симметрия қималы прокатты профильдермен («Ш» түріндегі қоставрдан) немесе құрама қимамен жобаланады (13.6, *б*-сурет).

Өтпелі ұстын белдеулері параллельді ферма сияқты жұмыс жасайды. Есептік күштеулер N және M әсерінен ұстын тармақтарында тек бойлық күштер ғана пайда болады. Көлденең Q күшті керегетор қабылдайды. Ұстынның көтергіштік

қабілетінің тамамдалуы бір тармағының немесе толығымен ұстынның орнықтылығын жоғалту нәтижесінде болуы мүмкін.



13.7-сурет. Керегеторлы ұстынның есептік сұлбасы

Қимасы симметриялы емес ұстынның тармақтарындағы бойлық күштеулер мына формулалар бойынша анықталады:

1-тармақта $N_{m1} = N \cdot \frac{y_2}{h_0} + \frac{M}{h_0}$; 2-тармақта $N_{m2} = N \cdot \frac{y_1}{h_0} + \frac{M}{h_0}$.

Мұнда N, M – есептік бойлық күш және майыстырушы момент; y_1, y_2 – ұстынның толық қимасының ауырлық ортасынан сәйкес тармақтардың ауырлық ортасына дейінгі қашықтық; $h_0 = y_1 + y_2$ – ұстын тармақтарының ауырлық орталары арасындағы қашықтық (13.7-сурет).

Тармақтардағы есептік күштеулерді анықтағаннан соң олардың әрқайсысы ортасынан сығуға жұмыс жасайтын ретінде екі жазықтықтардағы орнықтылығы тексеріледі.

1-тармақтың орнықтылығы рама (ұстын) жазықтығында $\sigma = \frac{\mathrm{N}_{m1}}{\mathrm{A}_{m1} \cdot \varphi_1} \le R_y \gamma_c$;

ұстын жазықтығынан тыс $\sigma = \frac{\mathrm{N}_{m1}}{\mathrm{A}_{m1} \cdot \varphi_y} \le R_y \gamma_c$,

мұндағы φ_1 – бойлық иілу еселеуіші, ол $\lambda_{m1} = \ell_m / i_1$ иілгіштігі бойынша анықталады (ℓ_m – керегетордың бекітілген түйіндері арасындағы қашықтыққа тең ұстын жазықтығындағы тармақтың есептік ұзындығы; i_1 – тармақ қимсының 1-1 осіне қатысты инерция радиусы); φ_y – бойлық иілу еселеуіші, ол

$\lambda_y = \ell_y / i_y$ иілгіштік бойынша анықталады (ℓ_y – әдетте ұстынның төменгі бөлігінің ұзындығына тең ұстын жазықтығынан тыс тармақтың есептік ұзындығы; i_1 – тармақ қимсының у-у осіне қатысты инерция радиусы); A_{b1} – 1-тармақтың қима ауданы.

2-тармақтың орнықтылығы да осыған ұқсас тексеріледі.

Ұстынның немесе бір тұтас сырық ретінде оның бөлігінің орнықтылығы (моменттің әсер ету жазықтығында), ортасынан тыс сығылған тұтас ұстынның сырығындағыға ұқсас формулалар бойынша тексеріледі

$$\sigma_x = \frac{\mathrm{N}}{\varphi_e \cdot \mathrm{A}} \le R_y \gamma_c ,$$

бірақ та φ_e еселеуіші шартты келтірілген иілгіштігіне

$$\overline{\lambda}_{ef} = \lambda_{ef} \sqrt{\frac{R_y}{E}}$$

және m_x салыстырмалы эксцентриситетіне байланысты ҚР ҚНжЕ-тің 75-кестесі [4] бойынша анықталады, яғни η еселеуіші есепке алынбайды. Келтірілген иілгіштік λ_{ef} ортасынан сығылған өтпелі ұстындардағы формулалар бойынша есептеледі (сырығының қиғаштіректі керегеторы екі жазықтықтарында орналасқан кезде) $\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda_y^2 + \alpha \mathrm{A} / \mathrm{A}_d}$, мұнда A – сырық

қимасының барлық ауданы; A_d – керегетордың екі жазықтықтарындағы қиғаштіректер қимасының ауданы; $\alpha = 10 \cdot a^3 / (в^2 \cdot \ell)$. Мұнда a – қиғаш тіректің ұзындығы; $в$ – тармақ осьтерінің арасындағы қашықтық; ℓ – керегетор түйіндері арасындағы қашықтық.

Өтпелі қималардың салыстырмалы эксцентриситеті мына формула бойынша анықталады:

$$m_x = \frac{e_x}{\rho_x} = e_x \cdot \frac{\mathrm{A}}{W_x} = \frac{\mathrm{M}_x \mathrm{A}}{\mathrm{N} \cdot \mathrm{I}_x} \cdot y_1 , \qquad (13.18)$$

мұнда M_x – орнықтылығын тексерген кездегі майыстырушы моменттің есептік шамасы; А – сырықтың екі тармақтарының қима ауданы; $I_x = A_{m1} \cdot y_1^2 + A_{m2} \cdot y_2^2$ – х - х осіне қатысты барлық қима ауданының инерция моменті; y_1 – қиманың ауырлық ортасынан ұстынның көптеу жүктелген тармағының ауырлық ортасына дейінгі қашықтық.

Өтпелі ұстынның бір тұтас сырық ретінде моменттің әсер ету жазықтығынан тыс орнықтылығын тексеру қажет емес, себебі бұл бағыттағы әр тармақтың орнықтылығын тексерумен ол қамтамасыз етілген.

Ұстынның бұралуына кедергісін көбейту үшін (ортасынан сығылған ұстындарға ұқсас) ұстынның тармақтары қатаң көлденең диафрагмалармен біріктіріледі. Диафрагмалар жөнелтетін элементтердің шеткі жақтарына орналастырылады.

Ортасынан тыс сығылған өтпелі ұстын керегеторының элементтері статикалық есептеу кезінде анықталған көлденең күштің немесе мына формула бойынша анықталған шартты көлденең күштің

$$\mathrm{Q_{fic}} = 7{,}15 \cdot 10^{-6} \left(2330 - \frac{E}{R_y} \right) \cdot \frac{N}{\varphi}$$

көптеуіне есептеледі.

Керегетор элементтерінің қималары ортасынан сығылған ұстындарға ұқсас іріктеп алынады.

Егер қиғаш тірек тармақтың осіне орталықтанса, онда тармақтың ені шамалы болғандықтан қиғаш тіректерді бекіту үшін түйіндерінде фасонкаларды орналастыру керек болар еді. Сондықтан түйіндерін оңайлату үшін қиғаш тіректерді тармақтың қырына орталықтандыруға рұқсат берілген, соның нәтижесінде түйіндерінде жергілікті майыстырушы моменттер пайда болып, пластикалықтың ертерек дамуына келтіреді.

Бірақ та бойлық күш пен керегеторды ортадан тыс бекіткеннен пайда болған, майыстырушы моментің бірлескен әсеріне тармақтардың есебі әдетте орындалмайды, себебі бұл момент ұстынның көтергіш қасиетіне тигізетін ықпалы шамалы.

Ортасынан тыс сығылған өтпелі ұстындардың қимасы келесі жүйелілік бойынша таңдап алынады.

1. $N_m = N \cdot \frac{y}{h_0} + \frac{M}{h_0} -$ формула бойынша шамалап тармақтардағы бойлық күштер таңдалады. Қиманың ауырлық ортасының тұратын орыны күні бұрын белгісіз болғандықтан, шамалап қабылданады – симметриялы қимада $y_1 \approx y_2 \approx 0{,}5h_0$, симметриялы емес қимада – $y_1 \approx (0{,}45\ldots0{,}55)\ h_0$; $y_2 \approx (0{,}55\ldots0{,}45)\ h_0$ және $h_0 = h$ (85-сурет).

2. Бойлық иілу еселеуішін алдын ала $\varphi = 0{,}7\ldots0{,}9$ қабылдап, әр тармақтың қажетті қима ауданы шамалап табылады

$$A_{m1} = \frac{N_{m1}}{\varphi \cdot R_y \gamma_c}, \qquad A_{m2} = \frac{N_{m2}}{\varphi \cdot R_y \gamma_c}.$$

3. Тармақтар қимасы құрастырылады. Раманың жазықтығынан тыс ұстынның орнықтылығын қамтамасыз ету үшін, тармақтың ені тармақ ұзындығының (рама жазықтығынан тыс ұстынның немесе оның бөлігінің ұзындығы) 1/20...1/30 қабылданады. Ұстынның тармақтары ортасынан сығуға жұмыс жасайды, сондықтан сөрелері мен қабырғаларының жергілікті орнықтылығы ортасынан сығылған ұстындарға ұқсас қамтамасыз етіледі.

Сонан соң екі тармақтарының және тұтасымен ұстынның геометриялық сипаттамалары анықталады. Нақты өлшемдері

бойынша тармақтардағы бойлық күштер дәлденеді де олардың екі жазықтықтағы орнықтылықтары тексеріледі. Толық сырықтың орнықтылығы керегетордың қиғаш тіректерінің қималарын таңдағаннан кейін тексеріледі.

13.3. Кранасты арқалықтардың түйістері және тірелу тораптары

Жүк көтергіштігі шамалы крандарға арналған кран асты арқалықтарды тіреу үшін, биіктігі бойынша қимасы тұрақты ұстындарда, ұстын сырығына пісірмелеп бекітілген жалғыз қабырғалы консольдар пайдаланылады (84, а, б- суреттер). Консоль мен оны ұстынға бекітетін жіктерді $M_к = D_{max} \cdot e$ моментке және D_{max} кесу күшіне есептеледі.

Консольдың негіздігіндегі кернеулерді тексергенде $M_к$ майыстырушы моментті консольдың тек сөрелері ғана қабылдайды, ал D_{max} тік күшті тек қабырға ғана қабылдайды деп болжалауға рұқсат етіледі. Мұндай жағдайда консольдың сөрелері мен қабырғаларындағы тік және жанама кернеулер мына формулалар бойынша анықталады:

$$\sigma_f = \frac{H}{A_f} = \frac{M_к}{h_к A_f} \le R_y \gamma_c; \qquad \tau_w = \frac{D}{A_w} \le R_s \gamma_c,$$

мұндағы A_f, A_w – консольдың сөресі мен қабырғасының қима ауданы.

Тік және жанама кернеулердің бір мезгілдегі әсерінен консольдың жалғасқан жеріндегі ұстынның қабырғасында күрделі кернеуленген жағдай пайда болады. Сондықтан оның беріктігі келтірілген кернулер бойынша тексеріледі

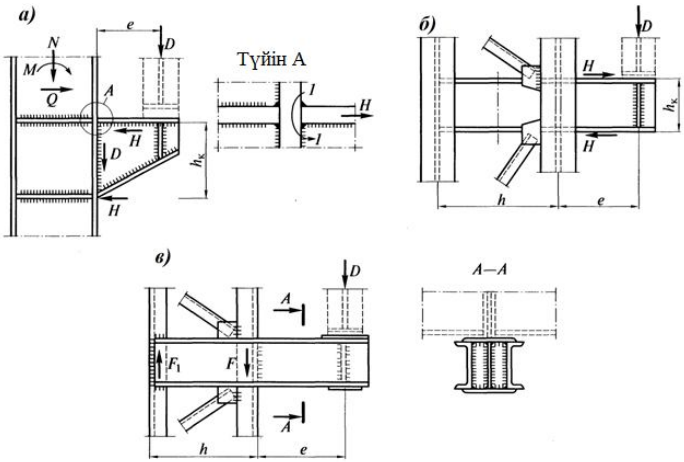
$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \le 1{,}15 R_y, \qquad (13.19)$$

мұндағы $\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M}{W}$; $\tau = \frac{Q + H}{A_w}$; A_w – ұстын қабырғасының қима ауданы.

Жалғыз қабырғалы консольді керегеторлы ұстынға бекітуін тұтас қабырғалы ұстынға консольдың жалғасуы сияқты есептеледі.

Үлкен жүктемелерді жеткізу үшін қос қабырғалы консольдар жасалады. Консольдың қимасы $М_к = Д_{max} \cdot e$ момент және $Д_{max}$ кесу күші әсеріне тексеріледі. Ұстын тармақтарына консольды бекітетін жіктердегі күштеулер рычаг ережесі бойынша табылады (13.8, в-сурет)

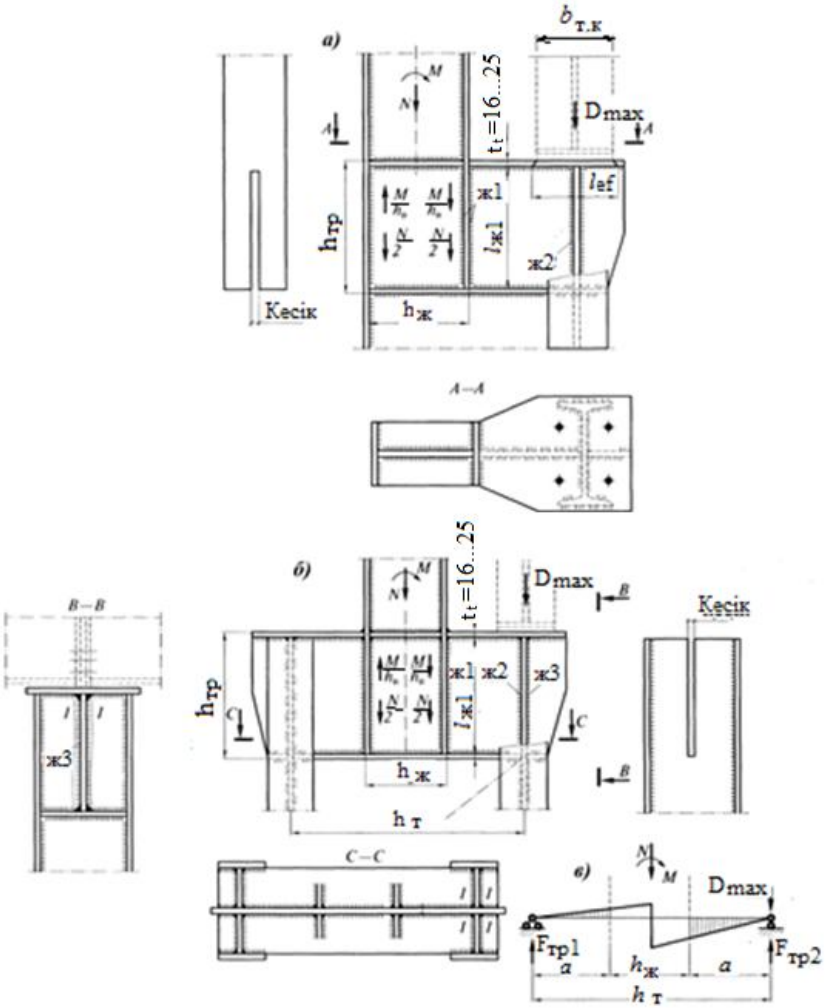
$$F = \frac{D_{max}}{h} \cdot (h + e); \qquad F_1 = \frac{D_{max}}{h} \cdot e.$$



13.8-сурет. Кранасты консольдар
а – ұстындар тұтас кезінде; б – ұстындар керегеторлы кезінде; в – консоль қос қабырғалы

Консольдың әр тармағына жүктеменің біркелкі жеткізбеу мүмкіншілігін ескере отырып, олардағы күштеулерді 20 %-ға көбейту керек.

Сатылы ұстындарда кранасты арқалық ұстынның кемеріне тіреледі. Ұстынның жоғарғы жағының және кранасты арқалықтың күштеулерін ұстынның төменгі жағына жеткізу үшін кемер қарастырылған жерлерге жалғыз қабырғалы траверсалар орнатылады (13.9-сурет).



13.9-сурет. Ұстынның жоғарғы мен төменгі бөліктерінің қосылу түйіндері

а – тұтас ұстындарда; б – өтпелі ұстындарда;
в – траверсаның есептік сұлбасы

Қосылыс қатаң болуы үшін траверсаның биіктігін $h_{тр} = (0{,}5…0{,}8)\ h_т$ және 400…500 мм-ден кемітпей қабылданады.

Күштеу D_{max} қалыңдығы 16…25 мм тақта (плита) арқылы траверсаның қабырғасына жеткізіледі. Күштеу фрезерленген бетпен жеткізген кезде траверсаның қабырғасы мыжылуға жұмыс жасап, мына формула бойынша тексеріледі:

$$\sigma = \frac{D_{\max}}{\ell_{ef} \cdot t_{wmp}} \le R_p \gamma_c , \qquad (13.20)$$

мұндағы $\ell_{ef} = b_{m..к} + 2t_t$ – мыжылатын беттің ұзындығы; $b_{m.к}$ – кранасты арқалықтың тіректік қабырғашасының ені; t_{wmp} – траверса қабырғасының қалыңдығы; t_t – тақтаның (плитаның) қалыңдығы; R_p – бүйір беті мыжылуға болаттың есептік кедергісі.

Ұстынның жоғарғы жағынан бойлық күш N және майыстырушы момент M тікше қабырғашалар арқылы траверсаға жеткізіледі. Күштеулер N мен M ұстынның жоғарғы бөлігіндегі тек сөрелері арқылы жеткізіледі деп есептуге болады: $N_f = N / 2 \pm M / h_ж$. Тікше қабырғашаны траверсаның қабырғасына бекітетін (ж1) жіктің қажетті ұзындығы, пісірмелеп қосу төрт жікпен орындалатын болса, былай анықталады

$$h_{mp} = \ell_w = \frac{N_n}{4\kappa_f (\beta_{f(z)} \cdot R_{wf(z)} \cdot \gamma_{wf(z)})_{\min} \cdot \gamma_c}. \qquad (13.21)$$

Керегеторлы ұстындарда траверса N, M, D_{max} күштеулермен жүктелген және аралығы ұстынның кранасты бөлігінің $h_т$ төменгі бөлігінің еніне тең қимасы қоставрлы арқалық сияқты жұмыс жасайды (13.9, в-сурет). Арқалық орташа жанама кернеулер бойынша майысуға және кесуге тексеріледі

$$\sigma = \frac{M_{mp}}{W_{mp}} \le R_y \gamma_c , \qquad \tau = \frac{Q_{mp}}{t_{wmp} \cdot h_{wmp}} \le R_s \gamma_c , \qquad (13.22)$$

мұндағы h_{wmp}, $t_{w\ mp}$ – траверса қабырғасының биіктігі және қалыңдығы; $W_{тр}$ – траверсаның кедергі моменті; $M_{тр}$, $Q_{тр}$ – траверсаға әсер ететін майыстырушы момен және көлденең күш.

Ортаңғы қатардағы симметриялы ұстындар үшін:

$$M_{mp} = \left(\frac{\mathrm{N}}{2} + \frac{\mathrm{M}}{h_m} \right) \cdot a, \quad Q_{mp} = \frac{\mathrm{N}}{2} + \frac{\mathrm{M}}{h_m} + kD_{\max}.$$

Еселеуіш k = 1,2 арқалықтардың тіректік қабырғашалары бетінің тегіс болмауы арқасында D_{max} күштеудің біркелкі таралмауы мүмкіндігін ескереді.

Ұстынның тармағына траверсаны бекітетін жіктер (ж2) траверсаның тіректік реакциясына $F_{тр} = Q_{тр}$ есептеледі, ал ұстынның сырт жағына траверсаға қарама-қарсы орналастыратын қабырғашаны бекітетін (ж3) жік $F = к D_{max} / 2$ – күштеуге есептеледі.

Траверсаны сенімді бекіту үшін жоғарғы бөлігінің сөресінде және кранасты тармағының қабырғасында кесік жасалып, оған траверсаның қабырғасы кіргізіледі. Мұндай жағдайда кранасты тармаққа траверсаны бекітетін жіктерді реакциялардың қосындысына $\mathrm{F} = \frac{\mathrm{N}}{2} + \frac{\mathrm{M}}{h_m} + D_{\max}$ есептеледі (ортаңғы ұстын үшін).

Осы реакцияға кранасты тармақтың қабырғасын траверсаны бекіткен жерлерінде жанама кернеуге тексеру керек

$$\tau = \frac{F}{2t_{wmp} \cdot t_{w1}} \le R_s \gamma_c, \qquad (13.23)$$

мұндағы t_{w1} – тармақ қабырғасының қалыңдығы.

Егер $\tau > R_s\gamma_c$ болса, онда траверсаның биіктігін көбейту керек немесе ұстынның қабырғасын қалыңдату керек.

Кранасты бөлігі тұтасқабырғалы ұстындарда траверса сөресіне ғана емес ұстынның қабырғасына да тіреледі (13.9, *а*-сурет). Сондықтан траверсаны майысуға есептеу қажет емес.

Ұстындарда түйістер екі жағдайларда жасалады: прокатты болаттың ұзындығы шектелгендіктен (зауыттық түйістер) және ұзыдығы 18 м-ден асқан кезде тасымалдау және жинақтау

мүмкіндігіне байланысты, ұстынды жөнелтетін элементтерге бөлу үшін (жинақтау түйістері).

Зауыттық жіктерді түйістіре толық пісірмелеп орындалады. Егер түйістік қосылысты орындауға болмаса, онда бастырма орнатылады. Мұндай қосылыстардың есептеуін оның негізгі қимасымен тең беріктік шартынан өткізген орынды.

Жинақтау жігі түйістіре толық пісірумен немесе жоғары берікті бұрандамалармен жасалады. Түйістіре қосқан кезде элементтердің бүйір жағы фрезерленеді.

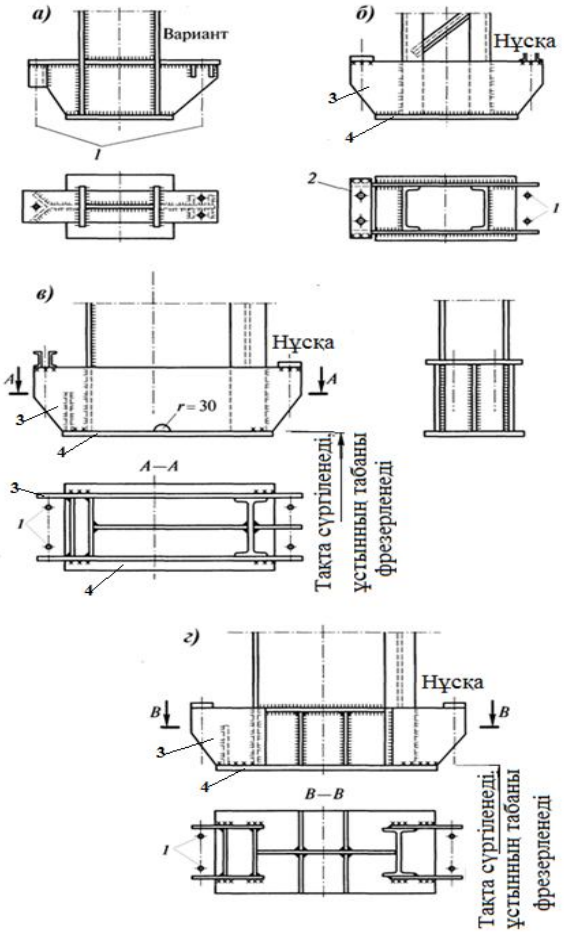
Жоғары берікті бұрандамалы жинақтау түйістерінде сығушы күштеулер ұстынның фрезерленген бүйірімен жеткізіледі, ал созушы күштеулер – бастырмалармен жеткізіледі.

13.4. Ортасынан тыс сығылған ұстындардың түптабаны

Ұстынның іргетаспен түйісуі түптабанның көмегімен орындалады. Түптабанның құралымы ұстынның түріне байланысты және ұстынның тірелу есептік сұлбасына сәйкес келуі керек (топсалы немесе қатаң).

Ортасынан тыс сығылған ұстындардың түптабаны ортасынан сығылған ұстындардағы сияқты тірек тақтасынан, траверсадан, қабырғашалардан, анкерлік бұрандамалардан және оларды бекітетін құрылғылардан (стөлшелерден, анкерлік тақталардан) тұрады.

Топсалы түптабандарда, ортасынан сығылатын ұстындардағы сияқты, анкерлік бұрандамалар тіректік тақтаға тікелей бекітіледі. Тіректік тақтаның иілгіштігі қосылыстың икемділігін қамтамасыз етеді. Мұндай түптабандардың күштеулері едәуір болған кезде тіректік топсаларды (тақталық, балансирлік) пайдаланып жобаланады. Өндірістік ғимараттарда ұстындар рама жазықтығында әдетте іргетаспен қатаң, ал жазықтығынан тыс – топсалы қосылады.



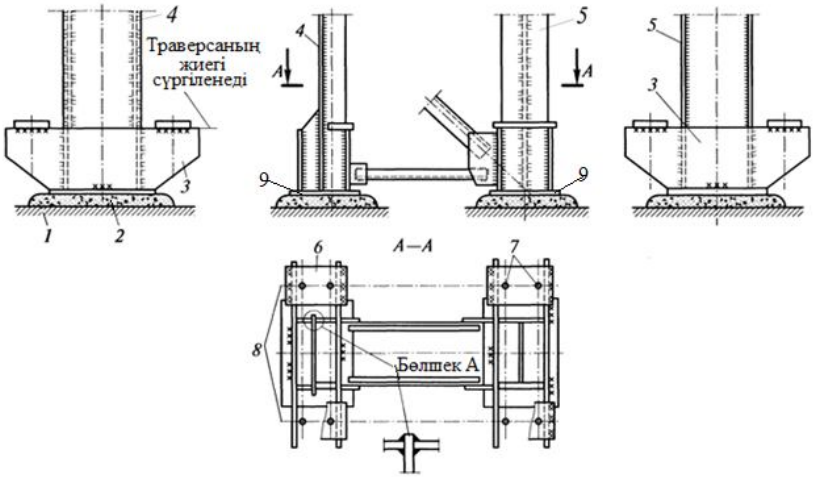
13.10-сурет. Ортасынан тыс сығылған ұстындардың жалпы түптабандары

а – жеңіл тұтас ұстындар жалғызқабырғалы траверсасымен; б, в, г – қосқабырғалы траверсасымен; 1 – анкерлік бұрандамалар; 2 – анкерлік тақташалар; 3 – траверса; 4 – тіректік тақта

Іргетасқа майыстырушы моментті жақсырақ жеткізу үшін ортасынан тыс сығылған ұстындардың түптабаны момент әсер ететін жазықтығында дамытылады. Сонда түптабан сопақша

түрде болады. Ұстын сырығының осінен екі жаққа түптабан симметриялы және симметриялы емес (асимметриялы) дамуы мүмкін. Түптабанның симметриялы құралымы орынды болып келеді, егер ұстынның табанындағы моменттің таңбасы айнымалы, бірақ мәндері шамалас, немесе абсолюттік шамасы мүлдем аз болса. Басқа жағдайда түптабанның асимметриялы дамығаны жөнді.

Түптабанның түрі ұстынның қуаттылығына байланысты (13.10-сурет). Жүктемесі шамалы кезінде жалғыз қабырғалы түптабанды немесе траверсасы екі прокатты швеллерден құралған қосқабырғалы түптабанды қолданған орынды.



13.11-сурет. Керегеторлы ұстынның жекеленген түптабаны
1 – іргетастың үсті; 2 – цемент ертіндісі; 3 – траверса; 4 – сыртқы тармақ; 5 – кранасты тармақ; 6 – анкерлік тақташа; 7 – тақташадағы тесіктер; 8 – анкерлік бұрандамалардың өсі; 9 – тіректік тақта

Қуаттылау ұстындар үшін құрама қималы траверсалар қолданылады. Траверсаның биіктігі үлкейген кезде қорапты қиманың ішкі жағын пісірмелу қиындап кетеді, сондықтан ұстынның әр тармағы тіректік тақтаға жеке бекітілетін

қосқабырғалы траверса түріндегі түптабан құралымын қолданған жөн.

Өтпелі ұстынның ені әжептәуір үлкен кезінде дараланған түптабандарды қолданған дұрыс (13.11-сурет).

Тіректік тақтаның астындағы іргетас бетонында тік кернеулер пайда болады, олар мына формула бойынша анықталады:

$$\sigma_{b_{\min}^{\max}} = \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{A}_{mm}} \pm \frac{\mathrm{M}}{W_{mm}} = \frac{\mathrm{N}}{BL} \pm \frac{6\mathrm{M}}{BL^2}, \qquad (13.24)$$

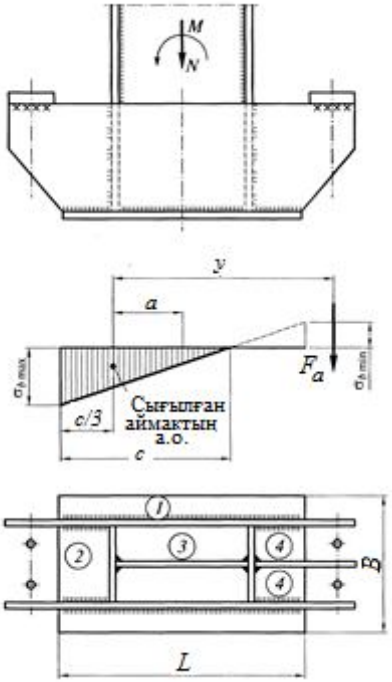
мұндағы A_{mm}, W_{mm} – тіректік тақтаның ауданы және кедергі моменті; B, L – тіректік тақтаның ені мен ұзындығы.

Тіректік тақтаның енін ұстын қимасының енінен 100-200 мм-ге кеңдеу қабылданады. Онда іргетас бетонының сығуға беріктік шарты бойынша $\sigma_b < \psi \mathrm{R}_{b,loc}$ болуы керек. Жоғарыда келтірілген формуладан тақтаның ұзындығын табуға болады

$$L = \frac{\mathrm{N}}{2B\psi R_{b,loc.}} + \sqrt{\left(\frac{\mathrm{N}}{2B\psi R_{b,loc}}\right)^2 + \frac{6\mathrm{M}}{B\psi R_{b,loc}}}, \qquad (13.25)$$

мұндағы $\mathrm{R}_{b,loc}$ – іргетас бетонының мыжылуға есептік кедергісі, ол (7.27) формула бойынша анықталады; $\psi = 0{,}75$ – бетонда кернеудің біркелкі таралмауын есепке алатын еселеуіш.

Майыстырушы моменттің мәні үлкен болған кезде тіректік тақтаның астында созушы кернеу пайда болады. Тіректік тақта іргетастың үстінде бос жатқандықтан, созу күштеуін қабылдау үшін анкерлік бұранда орнатылады. Ортасынан сығылған ұстынның түптабанына қарағанда бұл түптабанның анкерлік бұрандасы есептік элемент болып табылады.



13.12-сурет. Ортасынан тыс сығылған ұстын түптабанының есептік сұлбасы

Анкерлік бұрандалардағы күштеу бетонның сығылған аймағының ауырлық ортасына қатысты күштердің тепетеңдік теңдеуінен анықталады (13.12-сурет)

$$M - N \cdot a - F_a \cdot y = 0, \qquad \text{осыдан} \qquad F_a = \frac{M - N \cdot a}{y}.$$

Бір анкерлік бұранда кимасының қажетті ауданы

$$A_{bn} = \frac{F_a}{n \cdot R_{bt} \cdot \gamma_c},$$

мұндағы n – түптабаннның бір жағындағы анкерлік бұрандалардың саны; R_{bt} – 60-кесте [4] бойынша қабылданатын, анкерлік бұранданың созуға есептік кедергісі.

Анкерлік бұранданы есептеген кезде, бұрандаларда ең үлкен созу күштеуін беретін, жүктемелердің қиыстыруын қабылдау керек.

Тіректік тақтаның қатаңдылығын қамтамасыз етіп оның қалыңдығын кішірейту үшін түптабанда траверсаларды және қабырғашаларды орнатады. Траверсалар мен қабырғашалар тақтаны жеке бөлшектерге ыдыратады. Тіректік тақтаның жұмысы мен есептеуі ортадан сығылған ұстынның түптабанына ұқсас. Тіректік тақтаның астындағы іргетас бетонында кернеулер біркелкі таралмағандықтан, түрлі бөлшектердегі моменттерді анықтағанда әр бөлшек аралығынан σ_b-дің ең үлкен шамасы қабылданады.

Ені 1 м немесе одан да артқан кезде көбінесе жекеленген түптабандар орнатылады. Ұстынның тармақтары ортасынан түскен бойлық күштерге жұмыс жасайды, сондықтан олардың түптабандары ортасынан сығылған ұстындардың түптабандары сияқты есептеліп құрылымдалады. Тіректік тақталардың ортасы тармақтардың ауырлық ортасымен сәйкестендіріледі, олай болмаса ұстынның тармақтарында қосымша момент пайда болады.

Бақылау сұрақтары

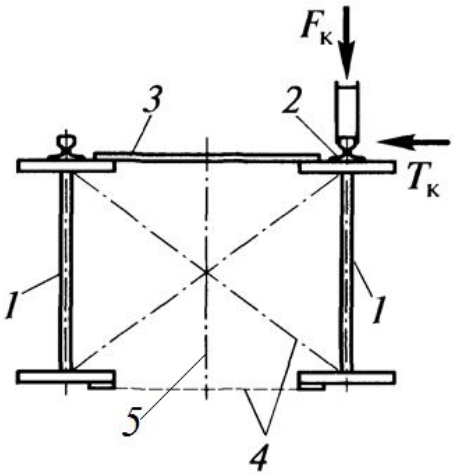
1. Бір қабатты өндірістік ғимараттарында болат ұстындардың қандай түрлері қолданады?
2. Сатылы ұстындар қандай кезде қолданылады?
3. Рама жазықтығындағы ұстынның есептік ұзындығын анықтайтын формуланы жазыңыз.
4. Ұстынның рама жазықтығынан тыс есептік ұзындығы қалай қабылданады?
5. Ортасынан тыс сығылған ұстын сырығының беріктігін тексеретін формуланы жазыңыз.
6. Тұтас ортасынан тыс сығылған ұстынның момент M_x әсер ететін жазықтығындағы орнықтылығын тексеретін формуланы жазыңыз.
7. Ұстын сырығының (стержінінің) момент әсер ету жазықтығынан тыс орнықтылығын тексеретін формуланы жазыңыз.
8. Ұстындар түптабанының құрамы неден тұрады?
9. Ұстындардың топсалы түптабандары қалай орындалады?

14. КРАНАСТЫ ҚҰРАЛЫМДАР

14.1. Кранасты құралымдардың сипаттамасы

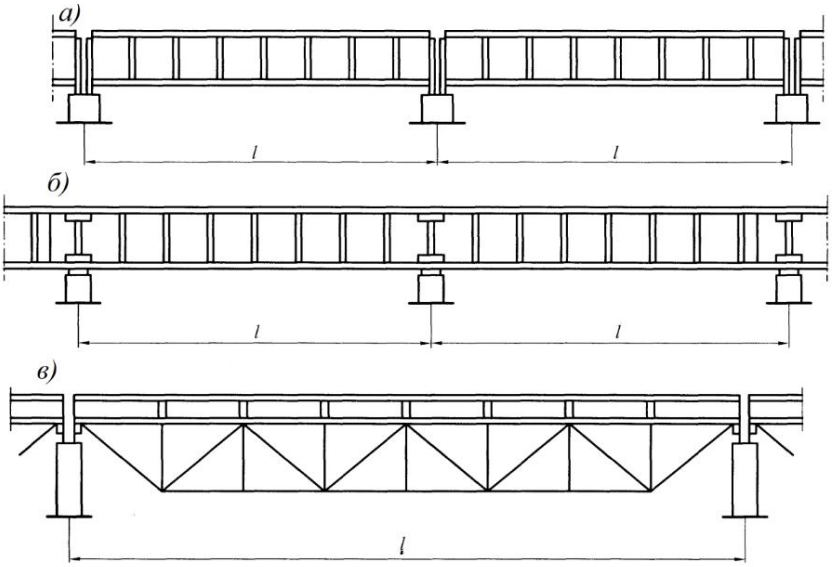
Көпірлік крандардың кранасты құралымдары кешеніне кіретіндері мыналар:

- крандардан тік жүктемелерді қабылдап алатын кранасты арқалықтар немесе фермалар;
- көлденең горизонталды әсерлерді өзіне қабылдайтын тежеуіш арқалықтар немесе фермалар;
- кранасты құралымдардың қатаңдылығын және өзгермеушілігін қамтамасыз ететін байланыстырғыштар;
- кран әсерлерін ұстындарға жеткізетін, кранасты құралымдардың түйіндік бекітулері;
- кран рельсі кранасты арқалыққа бекітетін элементтерімен және ғимараттың бүйір жағындағы кранның тіреуіші (14.1-сурет).



14.1-сурет. Кранасты құралымдардың сұлбасы
1 – кранасты арқалық; 2 – кран рельсі бекітетін элементтерімен; 3 – тежеуіш құралым; 4 – горизонталды және тік байланыстырғыштар; 5 – ортаңғы қатардағы ұстындардың осі

Кранасты құралымдардың негізгі көтергіш элементтерінің – кранасты арқалықтарының құралымдық формасы әртүрлі болуы мүмкін. Олар тұтас немесе өтпелі, қиылған немесе қиылмаған, рамалық болуы мүмкін (14.1-сурет). Қимасы тұтас қиылған және қиылмаған кранасты арқалықтар жиі қолданылады. Олар үшін типтік сызбалар өңделген, осы сызбаларды өндіріс ғимараттарын жобалаған кезде кеңінен қолдану керек.



14.2-сурет. Кранасты құралымдардың түрлері
а – қиылған арқалықтар; б – қиылмаған арқалықтар; в – фермалар

Қиылған кранасты арқалықтар жинақтауға ыңғайлы, тіректердің шөгуін сезбейді, осыған байланысты олар кеңінен қолданылып келеді. Бірақ қиылған кранасты арқалықтарда болаттың шығыны көбірек болады. Қиылмаған кранасты арқалықтарда қиылғандарына қарағанда болат шығыны 12-15 % кемдеу, пайдаға асыруы сенімділеу болады. Қиылмаған арқалықтардың кемшіліктеріне жататындары құралымдық шешімдерінің кейбір күрделігі, жинақтау түйістерін жасау арқасында жинақтаудың еңбек сіңірімділігінің көтерілуі,

құралымның шөгуге сезгіштігі. Қиылмаған арқалықтарды қолдануының орындылығын анықтайтын белгісінің бірі болып табылатыны, тіректердің серпімді шөгуі. Ол мына еселеуішпен сипатталады

$$c = \frac{\Delta_1 \cdot EI}{\ell^3}, \qquad (14.1)$$

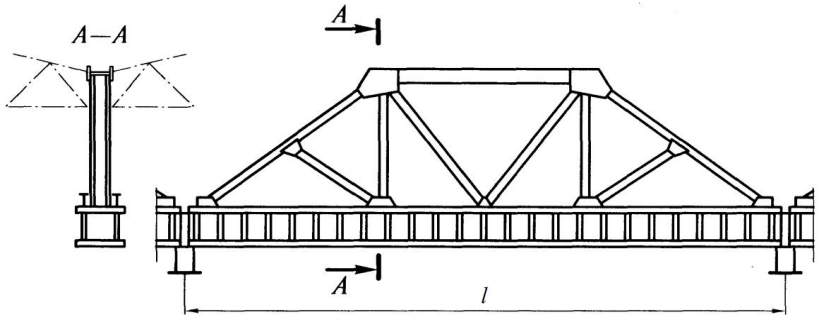
мұндағы Δ_1 – бірлік күштен іргетастың шөгуін есептеумен тіректің орын ауыстыруы; EI – қранасты арқалықтың қатаңдылығы; ℓ – арқалықтың аралығы.

C≤ 0,05 кезінде қиылмаған арқалықтарды қолданған орынды.

Рамалық қранасты құралымдардың болат шығыны қиылған құралымдарға қарағанда аздау, бірақ құралымдық шешімі мен жинақтауы күрделенген. Рамалық қранасты құралымдар өте сирек қолданылады.

Ұстындардың адымы 18 м-ден кем емес және крандардың жүк көтергіштігі 30 т-ға дейін, үстіңгі белдеуі қатаң, керегеторлы қранасты арқалықтар орынды келеді. Олар қиылған тұтас арқалықтарға қарағанда болат шығынын 15-20 %-ға төмендетуге мүмкіндік береді. Керегеторлы арқалықтардың кемшілігіне жататындары әзірлеуі мен жинақтауының көтеріңкі еңбек сіңірімділігі және крандардың жұмыс ережесінің тобы 7К, 8К кезінде ұзақмерзімділігінің төмендділігі.

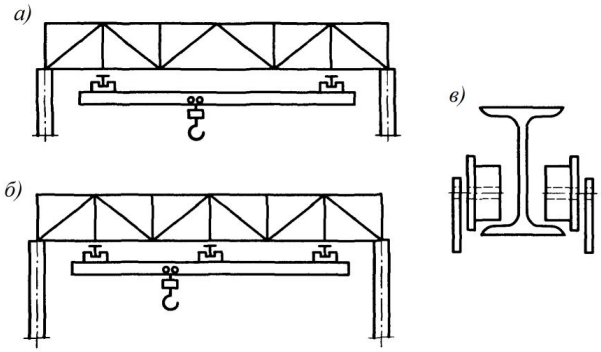
Құрылыста крандардың жүк көтергіштігі үлкен және ұстындар адымы 24 м асқанда, ортаңғы қатардағы ұстындар бойынша, қранасты арқалықпен итарқаасты ферманың міндеттерін атқаратын қранасты-итарқаасты фермалар қолданылады (14.3-сурет).



14.3-сурет. Кранасты-итарқаасты ферма

Ұстындардың адымдары өскен сайын мұндай құралымдардың тиімділігі арта түседі. Мәселен, ұстындардың адымы 24 м болған кезде тиімділігі 4-6 % құраса, адымы 36 м болғанда тиімділігі 12-16 % жетеді. Бірақ та мұндай фермалардың әзірленуі мен жинақталуы күрделі болып келеді.

Аспалы крандардың (кран-арқалықтардың) жүк көтергіштігі әдетінше шамалы (5 т дейін) болады. Олар жабын немесе аражабын құралымдарына бекітілген арнайы жолдар бойымен қозғалады. Екі, үш және көп тіректі аспа крандар қолданылады.

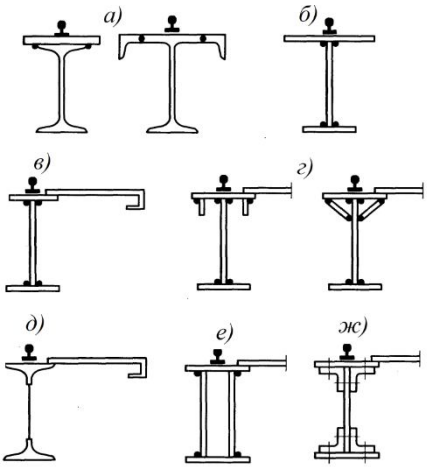


14.4-сурет. Аспалы крандар:
а – екі тіректі кран; б – үш тіректі кран;
в – кран доңғалағының арқалыққа тірелуі

Кранның доңғалақтары арқалық-жолдың тікелей астыңғы белдеулері бойымен жүріп тұрады. Жолының негізгі түрі болып қоставрлы прокатты немесе құрамалы арқалықтар болып табылады. Олар қиылған немесе қиылмаған сұлба бойынша орындалады.

14.2. Тұтас кранасты арқалықтардың құралымдық шешімдері

Кранасты арқалықтар қималарының түрі жүктемесіне, аралығына, крандарының жұмыс ережесіне байланысты. Аралығы 6 м қиылған кранасты арқалықтар үшін крандардың жүк көтергіштігі шамалы (50 т дейін) жұмыс ережесінің тобы 5К кезінде жоғарғы белдеуі болат табақшасымен немесе бұрыштамамен күшейтілген әлде пісірмелі асимметрия қималы қоставр қолданылады (14.5, а, б-сурет).

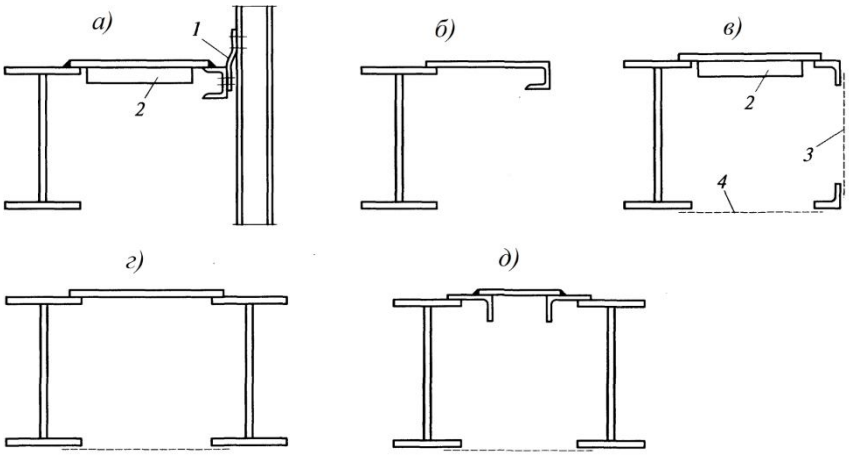


14.5-сурет. Тұтас кранасты арқалықтар қимасының түрлері
а – жоғарғы белдеуі күшейтілген прокатты қоставрлар; б –асимметриялы құрама қоставр; в – тежеуіш құралымды симметриялы құрама қоставр; г – жоғарғы белдеулері күшейтілген қоставрлар; д – белдеулері таврдан жасалған құрамалы қима; е – қос қабырғалы қима; ж – тойтармалық қима

Аралықтары үлкен және крандарының жүк көтергіштігі үлкен өндіріс ғимараттарында горзонталды тежеу құралымы бар пісірмеленген қоставрлы кранасты арқалықтар қолданылады (14.5, в-сурет). Крандарының жүк көтергіштігі 50 т дейінгі ғимараттарда жіңішке қабырға-ендірмесі бар кеңсөрелі таврдан жасалған құрама қималы арқалықтарды пайдаланған орынды, мұнымен болаттың үнемділігін 3-4 % -ға жеткізуге болады.

Болаттың шығынын кеміту үшін кейде пісірмелі арқалықтың қабырғасы азкөміртекті болаттан, ал белдеулері төмен легирлендірілген болаттан жобаланады. Жұмыс ережесінің тобы 8К крандардың үдемелі қарқынды жұмысы кранасты арқалықтар қабырғасының жоғарғы аймағын зақымдалуына келтіреді. Мұндай арқалықтарда, кран жүкетемесі ортасынан тыс түскендігінен пайда болған, қабырғасындағы жергілікті кернеу деңгейін төмендету үшін жоғарғы белдеуіне тік әлде көлбеу элементтерін (ламелдерді) орналастырып немесе қосқабырғалы қиманы пайдаланып, оның айналдыру қатаңдылығын көбейту керек (14.6, г, е-сурет).

Арқалықтардың аралықтары үлкен және крандардың жүк көтергіштігі 50 т кем емес кезінде горизонталды көденең күштерді қабылдап алу үшін арнайы тежеуші құралымдар – тежеуші арқалықтар (14.6-сурет) немесе фермалар (14.7-сурет) жасалады. Фермалар болат шығыны бойынша үнемділеу, бірақ әзірлеуі мен жинақтауы қиындау келеді. Сондықтан тежеуші құралымдардың ені (кранасты арқалықтың осінен тежеуші құралымдардың сыртқы қырына дейінгі қашықтық сыртқы қатарларда немесе көршілес арқалықтың өсіне дейінгі қашықтық ортаңғы қатарларда) 1,25 м-ге дейінгі кезде, қабырғасы қалыңдығы 6-8 мм беті кедір-бұдырланған болат табақтан жасалған, тежеуші арқалықтар қолданылады. Тежеуші арқалықтар майыстырылған болат табақтан да орындалуы мүмкін.



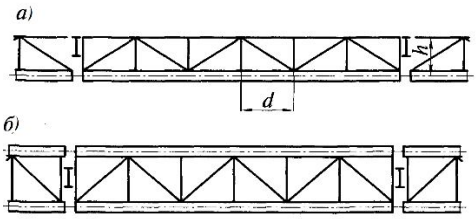
14.6-сурет.Тежеуші арқалықтар:
а, б, в – шеткі қатарлар бойынша; г, д – ортаңғы қатарлар бойынша; 1 – табақтық топса; 2 – қатаңдық кабырғашалар; 3 – көмекші фермалар; 4 – байланыстырғыш фермалар

Шеткі қатарлардағы ұстындар үшін тежеуші арқалықтың белдеулері болып табылатындары кранасты арқалықтың жоғарғы белдеуі және жиектеуші швеллер.

Кранасты арқалықтардың аралығы 12 м кезінде тежеуші құралымның сыртқы белдеуі фахверктік тағанға бекітіледі. Арқалықтардың горизонталды жылжуын ғимараттың қабырғасына жеткізбеу үшін, бұл бекіту табақтық топсаны пайдаланып жасалады (14.6, *а*-сурет). Ортанғы қатарларда тежеуші арқалықтың белдеулері болып табылатындары шектес аралықтардағы кранасты арқалықтардың жоғарғы белдеулері.

Жергілікті орнықтылығын қамтамасыз ету үшін тежеуші табақтар астынан қимасы 65х6 мм-ден кем болмайтын қатаңдық қабырғашамен күшейтіледі (14.6, *в*-сурет). Қабырғашалардың адымы 1,5-2 м аралығында қабылданады.

Тежеуші құралымдардың ені 1,25 м асқан кезде керегеторы үш бұрышты фермалады қолданған орынды (14.7-сурет).



14.7-сурет. Тежеуіш фермаладың сұлбасы
а – тежеуші ферма шеткі қатар бойынша; б – соның өзі, ортаңғы қатар бойынша

Жұмыс ережесінің тобы 8К краны бар ғимараттарда енінің өлшеміне қарамай, өткел және қызмет көрсету алаңшасы ретінде пайдалану үшін, тежеуші арқалықтар қолданылады.

14.2.1. Есептік күштеулерді анықтау

Әдеттегі арқалықтарға қарағанда кранасты арқалықтар көпірлі крандардың жылжымалы динамикалық жүктемесіне жұмыс істейді. Олар кран доңғалақтары қысымының үлкен шоғырланған күштерін қабылдайды және бірмезгілдегі тік пен горизонталды жүктемелер әсеріне ұшырайды.

Кранасты арқалықтардың есебі жұмысының ерекшілігін ескере отырып әдеттегі аражабын арқалықтарына ұқсас жүргізіледі.

Жұмыс ережесінің тобы 7Қ, 8К крандары астындағы арқалықтарды тығық аз көміртекті немесе төмен легирлендірілген болаттан әзірленуі тиісті. Жұмыс ережесінің тобы 1К-6К жартылай тығық болаттарды қолдануға болады.

Кранасты арқалықтың есебінде әдетте ұстындардың кез келген бір қатарына таялған, жүк көтергіштігі ең үлкен екі жақындатылған крандардың (арбашаларымен бірге) жүктемелері қарастырылады. Осындай кезде кранасты құралымдарға ең үлкен тік күштер әсер етеді. Тік және горизонталды кран жүктемелерінің есептік шамалары мына формулалар бойынша анықталады:

$$F_k = F_n \cdot \gamma_f \cdot k_1 \cdot \psi \ ; \qquad (14.2)$$

$$T_k = T_n \cdot \gamma_f \cdot k_2 \cdot \psi , \qquad (14.3)$$

мұндағы F_n – кран доңғалағының рельске тік қысымының мөлшерлік күші, оның шамасы крандарға МЕСТ бойынша қабылданады; $\gamma_f = 1,1$ – жүктеме бойынша сенімділік еселеуіш; γ_n – жауаптылық бойынша сенімділік еселеуіш; k – рельс түйістерінде жүктеменің соққы сипаттамасын ескеретін динамикалық еселеуіш, оның мәні кран жұмысының ережесі мен кранасты арқалықтың аралығына байланысты 14.1-кесте бойынша қабылданады; ψ – кран жүктемесінің үйлесім еселеуіші, екі кранның жұмыс ережелерінің тобы 1К-6К кезінде $\psi = 0,85$ және екі кранның жұмыс ережелерінің тобы 7К, 8К кезінде $\psi = 0,95$; T_n – кранның бір доңғалағына түсетін, жүктік арбашаның тежеуінен пайда болатын, мөлшерлік горизонталды күш

$$T_n = [\, f\,(9,8Q + G_т) \cdot n'_0/n' \,] \,/n_0 . \qquad (14.4)$$

мұнда Q – кранның жүк көтергіштігі (т); $G_т$ – кран арбашасының салмағы (кН);

n_0 – кран көпірінің бір жағындағы доңғалақтарының саны; n'_0 – арбашаның тежеуші доңғалақтарының саны; n' – арбашаның жалпы доңғалақтарының саны;

f – тежеген кездегі арбаша доңғалақтарының үйкеліс еселеуіші. Жүк ілгіші иілгішті крандар үшін f = 0,1, ал жүк ілгіші қатаң арнайы крандар үшін f = 0,2.

14.1-кесте

Динамикалық еселеуіштің мәндері

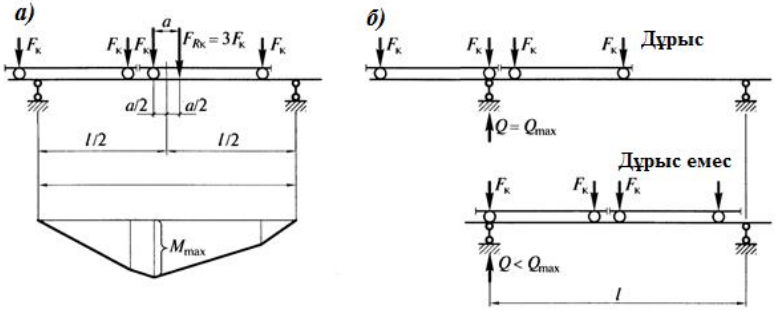
Крандардың жұмыс ережесі	Ұстындардың адымы, м	k_1	k_2
1К – 5К	В-ға байланысы жоқ	1,0	1,0
6К – 7К	$B \leq 12$	1,1	1,0
	$B > 12$	1,0	1,0
8К	$B \leq 12$	1,2	1,1
	$B > 12$	1,1	1,1

Жұмыс ережелерінің тобы 7К, 8К крандардың астындағы арқалықтарды есептеген кезде, кранның қисаюы мен кран жолдарының параллельді еместігіне туған, горизонталды жүктемесі ескеріледі

$$T_k = 0{,}1\ F_k = 0{,}1 \cdot F_n \cdot \gamma_f \cdot k \cdot \psi. \qquad (14.5)$$

Кран асты арқалықтардағы күштеулер (яғни ең үлкен майыстырушы моменттер мен көлденең күштер) ықпал сызығы арқылы анықталады.

Имараттар статикасының мәліметі бойынша қиылға арқалықта берілген күштер жүйесінен ең үлкен майыстырушы момент пайда болуы үшін, арқалықтағы барлық күштердің тең әсері мен оған жақындау орналасқан күш арқалық аралығының ортасынан тең қашықтықта орналасуы керек. Бұл кезде арқалық аралығының ортасына жақындау орналасқан күштің орнында M_{max} пайда болады (Винклер заңы).



14.8-сурет. Қиылған арқалықтардағы есептік күштеулерді анықтауға арналған есептік сұлбалар:
а – ең үлкен майыстырушы момент; б – ең үлкен көлденең күш

Ең үлкен моменті бар қима арқалық аралығының ортасына жақын орналасқандықтан, максималды моментті аралық ортасындағы моменттің ықпал сызығын пайдаланып анықтауға болады. Бұл кездегі олқылық 1-2 %-дан аспайды.

Тік жүктемеден есептік майыстырушы момент

$$M_x = M_F = \alpha \cdot M_{max} = \alpha \cdot \Sigma\, F_i\, y_i\,, \qquad (14.6)$$

мұндағы α – кранасты құралымдардың меншікті самағын және тежеуші арқалықтардың үстіндегі уақытша жүктемені ескеретін еселеуіш: кран асты арқалықтардың аралығы ℓ = 6 м кезінде α = 1,03, ℓ = 12 м кезінде α = 1,05 және ℓ = 18 м кезінде α = 1,05; $\Sigma F_{ki} y_i^M$ – кран доңғалақтары қысымының есептік күші F_k мен сәйкес ықпал сызығы ординатасының көбейтінділерінің қосындысы.

Қиылған арқалықта ең үлкен көлденең күш Q_{max} болуы үшін күштердің біреуі тікелей тірекке түсіп, қалғандары болғанынша осы тірекке жақындау орналасуы керек (14.8, б-сурет). Тік жүктемеден есептік көлденең күш мына формула бойынша анықталады

$$Q_x = Q_y = \alpha \cdot Q_{max} = \alpha \Sigma F_{ki} y_i^Q. \qquad (14.7)$$

Горизонталды көденең тежеу жүктемесінен есептік майыстырушы момент M_y пен көлденең күшті Q_y крандардың сол тұрған орнында табылады. Сондықтан крандардың жүк көтергіштігі бірдей кезінде M_y пен Q_y-терді доңғалақтардан түскен горизонталды $T_к$ және тік F_k күштердің ара қатысынан анықтауға болады

$$M_y = M_{max} \left(\frac{T_к}{F_к}\right); \qquad Q_y = Q_{max} \left(\frac{T_к}{F_к}\right),$$

немесе

$$M_y = M_T = \Sigma T_k y_i^M; \qquad Q_y = Q_T = \Sigma T_k y_i^Q.$$

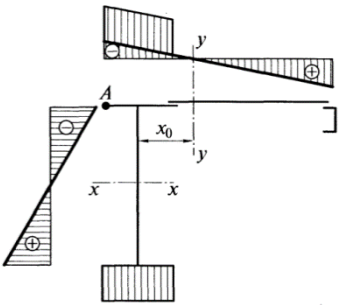
14.2.2. Беріктігін тексеру

Кранның тік және горизонталды жүктемелерінің әсерінен кранасты арқалық пен тежеуіш құралымдар бір тұтас жүқа қабырғалы сырық сияқты қиғаш майысу мен бұралуға жұмыс жасайды.

Күштеулердің әсер ету сызығы майысу орталығына жақын өткендігінен, бұралудың ықпалы шамалы болады. Сондықтан

кранасты арқалықты есептеген кезде жуықтатылған тәсіл пайдаланылады. Тік жүктемені тек кранасты арқалықтың қимасы ғана қабылдайды (тежеуші құралым ескерілмейді), ал горизонталды жүктеме – тек тежеуші арқалық ғана қабылдайды деп шартты түрде қабылданады. Тежеуші арқалықтың құрамына кран асты арқалықтың жоғарғы белдеуі, тежеуші табақ – қабырғасы және оны жиектеуші элемент (немесе шектес кранасты арқалықтың жоғарғы белдеуі) кіреді. Сонымен, тежеуші арқалықтың жоғарғы белдеуі тік және горизонталды жүктемелерге жұмыс жасайды. «А» нүктесіндегі максималды кернеу (14.9-сурет) мына формула бойынша анықталады:

$$\sigma_A = \sigma_A^F + \sigma_A^T = \frac{\mathrm{M}_x}{W_x^A} + \frac{M_y}{W_y^A} \le R_y\gamma_c . \qquad (14.8)$$



14.9-сурет. Шартты есептік сұлбасындағы кернеулер эпюрасы

Сәйкес төменгі белдеудегі кернеулер

$$\sigma_m = \frac{M_x}{W_x^{m.б}} \le R_y\gamma_c . \qquad (14.9)$$

Мұнда W_x^A – жоғарғы белдеудің кедергі моменті; $W_x^{\text{т.б}}$ – төменгі белдеудің кедергі моменті; $W_y^A = I_y/x_A$ – жоғарғы белдеудің «А» нүктесі үшін тежеуші арқалықтың кедергі

моменті, тежеуші құралымдары жоқ кезінде – жоғарғы белдеудің тік осіне қатысты кедегі моменті.

Егер тежеуші құралым ферма түрінде жасалса, онда арқалықтың жоғарғы белдеуі тік жазықтықтағы майысу кернеуінен басқа тағы ферма құрамында жұмыс жасағандығынан өстік күштеуді $N_x = M_y / h_{\text{теж}}$ және Тк күштің түйіннен тыс түскенінен жергілікті моментін $M_{loc,y} = 0{,}9T_k d/4$ қабылдайды. Мұндағы $h_{\text{теж}}$ – тежеуші ферманың биіктігі; d – тежеуші ферманың түйіндері арасындағы қашықтық (97, *а*-сурет); 0,9 – белдеудің түйіндерде қиылмағандығын ескеретін еселеуіш.

Жоғарғы белдеудің арқалық жазықтығынан тыс орнықтылығын тексеретін формула:

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x^A} + \frac{N_x}{\varphi A_f} + \frac{M_{loc,y}}{W_y^A} \le R_y \gamma_c , \qquad (14.10)$$

мұндағы W_x^A – арқалықтың кедергі моменті ; W_y^A – белдудің тік осіне қатысты кедергі моменті; A_f – арқалықтың жоғарғы белдеуі қимасының ауданы; φ – жоғарғы белдеудің есептік ұзындығы тежеуші ферманың түйіндері арасындағы қашықтығына тең кезіндегі арқалық жазықтығынан тыс бойлық иілу еселеуіші.

Кранасты арқалық қабырғасының беріктігі, әдеттегі арқалықтардағы сияқты формула бойынша тексеріледі:

$$\tau = \frac{Q_{\max} \cdot S}{\mathrm{I} \cdot t_w} \le R_s \gamma_c . \qquad (14.11)$$

Кран доңғалақтарынан арқалықтың белдеуіне түскен шоғырланған жүк астындағы қабырғадағы жергілікті тік кернеу мына формула бойынша тексеріледі:

$$\sigma_{loc} = \frac{\gamma_{f1} F_к}{t_w \ell_{ef}} \le R_y \gamma_c , \qquad (14.12)$$

мұндағы γ_{fl} – кран доңғалағының біркелкі қыспауын және жүктеменің динамикалық сипаттамасын ескеретін еселеуіш, оның мәндері: кран жұмысының ережесі 8К жүк илгіші қатаң кезінде γ_{fl}=1,6; кран 8К жүк илгіші иілгіш кезінде γ_{fl}=1,4; кран 7К кезінде γ_{fl}=1,3; қалған крандар үшін γ_{fl}=1,1;

F_k – динамикалық еселеуіші ескерілмеген кездегі доңғалақ тік қысымың есептік күші; t_w – қабырғаның қалыңдығы; ℓ_{ef} – жергілікті қысым таралуының шартты (есептік) ұзындығы

$$\ell_{ef} = \psi \sqrt{I_f / t_w} \ . \qquad (14.13)$$

Мұндағы ψ – белдеу мен қабырға қосылысының икемділік дәрежесін ескеретін еселеуіш (пісірмеленген арқалықтар үшін ψ =3,25, тойтармаланған арқалықтар үшін ψ =3,75); I_f – арқалықтың жоғарғы белдеме қимасы ауданының инерция моменті мен кран рельсінің меншікті осіне қатысты инерция моментінің қосындысы.

Кранасты арқалықтың қабырғасын тік, жанама және жергілікті кернеулердің бірлескен әсеріне де жоғарғы белдеулік жіктердің деңгейінде мына формула бойынша беріктігін тексеру керек:

$$\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_{loc,y}^2 - \sigma_x \sigma_{loc,y} + 3\tau_{xy}^2} \le R_y \beta, \qquad (14.14)$$

мұндағы β – қиылған арқалықтарды есептеген кезде 1,15-ке және қиылмаған арқалықтардың тірек үстіндегі қимасын есептегенде 1,3-ке тең еселеуіш.

Егер осы шарт орындалмаса, онда қабырғаны көлденең қатаңдық қабырғашамен күшейту керек. Қатаңдық қабырғашаның жоғарғы шеті арқалықтың жүктелген белдеуіне тығыз қиюластырылады. Мұндай қабырғашалары бар арқалықтардың қабырғасы жергілікті кереу әсеріне тексерілмейді.

Кранасты арқалықтың майысымы құрылыс механикасының ережесі бойынша немесе жуықталған тәсілмен тексеріледі.

Қиылған арқалықтардың майысымын жеткілікті дәлдікпен мына формула бойынша анықтауға болады:

$$f = \frac{M_x^n l^2}{10EI_x}, \qquad (14.15)$$

мұндағы M_x^n– бір кранның жүктемесінен арқалықтағы майыстырушы момент.

Қиылмаған арқалықтарда

$$f = \left(\frac{M_{\text{ср}}}{10} - \frac{\text{М}_\text{л}+\text{М}_\text{пр}}{72}\right)\frac{l^2}{EI_x}, \qquad (14.16)$$

мұндағы $\text{М}_{\text{сол}}$, $\text{М}_{\text{оң}}$, $\text{М}_{\text{орт}}$, – сәйкес сол жақтағы, оң жақтағы тіректердегі және аралық ортасындағы майыстырушы моменттер.

Кранасты арқалықтардың шекті майысымдары крандардың жұмыс ережелері үшін 1К-6К $[f] = (1/400)l$, $7K - [f] = (1/500)l$, $8K - [f] = (1/600)l$.

Майысым нормаларда келтірілген шекті шамасынан аспауы керек. Егер арқалықтың нақты биіктігі, (14.19) формула бойынша анықталған минималды шамасынан кем болмаса, онда құрамалы арқалықтың майысымын тексермеуге болады.

14.2.3. Кранасты арқалықтардың қималарын іріктеп алу

Кранасты арқалықтардың қималарын іріктеп алу тәртібі әдеттегі арқалықтардың тәртібімен бірдей. Жалпы беріктік шартынан қажетті кедергі моменті анықталады. Кранасты арқалықтардың жоғарғы белдеуінің кернеуіне горизонталды көлденең жүктемелердің әсері β еселеуішімен ескеріледі.

$$\sigma_x = \text{M}_x \cdot \beta / \text{W}_x \le \text{R}_y\gamma_c. \qquad (14.17)$$

Мұнда $\beta = 1 + \frac{M_y}{M_x}\cdot\frac{W_x}{W_y} \approx 1 + 2\frac{M_y}{M_x}\cdot\frac{h_a}{h_{теж}}$; (14.18)

h_a – кранасты арқалықтың биіктігі; $h_{теж}$ – тежеуіш құралым қимасының ені.

Осыдан қажетті кедергі моменті

$$W_{қаж} = M_x\beta / R_y\gamma_c.$$

Тежеуші құралым қимасының енін раманы құрастырған кезде $h_{теж} \approx h_m$ –деп шамалап қабылдауға болады (h_m – рама ұстынының төменгі бөлігі қимасының биіктігі); кранасты арқалықтың h_a биіктігі (1/6…1/10)ℓ аралығында қабылданады (үлкен шамалары кранның жүк көтергіштігі үлкен кезінде қолданылады).

Кранасты арқалықтың оңтайлы биіктігі мен қабырғасының қалыңдығы әдеттегі арқалықтарға ұқсас белгіленеді. Мұндай арқалықтардың қатаңдылығы бір кранның жүктемесіне тексеріледі. Сондықтан арқалықтың ең кіші биіктігі анықталған кезде, алдын ала арқалықты бір кранмен M_n жүктеме бойынша сенімдік еселеуіш $\gamma_f = 1{,}0$ кезінде жүктелгенінен максималды момент табылады.

Есептік жүктememен тиеген кезде арқалықтың материалы толығымен пайдаға асырылуы шартынан h_{min} мына формула бойынша анықталады:

$$h_{\min} = \frac{5}{24} \cdot \frac{R_y\gamma_c\ell}{\beta E} \cdot \left[\frac{\ell}{f}\right] \cdot \frac{M_n}{M_x}, \qquad (14.19)$$

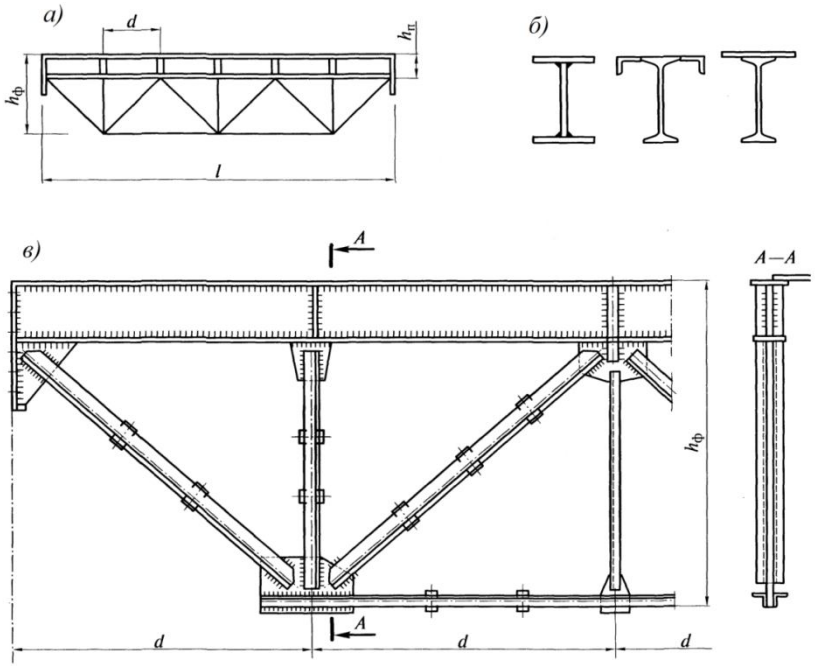
мұндағы $[f / \ell]$ – нормалармен шектелген, кранасты арқалықтардың ең үлкен майысымы.

Ақырында арқалықтың биіктігі болат табақтардың енін ескеріп және, құралымдарды унификациялау үшін, 100 мм-ге еселі етіп белгіленеді. Сөресінің ауданын анықтағаннан соң, оның өлшемдері материалдың серпімді жұмысы кезіндегі жергілік орнықтылық шартын ($b_{ef} / t_f \le 0{,}5\sqrt{E / R_y}$) және рельсті орналастыру мүмкіншілігін ескерумен қабылданады.

Құрастырғаннан соң қабылданған қималар барлық тексерулерден өткізіледі.

14.3. Керегеторлы кранасты арқалықтар (фермалар)

Керегеторлы кранасты арқалықтарды аралығы 18 м-ден кем емес, кранның жүк көтергіштігі шамалы ($Q_{кр} \leq 30$ т), жұмыс ережесінің тобы 1К-5К кезінде қолданған экономикалық жағынан тиімді болып келеді. Арқалықтың аралығы үлкен қатаңдылық талбы да өседі. Мұндай жағыдайда және көлденең күштері шамалы кезінде өтпелі арқалықтар тұтас қималысына қарағанда болат шығыны бойынша үнемді болып келеді.



14.10-сурет. Керегеторлы кранасты арқалық
а – сұлба; б – жоғарғы белдеу қимасының түрлері; в – құралымдық шешімі

Кранасты ферманың биіктігі аралығының 1/6-1/8 арасында қабылданады.

Панелінің ұзындығы шамалап ферманың биіктігіне тең етіп белгіленеді, бірақ 3 м-ден кем болмауы керек. Ферманың өзі әдетте белдеулері параллельді түрде жобаланады.

Кран доңғалағы кранасты ферманың түйіндері арасында болғанда, жоғарғы белдеу бойлық күштен сығуға және кран доңғалығының жүктемесі түйіннен тыс жеткізілгенінен жергілікті майысуға жұмыс істейді. Сол себептен жоғарғы белдеудің биіктігі панель ұзындығының d 1/5-1/7-нен кем болмауы керек.

Кранасты фермалардың керегеторын үш бұрышты қосымша тағаны бар етіп әзірленеді. Бекіту түйінінің құралымын оңайлату үшін, керегеторы көбінесе жоғарғы белдеуінің төменгі жиегіне орталықтандырылады.

Сығумен майысуға жұмыс істейтін кранасты ферманың жоғарғы белдеуі болат табақтардан пісірмеленген қоставр қимадан немесе, жоғарғы сөресі бұрыштамалармен әлде табақпен күшейтілген, прокатты қоставрдан жобаланады. Керегеторы қос бұрыштамалардан, төменгі белдеуі таврдан немесе қос бұрыштамалардан жасалады. Ферма фасонкаларының қалыңдығы 10 мм-ден кем болмауы керек. Керегетордың жоғарғы белдеуге қосылған түйіндерінде белдеудің қабырғасын қатаңдық қабырғашалармен күшейту керек.

Статикалық сұлбасы бойынша керегеторлы кранасты арқалықтар құрастырылған жүйе – жоғарғы белдеуі қатаң ферма болып табылады. Мұндай жүйені, белгісіз параметрлері ретінде төменгі белдеудегі және тағандардағы күштеулерді, немесе жоғарғы белдеу аралығындағы түйіндердегі моменттерді қабылдап, күштер әдісімен есептеуге болады.

Кранасты фермаларды құрылыс механиканың дәлді әдісімен есептеу көп еңбек сіңіруді керек етеді, сондықтан оны ЭЕМ-да орындау керек.

Ферма элементтерінің қималарын шамамен таңдап алу үшін жуықталған тәсілді пайдаланып орындауға болады: сырықтардағы осьтік күштеулері түйіндері топсалы фермадағы сияқты ықпал сызығы бойынша анықталады, ал жоғарғы

белдеудегі майыстырушы момент (егер панельде кранның жалғыз ғана доңғалағы орналасқан болса) мына формула бойынша табылады:

$$M_x = F_k\, d/3,$$

мұндағы F_k – кран доңғалағындағы күштеу; d – панельдің ұзындығы.

Сонан соң майыстырушы момент M_y (тежеуші арқалықтар кезінде) немесе кранасты ферманың жоғарғы белдеуінде горизонталды күштерден пайда болған бойлық күштеу $N_т$ және жергілікті майыстырушы момент $M_{loc,y}$ (тежеуіш ферма кезінде) анықталады. Мұндағы крандардың орналасуында тік жүктемеден күштеулерді анықтаған кезіндегі крандардың орналасқан орны сақталады. Есептік күштеулер бойынша элементтердің қималары іріктеп алынады да, олардың көтегіштік қабілеттері тексеріледі.

Кранасты ферманың жоғарғы белдеуі екі жазықтықта сығумен майысуға жұмыс істейді. Сондықтан оның орнықтылығын тексеру керек. Кранасты құралымдардың орнықтылығын мына жуықталған формулалар бойынша тексеруге болады:

тұтас тежеуші арқалық кезінде

$$\frac{N}{\varphi_x A_f} + \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_{y1}} \le R_y \gamma_c; \qquad (14.20)$$

тежеуші ферма кезінде

$$\frac{N+N_т}{\varphi_{min} A_f} + \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_{loc,y}}{W_{y2}} \le R_y \gamma_c, \qquad (14.21)$$

мұндағы N – жоғарғы белдеудедегі тік жүктемеден пайда болған бойлық күш; $N_т = M_y / h_т$ – жоғарғы белдеудегі горизонталды жүктемеден пайда болған бойлық күш ($h_т$ – тежеуші ферманың ені); M_x, M_y – тік және горизонталды жүктемелерден пайда болған майыстырушы моменттер; $M_{loc,y} = 0{,}9\, T_k d/4$ – ферманың жоғары белдемесінің панеліндегі доңғалақтағы горизонталды $T_к$ күштеуден пайда

болған жергілікті майыстырушы момент; W_x – жоғарғы белдеменің *x* осіне қатысты кедергі моменті; W_{y1} – тежеуші арқалықтың *y* осіне қатысты кедергі моменті (тежеуші арқалықтың есептік қимасына тек ферманың жоғарғы белдеуінің сөресі ғана енгізіледі); W_{y2} – жоғарғы белдеу сөресінің тік осіне қатысты кедергі моменті; φ_x – жоғарғы белдеудің орнықтылық еселеуіші, ол $\lambda_x = d/i_x$; φ_{min} – орнықтылық еселеуіштерінің $\varphi_x = f(\lambda_x)$ және $\varphi_н = f(\lambda_н = d/i_y)$.

Кранасты ферманың төменгі белдеуі мен керегеторы орталықтан созуға немесе сығуға есептеледі.

Кранасты ферманың майысымы мөлшерлік жүктемеден мына жуықталған формула бойынша анықтауға болады

$$f = \frac{M_x^n l^2}{10EI_ф} \cdot \mu, \qquad (14.22)$$

мұндағы μ – ферма биіктігінің аралығына қатысы $h_ф/l = 1/6$ кезінде μ =1,4 және $h_ф/l = 1/8$ кезінде μ =1,3 еселеуіш; $I_ф$ – ферманың инерция моменті; $I_ф = A_{f1}z_1^2 + A_{f2}z_2^2$; A_{f1}, A_{f2} – ферма белдеулерінің жоғарғы және төменгі белдеулерінің қима ауданы; z_1, z_2 – әр белдемелер қималарының ауырлық ортасынан жалпы ауырлық ортасына дейінгі қашықтық.

Бақылау сұрақтары

1. Көпірлік крандардың кранасты құралымдары кешеніне кіретін элементтерді атаңыз.
2. Кранасты арқалықтарының түрлерін айтыңыз.
3. Қандай кезде керегеторлы кранасты арқалықтарды қолданған орынды?
4. Тұтас кранасты арқалықтардың түрі қандай болуы мүмкін?
5. Кранасты арқалықтар қандай болаттардан әзірленеді?
6. Тік және горизонталды кран жүктемелерінің есептік шамаларын анықтайтын формулаларды жазыңыз.
7. Кранасты арқалық қабырғасының беріктігін тексеретін формуланы жазыңыз.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ҚАЗАҚША-ОРЫСША СӨЗДІК

А

Адым – шаг [14, с.524]
айқасқан – перекрёстный [14, с.59]
айқын – очевидный [14, с.36]
аймақ –зона [18, с.21]
айналу – превращение [14, с.160]
айнымалы – переменный [14, с.61]
айтарлықтай, едәуір – значительно [13, с.281]
айырым – разность [14, с.243]
аққыштық – текучесть [12, с.208]
ақырғы, соңғы – окончательный [13, с.550]
алғашқы, бастапқы, негізгі – исходный [13, с.314]
алғы шарт, алдыңғы жағдай – предпосылка [14, с.162]
алдын ала – предварительно [14, с.160]
анағұрлым – значительно [13, с.281]
анкер – анкер [12, с.10], [19, с.22]
анық, айқын – четкий [14, с.518]
ара қатыс – соотношение [14, с.363]
ара қашықтық, аралық – расстояние [14, с.261]
аражабын – перекрытие [12, с.128], [19, с.23]
аралығындағы – промежуточный [14, с.199]
аралық – пролёт [14, с.198], [19, с.24]
аратөсем – прокладка [12, с.159], [19, с.24]
арқалық – балка [19, с.25]
арқалықтың қабырғасы – стенка балки
арқан – қанат [12, с.71]
арматураның шығыңқысы – выпуск арматуры
арнайы – специальный [14, с.372]
артық – чрезмерно [14, с.521]
артық, артылған - избыточный, [13, с.288]
артықшылығы бар, жақсырақ – предпочтительно [14, с.163]
арту, дамыту – развитие [14, с.231]
аса – слишком [14, с.342]
аса – чрезмерно [14, с.521]
аспа – висячий[13, с.98]
аспалы – подвесной [14, с.98]
асылма – свес [14, с.307]
асыра арматураланған – переармированный
атақ беру – присвоение [14, с.181]

аумалы, ауыспалы күй – критическое состояние [13, с.363]
ауыстырып қою – подставить [14, с.111]
ауытқу – отклонение [14, с.17]

Ә

Әбден – наиболее [13, с.445]
әдетте – обычно [13, с.538]
әдеттегі – нормальный [13, с.509]
әдетінше – обычно [13, с.538]
әдіс – метод [13, с.411]
әйнекмата – стеклоткань [12, с.199]
әйнекпластиктер – стеклопластики [12, с.199]
әжептәуір, едәуір – достаточно [13, с.204]
әрбір – каждый [13, с.317]
әрқайсысы – каждый [13, с.317]
әртүрлі – разновидный [14, с.242]
әртүрлі – различный [14, с.238]
әртүрлі – разный [14, с.243]
әртүрлілік – разнообразие [14, с.242]
әрдайым – всегда [13, с.119]
әрекет – действие [13, с.181]
әрекеттестік, бірлесіп әрект қылу – взаимодействие [13, с.91]
әрқашан – всегда [13, с.119]
әсер ету – воздействие [13, с.107]

Б

Бағаи, тірек – стойка [15, с.305]
байланым – привязка
байланыс – связь [12, с.183]
байланыстырғыштар – связи [15, с.293]
балама – эквивалент [14, с.540]
барынша – максимально [13, с.395]
бастырма – накладка [15, с.248]
безендіру – оформить [14, с.4]
бекітіп тастау – заделать [13,с.236]
бекіткіш бөлшектар – закладные детали [12, с.56]
бекіту, жапсыру, тіркеу – Прикрепить [14, с.175]
бекіту – крепление [13, с.363]
белдеу – пояс [12, с.149]
белгі – критерий [13, с.363]
белгілеу – назначить, [13, с.445]

белгілеу – установить [14, с.470]
берік, мықты – крепкий [13, с.361]
беріктік – прочность [12, с.162]
беттесу – совместиться [14, с.355]
биік – высотный [13, с.140]
бойлай – вдоль [14, с.83]
бойлық – продольный [14, с.193]
болатты пісіру – варить сталь [13, с.80]
болжау – допуск (предположить) [13, с.203]
болжау – предположение [14, с.162]
болып саналу, есептелу – представлять собой [14, с.163]
болып шығу, болу – получиться [14, с.131]
бөгет, кедергі – препятствие [14, с.166]
бөлме – помещение [14, с.133]
бөлшектену – подразделяться [14, с.109]
бөлшектеу – разбить [14, с.227]
бөлік – отсек [14, с.28]
бөлу, жіктеу – классификация [13, с.133]
бұрсию, қисаю – коробиться [13, с.354]
буда – пучок [14, с.218]
бұдан басқа – кроме того [13, с.364]
бұйым – изделия [13, с.291]
бұрандама – болт [15, с.183]
бұрым (ширатылған жіп) – прядь [14, с.214]
бұрыштама – уголок
бұрыштық – угольник [12, с.223]
білдіру – выражать [13, с.137]
білік – валик [13, с.78]
бірақ, дегенмен, алайда, сөйтсе де, өйткенмен – однако [13, с.542]
бір дүркін, бір қайтара – однократный [13, с.543]
біркелкі таралмаған – неравно распределенный
бір қалыпты – плавный [14, с.81]
бір тұтас, бірыңғай – единый [13, с.213]
бір-бірін – взаимно [13, с.91]
біржолата – окончательно [13, с.550]
біркелкі – равномерно [14, с.223]
бірқалыпты емес, біркелкі ememc – неравномерно [13, с.495]
бірлесіп, бірге – совместно [14, с.356]
бірнеше – несколько [13, с.497]
біршама – относительно[14, с.22]
бірыңғай – единый [13, с.213]

бытыраағысты – дробеструйный
бытырату – рассредоточить [14, с.261]

Г
Габарит – габарит [12, с.35]
гидрооқшаулағыш қабат – гидроизоляционный слой [12, с.40]
горизонталь – горизонтальный

Ғ
Ғимараттың бүйір жағы – торец здания (в [18, с.96] бүйір – бок)
ғимараттың шөгуі – просадка здания

Д
Дағдылы – обыкновенный [13, с.537]
дағдылы, әдеттегі – обычный [13, с.538]
дара, жеке-жеке, бөлек – раздельный [14, с.235]
дәл келу – совпасть [14, с.356]
дәстүрлі – традиция [14, с.430]
дегенмен, бірақ, алайда, сөйтсе де, өйткенмен – однако [13, с.542]
демек – следовательно [14, с.340]
дербес, дара – индивидуальный [13, с.301]
деталь – бөлшек [12, с.47], [14, с.188]
долбар – контур [13, с.350]
доңғалақ – колесо [13, с.340]
дөңестік – выпуклость [13, с.136]
дөңестелу – выпучивание

Е
Егжей-тегжейлі – подробный [14, с.110]
едәуір – значительно [13, с.281]
елемеу – пренебрегать [14, с.166]
ендірме – вставка [13, с.122]
ең – наиболее [13, с.445]
еңбек сіңіру – трудоемкость [14, с.438]
еңбек сіңіруді керек қылатын – трудоемкий [14, с.438]
еңгізу – включить [13, с.99]
еңкіш – наклон [13, с.448]
еңкіш – уклон [14, с.457]
еңіс – скат [14, с.330]
еңіс – уклон [14, с.457]
ереже – режим - [14, с.275]

ереже, заң – правило [14, с.157]
ерекше – особый [13, с.571]
ерекше – характерный [14, с.492]
ерекшелену – отличаться [14, с.20]
ерекшілік, өзгешілік – специфичность [14, с.372]
ерекше өзгешіліктері – отличительные особенности [14, с.20]
еселеуіш – коэффициент [12, с.83]
есеп, есептеу – расчет [14, с.268]
есепке алу – учёт [14, с.476]
есеп беру – отчет [14, с.32]
есептелу – представлять собой [14, с.163]
есептеу, есептеп шығару – вычислить [13, с.144]
есептеу – рассматривать [14, с.260]
есептеу, есеп – расчёт
есептік жүктеме – расчетная нагрузка [12, с.171]
есептік сұлба – расчетная схема [12, с.171]
еске алу – учитываться [14, с.476]
ескертпе – примечание [14, с.177]
ескеру – предусматривать [14, с.164]
ескерілу – учитываться [14, с.476]
ескіру – старение [12, с.197]

Ж

Жабдықтау – оборудовать [13, с.527]
жабын – покрытие [12, с.142]
жабысу – сцепление [14,с.403]
жағдай; тұратын орын – положение [14, с.128]
жағдай – случай [14, с.345]
жағдай – условие [14, с.468]
жағдай, күй – состояние [14, с.367]
жазық, жалпақ – плоский [14, с.86]
жазықтық – плоскость [14, с.86]
жай – помещение [14, с.133]
жайпақ – пологий [14, с.128]
жай, тұратын орын, жер – положенте [14, с.128]
жалғастыру, біріктіру, қосу – соединить [14, с.358]
жалғасу – примыкать [14, с.178]
жалпақ металл табақшасы, пластинка – пластинка [14, с.82]
жалпы – суммарный [14, с.399]
жанасу – примыкать [14, с.178]
жандандыру – активизировать [13, с.22]

жаншу – мять [18, с.137]
жаншып тастау – раздавить [14, с.234]
жаншу – смятие
жаппа – кровля [19, с.325]
жапырылу, мыжылу – смятие [16, с.231], [19, с.407]
жарамайтын – недопустимый [13, с.479]
жарату – применить [14, с.177]
жарату, жасау – создание [14, с.358]
жарықшақтануға төзімділік – трещиностойкость [12, с.220]
жасау, құру – образовать [13, с.529]
жасау – произвести [14, с.195]
жасау – составить [14, с.366]
жасау – устроить [14, с.471]
жатқызу – уложить [14, с.459]
жатық – плавный [14, с.81]
және де – причём [14, с.186]
жебе – стрела [14, с.393]
жеке, жалғыздаған – одиночный [13, с.542]
жеке-жеке, дара, бөлек – раздельный [14, с.235]
желдің соғуы – пульсация ветра [14, с.216]
желі – нить [13, с.506]
желке (балтаның желкесі) – обух [13, с.534]
жеңілдету – разгрузить [14, с.233]
жеңілдету – упростить [14, с.465]
жеткізу – передать [14, с.55]
жеткізіп тұрушылық – поставка [14, с.148]
жиегі, шеті – обрез [13, с. 530]
жиек – кант [13, с.322]
жиек – кромка [12, с.85], [13, с.364]
жиектеу – окаймлять [13, с.548]
жинақ – комплект [13, с.346]
жинақтау – монтаж [12, с.99]
жиынтық – суммарный [14, с.399]
жоғары бағыт алған – восходящий (по аналогии с «нисходящий»)
жоғары берікті – высокопрочный
жоғары өнімді – высокопроизводительный [13, с.140]
жою – погасить [14, с.94]
жол ашықтық, қол жетерлік – доступность [13, с.205]
жөнді – целесообразный [14, с.505]
жуық – приближенный [14, с.169]
жүйелілік – последовательность [14, с.146]

жүйе – система [14, с.328]
жүктеме – нагрузка [12, с.101]
жүргізу – произвести [14, с.195]
жүргінші – проезжий [14, с.194]
жұмырланған, дөңгелектенген – закругленный [13, с.246]
жылжығыштық – ползучесть [12, с.143]
жылжымалы – подвижной [14, с.98]
жылжымалылық – ползучесть [12, с.143]
жылжыту – смещение [14, с.348]
жылытқыш – утеплитель [15, с.317]
жіктеу – классификация [13, с.333]

З
зақым келу, бұзылу – повреждение [14, с.93]

И
икемді – податливый [14, с.96]
итарқаасты ферма – подстропильная ферма
итарқалық – стропильный [14, с.394], [15, с.306], [16, с.240]
иілім – прогиб [12, с.156]

К
Қатты қағаз –картон [12, с.73]
кедергі – сопротивление [12, с.192]
кедір-бұдырланған – рифленый [14, с.284]
кездейсоқ – случайно [14, с.345]
кейбір – некоторый [13, с.483]
кемер – уступ [14, с.471]
кенет, шұғыл – реко [14, с.276]
кепіл – гарантия [13, с.149]
керегетор – решетка [15, с.288] (в[14, с.282] – тор; в [16] кереге көз
кермелік – распорка [12, с.168]
кернейтін цемент – напрягающий цемент [12, с.104]
кері пропорционал – обратно пропорциональный [13, с.529]
кесік – прорезь [14, с.203]
кесу – срез [12, с.195], [14, с.378]
кеуекті – пористый [12, с.147]
консольдің негіздігі – основание консоли
консоль ұзындығы – вылет консоли [15, с.191]
көзбен шолу – визуальный [13, с.97]

көлбеген – наклонный [13, с.448]
көпір кран – мостовой кран [12, с.100]
көрсету – выражать [13, с.137]
көрсету, ұсыну – представить [14, с.163]
көрініс, түрі – вид [13, с.95]
көрініс – очертаие [14, с.36]
көршілес – смежный [14, с.346]
көтергіш құралымдар – конструкции несущие [12, с.80]
көтергіш-көліктік жабдық – подъёмно-транспортное оборудование
көтеріңкі – повышенный [14, с.93]
кран арқалығы – подкрановая балка (в [12, с.137])
кран асты арқалық – подкрановая балка [16, с.184]
күмбез – купол [12, с.86]
күні бұрын – заранее [13, с.260]
күрделі – сложно [14, с.344]
күшейту – усиление [12, с.228]
күштеу – усилие [14, с.325]
күшті әсер, нәтиже – эффект [14, с.551]
кішігірім – маленький [18, с.186]

Қ

Қабат – слой [14, с.344]
қабықша – оболочка [12, с.112]
қабырғаша – ребро [15, с.287]
қабілеттілік – способность [14, с.375]
қайта құралымдау –реконструкция [12, с.174]
қалып – опалубка [12, с.118]
қалыпты – нормальный [12, с.110]
қамсыздандыру, қамтамасыз ету – обеспечить [13, с.516]
қамту – предусматривать [14, с.164]
қар күртігі – снежный сугроб [14, с.397]
қарапайым – простой, [14, с.206]
қарау – рассмотрение [14, с.260]
қатаңдылық – жесткость [16]
қатынас – отношение [14, с.22]
қатысты – относительно [14, с.22]
кеңсөрелі қоставрлар – двутавры широкополочные
қиғаш тірек – раскос [15, с.284]
қима – сечение [12, с.186]
қима – секущая [14, с.317] (қиғыш)
қима – разрез [12, с.167]

қирату – разрушить [14, с.246]
қисайту – отклонение [14, с.17]
қисаю – искривление [13, с.308]
қиылған арқалық – разрезная балка
қиылу – срез [12, с.195], [14, с.378]
қиын – сложно [14, с.344]
қисаю, қиғаштану – перекос [14, с.59]
қиыстыру – комбинация [13, с.344]
қиюластыру – подогнать [14, с.106]
қолайлы, пайдалы – выгодно [13, с.127]
қолайлылық – удобство [14, с.454]
қолайсыз – неблагоприятный [13, с.472]
қолдану – применить [14, с.177]
қондырғы – установка [14, с.470]
қоршалау – ограждение [13, с.540]
қорытпа – сплав [14, с.373]
қоставр – двутавр [12, с.46]
қосылмай қалу – выключиться [13, с.131]
қосылып – совместно [14, с.356]
қосу, жалғастыру, біріктіру – соединить [14, с.358]
қою – перестать, [14, с.69]
қуатты – мощный [13, с.428]
қума метр – погонный метр [14, с.95]
құбылмалық – изменчивость, [13, с.292]
құлама – перепад [14, с.63]
құндылық – дотоинство [13, с.204]
құрал – средство [14, с.378]
құралым – конструкция [12, с.80]
құрама – сводный [14, с.311]
құрама – составной [12, с.192]
құрастырмалы темірбетон – сборный железобетон [12, с.180]
құрастырылған – комбинированный [12, с.77], [13, с.344]
құрастыру – компоновка;
құрастыру – компоновать [13, с.346], [15, с.299]
құрастыру – сбока [14, с.304]
құрсау – обойма [13, с.526]
құрылғы – устройство [14, с.471]
құрылым – строение [14, с.394]
құрылыстық көтерме – строительный подъем [15, с.306]
құрылыс мінбесатылары – леса строительные [12, с.88]
құрылу –состоять [14, с.367]

қыр – грань [13, с.168]
қыры – ребро [14, с.272]
қысқартылған – сокращенный [14, с.359]

Л
Лайықты, тұрарлық – достойный [13, с.204]
лезде – мгновенный [13, с.405]

М
Мазмұн – оглавление [13, с.539]
маңызды – существенный [14, с.401]
маңыз, мәні – сущность[14, с.401]
материалдардың қажуы – усталость материалов [12, с.229]
мағына, маңыз – значение –[13, с.280]
мәжбүр ету – заставить [13, с.264]
мәліметтер – данные [13, с.174]
мемлекеттік стандарт – ГОСТ (государственный стандарт)
қатынасы мол – избыточный, [13, с.288]
монолитный – тұтасқұймалы [12, с.98]
мөлшер, көлем – величина [13, с.85]
мұнара – башня [12, с.18]
мүде – абсолютно [13, с.12]
мүмкіндік туғызу – способствовать [14, с.375]
мыжылу – смятие [16, с.231]
мысал – пример [14, с.177]
мырыштау – оцинковать [14, с.36]

Н
Нақтылы – реальный [14, с.271]
нақтылы, көрсетілген – номинальный [13, с.508]
нақтылы, айқын – конкретный [13, с.347]
нәтижелі – эффективный [14, с.551]
негізгі – главный (основной) [13, с.156]
негізгі, алғашқы, бастапқы – исходный [13, с.314]
негізінде – принципиально [14, с.179]
нұсқа – вариант [18, с.253] (нұсқа – экземпляр, образец)
нығайту, бекіту – укрепить[14, с.458]
нығаю – упрочнение [14, с.466]
нысан – объект [12, с.115]
нышан – признак [14, с.174]

О

Ойық – проём [14, с.194]
ойыс – вогнутый [13, с.103]
ойша – мысленно [13, с.431]
оқтын, оқтын-оқтын – периодический [14, с.73]
олқылық – погрешность
онда – тогда [14, с.422]
оңай – простой, [14, с.206]
оңайлату – упростить [14, с.465]
оңтайлы – оптимальный (в [12, с.120]
оптимизация - оңтайландыру
орамалық материал – рулонный материал [12, с.177]
орналастыру – разместить [14, с.240]
орнату – установка [14, с.470]
орнықтылық – устойчивость [12, с.230]
орталықтау – центрирование [12, с.239]
орын ауыстыру – перемещение [12, с.128]
орын-орнына орналастыру – расположить [14, с.256]
орынды – рациональный [14, с.270]
орынды – целесообразный [14, с.505]
осал – слабый [18, с.261]
осы, бұл, қазіргі – данный [13, с.175]
от жағып жылыту – отопить [14, с.23]

Ө

Өзара – взаимно [13, с.91]
өзгергіштік – изменчивость, [13, с.292]
өзін-өзі теңгеру – самоуравновесить [14, с.300 және 466]
өнеркәсіп – промышленность [14, с.200]
өңдеу – обработка [13, с.528]
өңдеу – переработка [14, с.66]
өңдеу – разработать [14, с.245]
өс – ось ([13, с.574] ось вращения – айналу осі)
өте – слишком [14, с.342]
өте – чрезмерно [14, с.521]
өтпе – проход
өтпе – сквозной (в[14, с.331] тесіп өткен)
өшіру, жою – погасить [14, с.94]

П

Пайда болу – произойти [14, с.196]

пайдаға асыру – утилизация [14, с.472]
пайдаға асыру – эксплуатация [14, с.542]
пайдалы, қолайлы – выгодно [13, с.127]
пікір, көзқарас – принцип [14, с.179]
пісіру – сварка [12, с.181]
пісірілген тор – сетка сварная [15, с.294]
пішін профиль – профиль [14, с.211], [15, с.281]
пішіндеу – профилировать [14, с.211]

Р
Релаксация – релаксация [12, с.175]
реттеу – регулировать [14, с.274]
рулон (француз сөзі[17, с.449]) – рулон
рұқсат ету – допустить [13, с.203]

С
Сайман – средство [14, с.378]
сақтанушылық – сохранность [14,с.368]
сақтау – соблюдать [14, с.353]
салбырау – провиснуть [14, с.190]
салыстырмалы – относительный [14, с.22]
саңылау – зазор [13, с.240]
саты – стадия [14, с.380]
саты, баспалдақ – ступень [14, с.396]
сатылы – ступенчатый [14, с.396]
саяды – сводиться [14, с.311]
сәйкестендіру – совмещать – [14, с.506]
себепші болу – стимулировать [14, с.387]
сезбейтіндік – нечувствительность [13, с.503]
сезгіштік – чувствительность [14, с.522]
секірмелі түрде – скачкообразно [14, с.330]
сипаттама – характеристика [14, с.492]
сияқты – как [13, с.319]
соққы, соқпа беру – ударный [14, с.453]
сомын – гайка [15, с.192]
сонда – тогда [14, с.422]
сондай-ақ – также [14, с.407]
сондықтан – следовательно [14, с.370]
сонымен қатар – также [14, с.407]
соңғы – окончательный [13, с.550]
сопақ, ұзынша – продолговатый [14, с.193]

сортамент – сортамент (франц.) [17, с.475]
сөре – полка [14, с.126]
су бұрғыш – водоотвод [13, с.104]
суағар – водосток [13, с.105]
сусымалы – сыпучий [14, с.404]
сұлба – схема [12, с.206]
сұраныстапсырма – заказ
сыйымдылық – емкость [13, с.214]
сылау, майлау – обмазка [13, с.521]
сыналану – заклинить [13, с.243]
сынау – испытание [13, с.311]
сырғауыл – прогон [12, с.156], [16, с.196]
сырт пішіні – форма [14, с.486]
сырық – стержень [16, с.237] (в [12, с.201-шыбық])
сілті – щёлочь [14, с.538]

Т

Табақ – лист [12, с.89], [13, с.383]
табан – основание [13, с.570]
табан – пята [14, с.220]
тағайындау – назначить, [13, с.445]
таған – стойка [14, с.388] (в [15, с.305]–тірек, баған)
тақта – плита [12, с.133]
талдау – анализ [13, с.27]
талқылау – рассмотрение [14, с.260]
тамамдау, тауысу – исчерпать [13, с.315]
таңдап алу – подбор [14, с.97]
тапшылық, жетімсіздік, кемдік – дефицит [13, с.188]
таратып салу – раскладка [14, с.251]
тарату – распределить [13, с.256]
тарау – глава [13, с.156]
тарау, бөлім – раздел [14, с.234]
тармақ – ветвь
тармақ – ответвление [18, с.319]
тартпа – растяжка [12, с.170]
тартпа – тяж [14, с.445]
тартпа – затяжка [12, с.58]
тарту, керу – натяжение [13, с.472]
тасымалдау – транспортировка [14, с.431]
тәжірибе – опыт [13, с.562]
тәртіп, рет, жөн – порядок [14, с.144]

тәсіл, амал – подход [14, с.114]
тәсіл, әдіс – прием [14, с.173]
тәсіл, жол – способ [14, с.375]
тездету, үдету – ускорение [14, с.468]
темірбетон – железобетон [12, с.53]
тең әсерлі – равнодействующий [14, с.222]
теңгергіш – балансир [13, с.43]
тең сөрелі – равнополочный
тепе-тең – тождественный, [14, с.422]
терезе жақтауы – оконный переплет [14, с.65]
тиеу, толтыра арту – загрузить [13, с.235]
тип – түр
типтеу – типизация [12, с.216]
типтік – типовой [12, с.216]
тиімді – эффективный [14, с.551]
тиімділік, үнемділік – экономичность [14, с.541]
тоғыспа – свод [12, с.182]
тойтарма – заклёпка [12, с.56]
тойтармалық құралымдар – клёпаные конструкции [12, с.75]
тойтарыс – отпор [14, с.24]
тоқтау – перестать, [14, с.69]
толтырғыш – заполнитель [13, с.257]
толық пісіру – провар [15, с.279]
топырақ – грунт [12, с.44]
тор – клетка [13, с.334]
тотығу – окисление [13, с.548]
тотықсыздану – восстановление
төбе – потолок [14, с.551]
төбе жабыны – покрытие [16, с.186]
төзімділік – выносливость[12, с.34]
төмен бағыт алған – нисходящий [13, с.506]
төсем – кровля, кровельный настил
төсем – настил [12, с.105]
төсеу, салу – укладка [14, с.457]
туынды – производный [14, с.196]
тұйық – замкнутый [13, с.251]
тұратын орын – положение [14, с.128]
тұтас – сплошной [14, с.374]
тұтасқұймалы – монолитный [12, с.98]
тұтқырғыш – вяжущее [15, с.191]
тұтқырлық – вязкость [12, с.35]

түзу – прямой [14, с.214]
түйіс – сопряжение
түйіс – стык [12, с.205]
түйістік пісіру – контактная сварка [12, с.81]
түптабан – база [12, с.15]
түр – тип [14, с.420]
түрі, көрініс – вид [13, с.95]
түрі, өзгешелігі – характер[14, с.492]
түсіру, қондыру – нанесение [13, с.472]
түсіру – приложить [14, с.177]
тұрақтандыру – стабилизация [14, с.380]
тым – слишком [14, с.342]
тым – чрезмерно [14, с.521]
тізім, сан – перечень [14, с.72]
тік – вертикальный [13, с.88]
тікелей – непосредственно [13, с.491]
тілім – полоса [14, с.128]
тіпті, түгіл, тұрмақ – даже [13, с.174]
тіреп тұру, ұстап тұру – поддерживать [14, с.101]
тіреуіш – упор [14, с.465]
тіркеу, бекіту, жапсыру – прикрепить [14, с.175]

У
Уату, ұсақтау – раздробление [14, с.236]

Ү
үдемелі қарқындылық – интенсивность [13, с.304]
үзілмелі – прерывистый [14, с.167]
үйкеліс – трение [14, с.433]
үйлестіру – сочетание [14, с.369]
үлгі – тип [14, с.420]
үлестіруші – распределитель [14, с.256]
үнемділік, тиімділік – экономичность [14, с.541]
үшбұрыш – треугольник [14, с.434]
үш бұрышты – треугольный [14, с.434]

Ұ
Ұғыныс – соображение [14, с.362]
ұзақмерзімділік – долговечность (в [13, с.200] ұзақ уақыттық)
ұзындық – линиейный [13, с.382]
ұйымдастыру – устройство [14, с.471]
ұқсас – аналогичный [13, с.27]

ұқсас – тождественный, [14, с.422]
ұқыпты, мұқият – тщательный [14, с.443]
ұлғайту – расширение [14, с.269]
ұсақталған – гранулированный [13, с.168]
ұстап қалу, сүйеу – удержать [14, с.453]
ұстап тұру – поддерживать [14, с.101]
ұстын – колонна [12, с.77]
ұстын табаны – башмак колонны [12,с.18]
ұстынның бастылығы – оголовок колонны
ұстынүстілік – надколонних
ұсыну, кеңес беру – рекомендовать [14, с.277]
ұтымды – рациональный [14, с.270]

Ш

Шамадан тыс – чрезмерный [14, с.521]
шамамен, шамалап – ориентировочно [13, с.564]
шапшаң – мгновенный [13, с.405]
шарт – условие [14, с.468]
шатыржал – конёк [12, с.79]
шегіне жеткен – предельный [14, с.161]
шек (ауытқуына болатын шек) – допуск [13, с.203]
шекті – предельный [14, с.161]
шекара – граница [13, с.167]
шектен тыс – чрезмерный [14, с.521]
шектес – смежный [14, с.346]
шет жағы, жақ, шет – сторона [14, с.390]
ширату, орау – скрутить [14, с.330]
шоғыр – пучок [14, с.218]
шоғырланған – сосредоточенный [14, с.366]
шоғырлану, топталу – концентрация [13, с.350]
шо'мбал, көлемді – массивный [13, с.402]
шөгу – осадка [13, с.566]
шығару, шешім –решение [14, с.282]
шыны, әйнек – стекло [14, с.384]

Ы

Ығысу – сдвиг [12, с.183]
ыдыратып жіберу – расчленение [14, с.268]
ыдырату – разложить [14, с.238]
ынталану – стремиться, тырысу[14, с.393]
ыңғайлылық – удобство [14, с.454]
ықтиярсыз – принудительный [14, с.178]
ыстықтай өндірілген болат – горячекатаная сталь

І
Ілгіш – подвес [14, с.98]
іргетас – фундамент [15, с.321]
іріктеп алу – подбор [14, с.97]
іс жүзінде – практически [18, с.386]
істеу – устроить [14, с.471]
ішек – струна [14, с.395]
Э
Эквивалент – эквивалент [14, с.540]
элемент – элемент [12, с.250]

Я
яғни – то есть [14, с.422]

БИБЛИОГРАФИЯЛЫҚ ТІЗІМ

1. Металлические конструкции. Учебник для студентов высших учебных заведений. Под редакцией Ю. И. Кудишина. - 9-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 688 с.

2. Металлические конструкции. Общий курс: Учебник для вузов. Под общей редакцией Е. И. Беленя. – 6-е издание. – М.: Стройиздат,1986. – 560 с.

3. *Кошин И. И.* и др. Металлические конструкции в гидротехнике. – М., 2002.

4. СНиП РК 5.04-23-2002. Стальные конструкции. – Астана, 2003.

5. *Бирюлев В. В., Кошин И. И.* и др. Проектирование металлических конструкций. Специальный курс. – Л.,1990.

6. *Трофимов В. И., Каминский А. М.* Легкие металлические конструкции и сооружения. – М., 2002.

7. *Мандриков А. П.* Примеры расчета металлических конструкций. –М., 1991.

8. *Лихтарников Я. М., Ладыженский Д. В., Клыков В. М.* Расчет стальных конструкций. – Киев, 1984.

9. *Бакиров К. К., Нурмагамбетов Е. К.* Бір қабат өндірістік үймереттің металл қаңқасын есептеу және құралымдау: Оқу құралы. – Алматы: КазГАСА, 1991.

10. *Бакиров К. К.* Құрылыс конструкциялары. I бөлім. «Металл конструкциялар». 050729 «Құрылыс» мамандығының студенттеріне арналған оқу құралы. – Алматы: КазГАСА, 2007. – 94 б.

11. Строительные конструкции. II раздел. «Металлические конструкции». Учебное пособие для студентов специальности 050729 «Строительство». Алматы: КазГАСА, 2006. – 191 с.

12. СНиП РК 1.01-32-2005. Строительная терминология.

13. Орысша-қазақша сөздік. Жалпы редакциясын басқарған проф. Ғ. Ғ. Мұсабаев. Қазақ ССР Ғылыми академиясының Тіл білімі институты. Қазақ Совет энциклопедиясының бас редакциясы. I том (А - О). – Алматы, 1978.

14. Орысша-қазақша сөздік. Жалпы редакциясын басқарған проф. Ғ. Ғ. Мұсабаев. Қазақ ССР Ғылыми академиясының Тіл білімі институты. Қазақ Совет энциклопедиясының бас редакциясы. II том (О - Я). – Алматы, 1984.

15. Қазақша-орысша, орысша-қазақша терминологиялық сөздік. Сәулет және құрылыс. – Алматы: Рауан, 2000.

16. Русско-казахско-английский терминологический словарь. – Алматы: КазГАСА, 20013. (Термины РПЗС).

17. Словарь иностранных слов. – М.: Русский язык, 1989.

18. *Х. Махмудов, Г. Мусабаев.* Казахско-русский словарь. Гл. редакция Каз.Сов.энциклопедии. – Алма-Ата, 1989.

19. Қазақша-орысша, орысша-қазақша терминологиялық сөздік. Сәулет және құрылыс. Т.9. – Алматы: «ҚАЗақпарат» баспасы, 2014.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе..... 3

I МЕТАЛЛ ҚҰРАЛЫМДАРЫНЫҢ ЭЛЕМЕНТТЕРІ 5

1. **Құралымдар материалдарының негізгі қасиеттері және жұмысы**..... 5

1.1. Металл құралымдарды қолдану саласы..... 5

1.2. Металл құралымдардың құндылықтары мен кемшіліктері. 9

1.3. Болаттар. Жалпы сипаттамасы..... 11

1.4. Болаттар құрылымының ерекшеліктері..... 13

1.5. Болаттардың химиялық құрамдары..... 15

1.6. Термиялық өңдеу..... 16

1.7. Металл құралымдарда қолданылатын болатты өндіру түрлері..... 17

1.8. Дағдылы беріктіктегі азкөміртекті болаттар..... 18

1.9. Беріктігі көтеріңкі болаттар..... 19

1.10. Атмосфера әсеріне тұрақты болаттар..... 19

1.11. Беріктігі жоғары болат..... 19

1.12. Болаттың ескіруі..... 20

1.13. Алюминий қорытпалары..... 21

1.14. Болаттың жұмысы..... 23

1.15. Металдың қасиеттеріне температураның тигізетін әсер..... 26

1.16. Құрылыс болаттарының серпімдіпластикалық жұмысының унификацияланған (біріздендірілген) диаграммасы..... 27

1.17. Кернеулер шоғырланған кездегі болаттың жұмысы..... 28

1.18. Соқпа тұтқырлық..... 30

1.19. Болаттың және алюминий қорытпаларының кайталап жүктеу кезіндегі жұмысы..... 31

1.20. Қирау түрлері..... 35

1.21. Металл коррозиясы..... 36

1.22. Құрылыс металл құралымдарына арналған болаттарды тандап алу..... 38

2. Металл құралымдарын есептеу негіздері..... 41

2.1. Есептеу әдістерінің дамуы туралы қысқаша шолу..... 41

2.2. Шекті жағдай әдісімен есептеудің негізгі қағидалары..... 42

2.3. Жүктемелер және әсерлер..... 46

2.4. Мөлшерлік жүктемелер..... 47

2.5. Есептік жүктемелер..... 48

2.6. Жүктемелер үйлесімі..... 49

2.7. Материалдардың мөлшерлік кедергілері..... 50

2.8. Материалдардың есептік кедергілері..... 51

2.9. Құралымдардың жұмыс шарттары және жауаптылығы бойынша сенімділік еселеуіштері..... 53
2.10. Кернеулердің түрлері және оларды болат құралымдар элементтерінің есептеуінде ескеру..... 54
2.11. Ортадан жүктелген элементтердің жұмысы және беріктікке есептеуі..... 56
2.12. Майысатын элементтерді серпімділік аралығында есептеу..... 58
2.13. Майысатын элементтердің пластикалық деформациялары дамығаны ескерілген кездегі жұмысы және есептеуі..... 59
2.14. Майысатын элементтерді пластикалық деформация-ларының дамуын ескеру арқылы майыстырушы моменттермен көлденең күштердің бір мезгілдегі әсеріне есептеу..... 64
2.15. Ортадан тыс жүктелген сырықтарды серпімді және серпімдіпластикалы кезеңдерінде беріктікке есептеу..... 67
2.16. Болат құралымдар элементтерінің морт қирауын ескерумен беріктікке есептеу..... 70
2.17. Ортасынан сығылған сырықтардың орнықтылығы..... 71
2.18. Ортадан тыс сығылған (сығыла-майысқан) элементтердің орнықтылығын тексеру..... 77
2.19. Майысатын элементтердің жалпы орнықтылығын тексеру..... 82
3. Сортамент..... 85
3.1. Сортамент профильдерінің сипаттамасы 85
3.2. Табақтық болат 86
3.3. Бұрыштамалық профильдер 87
3.4. Швеллерлер 88
3.5. Қоставрлар 88
4. Пісірілмелі қосылыстар..... 91
4.1. Пісірілмелі қосылыстардың ерекшеліктері..... 91
4.2. Пісірмелі жіктердің және қосылыстардың түрлері..... 92
4.3. Пісіруге арналған материалдар..... 95
4.4. Пісірілмелі жіктерінің есептік кедергілері..... 96
4.5. Түйістік жіктердің жұмысы мен есептеуі..... 98
4.6. Түйістік жіктерге қойылатын құралымдық талаптар..... 102
4.7. Бұрыштық жіктердің жұмысы мен есептеуі..... 103
4.8. Бұрыштық жіктерге қойылатын құралымдық талаптар..... 110
4.9. Дүркін-дүркін қайталап жүктелген кездегі пісірмелі қосылыстардың жұмысы мен есебінің ерекшелігі..... 112
4.10. Алюминий қорытпаларынан жасалған құралымдардың пісірмелі қосылыстарының ерекшеліктері..... 113

4.11. Пісірмелі қосылыстардың есептеу мысалдары 114
5. Бұрандалы және тойтармалы қосылыстар..... 120
5.1. Жалпы сипаттама..... 120
5.2. Статикалық жүктеме әсеріне бұрандалы қосылыстардың ығысуға жұмысы және есептеуі..... 123
5.3. Жоғары берікті бұрандалы қосылыстарды есептеу..... 127
5.4. Бұрандалы қосылыстардың созуға жұмысы және есептеуі..... 128
5.5. Бұрандалы қосылыстардың есептеу мысалдары 128
6. Арқалықтар және арқалықтық құралымдар..... 132
6.1. Арқалықтардың түрлері және оларды қолдану саласы..... 132
6.2. Арқалықтық құралымдарды құрастыру..... 134
6.3. Арқалық торларының төсемдері..... 139
6.3.1. Болат төсем..... 139
6.3.2. Темірбетонды төсем..... 141
6.4. Прокатты арқалықтардың қимасын іріктеп алу және көтергіштік қабілетін тексеру..... 142
6.5. Арқалықтардың қатаңдылығын тексеру..... 146
6.6. Құрама арқалықтарды жобалау..... 147
6.6.1. Құрама арқалықтардың биіктігі..... 147
6.6.2. Қабырғаның қалыңдығы..... 152
6.6.3. Белдеулерін құрастыру..... 154
6.6.4. Ұзындығы бойынша арқалықтың қимасын өзгерту..... 156
6.6.5. Арқалықтың беріктігі мен майысымын тексеру..... 159
6.6.6. Арқалықтың жалпы орнықтылығын тексеру және қамтамасыз ету..... 163
6.6.7. Арқалық элеметтерінің жергілікті орнықтылығын қамтамасыз ету..... 165
6.6.8. Сығылған белдеуінің орнықтылығы..... 167
6.6.9. Арқалық қабырғасының орнықтылығы..... 169
6.6.10. Жанама кернеулер әсерінен қабырғаның орнықтылығын жоғалтуы..... 169
6.6.11. Қимасы симметриялы арқалықтар қабырғасының тік кернеулер әсерінен орнықтылығын жоғалтуы..... 173
6.6.12. Тік және жанама кернеулердің біріккен әсерінен арқалық қабырғасының орнықтылығын жоғалтуы..... 176
6.7. Арқалық торының элементтерін есептеу мысалдары..... 183
7. Ортасынан сығылған ұстындар..... 211
7.1. Жалпы сипаттама..... 211
7.2. Тұтас ұстындардың түрлері..... 212
7.3. Өтпелі ұстындардың түрлері..... 215
7.4. Ұстынның есептік сұлбасын таңдап алу..... 218

7.5. Ортасынан сығылған тұтас ұстынның срығын есептеу және құралымдау..... 219
7.6. Ортасынан сығылған өтпелі ұстынның сырығын есептеу және құралымдау..... 224
7.7. Ұстындардың түптабаны..... 233
7.7.1. Отрасынан сығылған ұстынның түптабанын есептеу..... 234
7.8 . Ұстынның есептеу мысалдары 238
8. Фермалар..... 249
8.1. Фермаларды қолдану саласы және жіктеу..... 249
8.2. Фермалардың құралымдарын құрастыру..... 252
8.3. Ферманың негізгі өлшемдері..... 254
8.4. Құрылыстық көтерме..... 257
8.5. Фермалардың керегетор жүйесі..... 258
8.6. Фермалардың геометриялық өлшемдерін унификациялау және модульдеу..... 260
8.7. Фермаларды есептеу жүйелілігі..... 261
8.8. Жүктемелерді анықтау..... 261
8.9. Ферма сырықтарындағы күштеулерді анықтау..... 263
8.10. Ферманың сығылған белдеулерінің есептік ұзындығы..... 265
8.11. Ферма сырықтарының шекті иілгіштіктері..... 267
8.12. Ферманың сырықтары қимасының түрлері..... 268
II БІР ҚАБАТ ӨНДІРІС ҒИМАРАТТАРЫНЫҢ ҚҰРАЛЫМДАРЫ
9. Өндіріс ғимараттары құралымдарын жобалауының негізгі мәселелері..... 273
9.1. Өндіріс ғимараттар қаңқаларының жалпы сипаттамасы..... 273
9.2. Өндіріс ғимараттарының қаңқасына қойылатын негізгі талаптар..... 275
9.3. Өндіріс ғимараттарының болат қаңқаларын қолдану саласы..... 277
9.4. Көлемдік-жоспарлық параметрлерін унификациалау..... 278
10 Қаңқаның құралымдық сұлбасын құрастыру..... 280
10.1. Ұстындар торын бөлшектеу..... 282
10.2. Көлденең рамалардың сұлбалары..... 283
10.3. Көлденең раманы құрастыру..... 284
10.3.1. Бір аралықты раманы құрастыру..... 284
10.3.2. Көп аралықты рамаларды құрастыру..... 288
11 Жабын құралымдары..... 293
11.1. Жабынды құрастыру..... 293
11.1.1. Жаппаның төсем құралымы..... 295
11.1.2. Сырғауылды жабындар 295
11.1.3. Сырғауылсыз жабын..... 297

11.2. Байланыстар жүйелері..... 298
11.2.1. Жабын бойындағы байланыстар..... 298
11.2.2. Ұстындар арасындағы байланыстар..... 307
11.3. Жабын элементтері..... 309
11.3.1. Сырғауылдар..... 309
11.3.2. Тұтас қималы сырғауылдар..... 310
11.3.3. Керегеторлы сырғауылдар..... 313
11.4. Итарқалық фермалардың есептеу ерекшеліктері..... 314
11.4.1. Жүктемелер..... 314
11.4.2 Ферма сырықтарындағы күштеулерді анықтау..... 315
11.4.3 Тіректік түйіндер..... 317
12. Көлденең рамаларды есептеу ерекшеліктері..... 324
12.1. Ғимарат қаңқасының жұмысы және есептеу ерекшеліктері 324
12.1.1. Қаңқаның нақтылы жұмысы және есептік сұлбасын таңдау..... 324
12.1.2. Көлденең рамаға әсер ететін жүктемелер..... 329
12.1.3. Тұрақты жүктемелер..... 329
12.1.4. Уақытша жүктемелер..... 331
12.1.5. Көлденең рамаларды есептеген кезде қаңқаның кеңістікті жұмыс істеуін есепке алу..... 339
12.1.6. Рама элементтеріндегі есептік күштеулерді анықтаудың практикалық тәсілі..... 345
12.1.7. Көлденеңдік рамалардың қатаңдылығы..... 353
12.1.8. Рамаларды температуралар әсеріне есептеу..... 353
12.1.9. Рама элементтеріндегі есептік күштеулерін анықтау..... 356
13. Қаңқаның ұстындары 359
13.1. Ұстындардың түрлері..... 359
13.2. Ұстын сырықтарын есептеу және құралымдау..... 362
13.3. Кран асты арқалықтардың түйістері және тірелу тораптары 382
13.4. Ортасынан тыс сығылған ұстындардың түптабаны 387
14. Кранасты құралымдар..... 393
14.1. Кранасты құралымдардың сипаттамасы..... 393
14.2. Тұтас кранасты арқалықтардың құралымдық шешімдері.... 397
14.2.1. Есептік күштеулерді анықтау..... 400
14.2.2. Беріктігін тексеру..... 402
14.2.3. Кранасты арқалықтардың қималарын іріктеп алу..... 407
14.3. Керегеторлы кранасты арқалықтар (фермалар)..... 409
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ҚАЗАҚША-ОРЫСША СӨЗДІКТЕР 413
Библиографиялық тізім..... 430

Оқулық басылым

Келес Қапашұлы Бакиров

МЕТАЛЛ ҚҰРАЛЫМДАРЫ

РБ бастығы *З. Ғұбайдулина*
Редакторы *Т. Жақсыбаева*
Компьютерде беттеген *Л. Касжанова*

Басуға 15.02.2016 ж. қол қойылды
Таралымы 300 дана. Пішімі 60х84 1/16 № 1 баспаханалық қағаз.
Көлемі 27,4 есепті-баспа табақ. 25,5 шартты баспа табақ.
Тапсырыс № 676. Бағасы келісімді

Қ. И. Сәтбаев атындағы
Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университетінің басылымы
Оқу-баспа орталығы, Алматы, Сәтбаев көшесі, 22

ISBN 978-601-228-926-8

