В.В.ОВЧИННИКОВ

ДӘНЕКЕРЛЕНГЕН КОНСТРУКЦИЯЛАРДЫ ЕСЕПТЕУ ЖӘНЕ ЖОБАЛАУ

ОҚУЛЫҚ

Орта кәсіптік білім беру бағдарламаларын
іске асыратын білім беру мекемелерінің оқу
процесінде оқулық ретінде пайдалану үшін
«Федералдық білім беруді дамыту институты»
Федералдық мемлекеттік мекемесіменұсынылды

2009 жылдың 16 маусымдағы рецензияның тіркеу нөмірі 340
ФГУФИРО»

4-ші басылым, стереотипті

ACADEM'A

Мәскеу
«Академия» баспа орталығы
2015

ӘОЖ 621.791(075.32)
КБЖ 30.4я723 О-355

Бұл кітап Қазақстан Республикасының Білім және ғылым министрлігі және «Кәсіпқор» холдингі» КЕАҚ арасында жасалған шартқа сәйкес «ТжКБ жүйесі үшін шетел әдебиетін сатып алуды және аударуды ұйымдастыру жөніндегі қызметтер» мемлекеттік тапсырмасын орындау аясында қазақ тіліне аударылды. Аталған кітаптың орыс тіліндегі нұсқасы Ресей Федерациясының білім беру үдерісіне қойылатын талаптардың ескерілуімен жасалды.
Қазақстан Республикасының техникалық және кәсіптік білім беру жүйесіндегі білім беру ұйымдарының осы жағдайды ескеруі және оқу үдерісінде мазмұнды бөлімді (технология, материалдар және қажетті ақпарат) қолдануы қажет.
Аударманы «Delta Consulting Group» ЖШС жүзеге асырды, заңды мекенжайы: Астана қ., Иманов көш., 19, «Алма-Ата» БО, 809С , телефоны: 8 (7172) 78 79 29, эл. поштасы: info@dcg.kz

Пікір беруші —
«Дәнекерлеу өндірісі» арнайы пән оқытушы ГОУ СПО «№ 41 құрылыс колледжі» Мәскеу қаласы, *Н.О.Петрусёва*

Овчинников В.В.

О-355. Дәнекерленген конструкцияларды есептеу және жобалау: оқулық орта кәсіптік білім беру мекемелерінің студенттеріне арналған/В.В.Овчинников. — 4-ші басылым, стер. — М.: «Академия» баспа орталығы, 2015. — 256 б.

ISBN 978-601-333-341-0 (каз.)
ISBN 978-5-4468-2013-9 (рус.)

Әртүрлі мақсаттағы дәнекерленген түйіндерді есептеу және құрастыру негіздері қаралды. Дәнекерленген қосылыстардың беріктігі мен дайындау курстық жоба есептеулерін орындау үшін қажетті анықтамалық материалдар келтірілген. Дәнекерленген конструкциялар элементтері мен түйіндерінің заманауи технологиялық шешімдері ұсынылған.

Оқулық «Дәнекерлеу өндірісі» мамандығы бойынша (МДК.02.01) «Технологиялық процестерді әзірлеу және бұйымдарды жобалау» ӨМ.02 кәсіптік модулін меңгеруге пайдаланылады.

Орта кәсіптік білім беру мекемелерінің студенттеріне арналған.

ӘОЖ 621.791(075.32)
КБЖ 30.4я723

© Овчинников В. В., 2010
© «Академия»оқу-баспа орталығы, 2010
© Ресімделген. «Академия» баспа орталығы, 2010

ISBN 978-601-333-341-0 (каз.)
ISBN 978-5-4468-2013-9 (рус.)

Құрметті оқырман!

Бұл оқулық «Дәнекерлеу өндірісі» мамандығы бойынша оқу-әдістемелік жинағының бір бөлігі болып табылады.

Оқулық «Технологиялық процестерді әзірлеу және бұйымдарды жобалау» ӨМ.02 кәсіптік модулін оқыту үшін арналған.

Жаңа буын оқу-әдістемелік жинақтар жалпы білім беретін және жалпы кәсіптік пәндерді және кәсіптік модулдерді зерттеуді қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін дәстүрлі және инновациялық оқу материалдарын қамтиды.Әрбір жинақ жалпы және кәсіби құзыреттілігін игеру үшін, сонымен қатар жұмыс берушінің талаптарын ескере отырып, қажетті оқулықтар мен оқу құралдарды, оқыту мен бақылау құралдарынқамтиды.

Оқу басылымдары электрондық білім ресурстарымен толықтырылады. Электрондық ресурстар интерактивті жаттығулар мен тренажерлары бар теориялық және тәжірбиелік модульдерді, Интернеттегі қосымша материалдар мен ресурстарға сілтеме болатын мультимедиялық объектілерді қамтиды. Оларға оқу процесінің негізгі параметрлері тіркелген терминологиялық сөздік және электрондық журнал жатады: жұмыс уақыты, бақылау және тәжірибелік тапсырмаларды орындау нәтижелері. Электрондық ресурстар оқу процессіне оңай енгізілуі және әр түрлі оқу бағдарламаларына бейімделуі мүмкін.

Кіріспе

Дәнекерлеу көптеген конструкцияларды дайындау үшін негізгі технологиялық процесінің бірі болып табылады, мысалы, жылу және атом электр станциялары үшін жоғары қысымдағы қалың қабырғалы ыдыстарды дәнекерлемей жасау мүмкін емес. Сонымен қатар, дәнекерлеуді қолдану күрделі конструкцияларды жасауға, сондай-ақ оларды өндіру циклін және құнын айтарлықтай азайтуға ықпал етеді.1930 жылдары осындай дәнекерлеудің айтарлықтай металды үнемдеу, жұмыстарды жүргізуді жеңілдету және жеделдету, технологиялық жабдықтарға шығындардың азаюы, еңбек жағдайларын жақсарту негізгі құндылықтарына байланысты тойтармалы металл конструкцияларды дәнекерлеумен ауыстыру басталған.

ССРО-ның осы жылдары қалыптасқан ғылыми-зерттеу орталықтарында дәнекерленген металды конструкция бойынша— Инженерлік зерттеулер ғылыми-техникалық комитеттің Халық комиссариатының қатынас жолдары институтында, Өндірістік құрылыстар орталық ғылыми-зерттеу институтында (ӨҚОҒЗИ), Орталық ғылыми-зерттеу институтының машина жасау технологиясының дәнекерлеу бөлімінде (ОҒЗИМАШТ), М.И. Калинин атындағыЛенинград политехникалық институтында (ЛПИ), УССР ҒА электрдәнекерлеу Институтында (1945 ж. бастап — Е.О.Патон атындағы ЭДИ) — дәнекерленген қосылыстар қасиеттеріне төмен температура ықпал ететін төменкөміртекті болаттан дәнекерленген қосылыстардың көбінесе механикалық қасиеттерін зерттеді.

Түйіспелі дәнекерлеу облысында зерттеулер негізінен автомобиль және трактор жасау саласында темір-бетон және конструкция арматурасының қосылыстар беріктігін зерттеумен шектелді. Осы уақытта арқалықтардың түйісуін жабатын сәйкессіздіктер шоғырланған күшпен жұмыс істейтін, белдік жіктерде арқалықтар статикалық жүктеме кезінде дәнекерлеу қосылыстарында кернеулерді бөлу ерекшеліктерін зерделеуге байланысты теориялық әзірлеу орындалды.

Е.О.Патон атындағы ЭДИ-да дәнекерлеу (үш парақты арқалықтар, әртүрлі ферм, дәнекерленген кеңсөрелі арқалықтар мен т.б.) конструкция элементінің беріктігіне кең кешенді зерттеу өткізілді. М.И.Калинин атындағыЛПИ Н.О.Окербломен және ОҒЗИМАШТ Г.А.Николаевпен тілім жиегіне білікшелерді балқытып қаптастыру кезінде кернеулік жағдайды және деформацияны анықтау бойынша зерттеулер орындалды.

Дегенмен теория беріктігінің жалпы заңдылықтары дәнекерленген конструкцияларға да таралған, дәнекерлеу қосылыстарының өзіндік ерекшеліктері мен қасиеттері негізінде дербес ғылыми бағыт қалыптасқан — дәнекерлеудің қосылыстары мен конструкцияларының беріктігі көптеген зерттеулердің пайда болуын алдын-ала анықтады.

Дәнекерленген конструкциялардың негізгі ерекшеліктеріне жатқызуға болады (Н.О.Окербломның систематизациясы):

- дәнекерлеу жіктермен құрылған жеке элементтердің бір-бірімен органикалық байланысы. Сонымен қатар бірнеше жеке дайындамалар мен бөлшектерден жасалған, өзі құрама мен монолитік конструкциялардың жетістік қасиеттерін атқаратын ажыратылмайтын конструкцияға айналады;
- әр түрлі конструктивті формаларға жеңілдік беру, өйткені оның тойтарудан айырмашылығы дәнекерлеу кезінде кез келген бұрыштары астында екі табақ бетті жанастыру үшін аралық қосқыш элементтер (олар бір-бірімен тікелей қосылуы мүмкін)
- талап етілмейді;
- құю, соғу, қалыптау және т.б. технологиялық процестерді қолдана отырып орындалған дайындамаларды пайдалану мүмкіндігі (бұлұтымды және үнемді конструкцияларды құруға ықпал етеді);
- әртүрлі элементтер мен бөлшектер конструкциясының жұмыс режимімен негізделген талаптарына сәйкес конструкцияның біреуінде әртүрлі материалдар қолдану мүмкіндігі (бұл қолданылатын материалдар қасиеттері толыққұнды пайдалануға және металл шығындарын азайтуға ықпал етеді);
- дәнекерленген конструкцияны дайындаудың технологиясы мен конструктивтік форманың өзара әсері.Көбінесе конструктивтік формалар дәнекерлеудің технологиялық әдістері мен тәсілдерін таңдауды шектейді, ал дәнекерленген құрылымдарды дайындауға қабылданған технология бастапқы материал қасиеттерін, конструкцияның кернеулік жағдайының туындауына, конструкцияның формасы мен жобаланған мөлшерінің дәлдігін сақтап, өзгертуге белгілі бір дәрежеде әсер етеді (мұның барлығы дәнекерленген конструкциялардың жұмыс қабілеттілігіне әсер етуі мүмкін);
- дәнекерлеу қосылыстарындағы әртүрлі әртектілік салдарынан пайда болған дәнекерленетін жиектерін балқытуға (балқытумен дәнекерлеу кезінде) немесе пластикалық жағдайына дейін жеткізу (қысымды дәнекерлеу кезінде). Дәнекерлеу қосылыстарында әртүрлі химиялық құраммен, құрылыммен, механикалық қасиеттермен, конструкцияда кернеу мен күшті біркелкі бөлінбеуге әкеп соқтыратын

дайындамалар конструкциясы мен дәнекерлеу технологиясының ерекшеліктерімен туындайтын геометриялық әртектілікті көруге болатын аймақ құрылады;

- дәнекерленген конструкцияларда қалдық деформация мен кернеудің пайда болуы пластикалық деформацияны дәнекерлеу кезінде туындау салдарынан болады. Көптеген жағдайларда үлкен қалдық кернеулер мен айтарлықтай пластикалық деформациялар дәнекерленген конструкция-лардың жұмыс қабілеттілігін төмендетуге және кейбір дайындау процесінде олардың бұзылуын тудыруға қабілетті.

Аталған дәнекерлеу қосылыстары мен конструкцияға тән ерекшеліктер дәнекерленген конструкциялардың жобалау әдістемесі мен жұмыс қабілеттілігін құруды анықтайды.

Тиімді дәнекерлеу конструкцияны жобалау кезінде дайындау процесінде сынақ жүргізілетін технологиялық әсер етуді ескеру қажет. Демек, дәнекерлеу конструкциясының кешендік жобалауы және оны дайындау технологиялық процесі қажет, өйткені оны дайындауға ең аз еңбек пен уақыт, материалдар шығындары кезінде конструкцияның берілген жұмыс қабілеттілігін қамтамасыз ететін жағдайда ғана шешімді таңдауға болады.

Дәнекерлеу жіктерді, термикалық әсер ету аймағын және негізгі металды қамтитын дәнекерлеу қосылыстары әдетте, айтарлықтай әр түрлілік механикалық қасиеттермен сипатталады.

Көбінесе металл жіктері негізгі металдан берік болады. Металдың термикалық әсер ету аймағының беріктік қасиеттері негізгі металдың термикалық дәнекерлеу цикл реакциясынан тәуелді болады, сондықтан термикалық әсер ету аймағы ең жоғары (шынықтыруға бейім болат үшін) және ең төменгі (осалдануға бейім болат үшін) беріктік ретінде болуы мүмкін.

Әдетте беріктікті бағалауға қолданылатын әдістер, дайындау процесінде конструкцияға көрсетілетін әсер етулерді ескермейді. Осы орындалатын беріктік есептеулерінде әртүрлі аймақтарда дәнекерленген қосылыстар біртекті емес қасиеттері бар болса және дәнекерлеу процесінде туындайтын өзгерістерді есепке алмай материалдың нормативтік қасиеттерін негізге алады. Беріктікті есептеу кезінде сыртқы жүктеме әсер еткен жағдайда пайда болатын тек кернеулі жағдайын назарға алады және дәнекерлеу түйіндері мен конструкцияларын дайындау кезінде құрылған қалдық кернеудің өрісі ескерілмейді. Бұл күрделі дәнекерлеу конструкцияда қалдық кернеулерді бағалау кезінде жеткілікті дәл (анық) шешімнің болмауымен түсіндіріледі

Берілген қасиетімен материалдарды таңдау дәнекерлеу қосылыстарын құруға ықпал етеді, ол жоғары беріктік және басқа да маңызды қасиетімен қаттылыққа — салыстырмалы түрде агрессивті ортада және т.б.

төзімділігімен, аз көлемдік массасымен оңтайлы ұштасатын болады.

Осыған байланысты, дәнекерленген конструкцияларды есептеу мен жобалаудың мүлдем жаңа проблемалары пайда болады. Дәнекерленген түйіндер мен конструкциялар көтергіш элементтерінің құрылымдық формалары мен мөлшерін, олардың анизотропиясын, материалдардың механикалық сипаттамаларын кең таңдау арқасында оңтайлы жобалау принциптерін пайдалану үшін қызықты объект болып табылады.

Металл конструкцияларын жасау кезінде дәнекерлеуді кеңінен енгізу басынан бері өткен уақыт ішінде қарапайым жүктемелер кезінде олардың механикалық қасиеттері мен кернеулік жағдайын, дәнекерлеу қосылыстарының негізгі түрлерін пайдалану жұмысы бойынша эксперименттік және теориялық көптеген зерттеулер пайда болды. Осы зерттеулер негізінде тиісті нормалар белгіленген, өйткені қарапайым жүктеме кезінде жеке алынған жіктің беріктігін есептеу әдетте қиындықтар туғызбайды. Егер дәнекерленетін түйін бір немесе әртүрлі типті бірнеше дәнекерленген жіктерден тұратын немесе құрамында қосалқы элемент түріндегі жапсырма, ендірме және т.б. күрделі болған жағдайда конструкцияның беріктігін есептеуді қиындатады.

Материалды тиімді пайдалануды үйлестіре отырып, дәнекерленген конструкцияның сенімділігі мен ұзақ мерзімділігі тек олардың сыртқы әсерлер қабілетерін бұзбай қабылдау дәнекерлеу қосылыстары мен түйіндер беріктігін мұқият зерттеуді қамтамасыз етуі мүмкін. Неғұрлым материалды аз жұмсау түйіндер мен конструкциялар беріктігінің жетістігі — маңызды талап — өз-өзіне диалектикалық қайшылықтары бар, өйткені металды үнемдеу мақсатында сол мөлшерлерді азайтуға ұмтылу қажеттігі, көбінесе құрылымдық элементтердің көлденең мөлшерінің ұлғаюымен беріктікке қол жеткізуді арттырады. Бұл қарама-қайшылықты шешу үшін, әрбір нақты жағдайда оңтайлы мөлшерлерді анықтау қажет, яғни артық шығынсыз материалдар мөлшері конструкцияның беріктігін қамтамасыз етеді.

Берілген сыртқы күштерді бөлу кезінде оның беріктігіне кепілдік беретін, конструкция элементінің оңтайлы геометриялық мөлшерін анықтау есептеудің материалдар кедергісі аясында жүзеге асырылатын бірінші міндетін құрады.

Іс жүзінде дәнекерленген конструкция деформациясымен шектелуге жиі мәжбүр болады, олардың шектен тыс дамуына рұқсат етілмейтін орын ауыстыруға әкеледі және қалыпты пайдалануға кедергі келтіре алады. Осылайша, дәнекерленген конструкция элементтерінің қаттылығын қамтамасыз ету есептеудің екінші міндеті болып табылады.

Үшінші міндет есептеудің тұрақтылығына байланысты жүктемемен бастапқы тепе-теңдік жағдайын сақтау дененің (элементтің) қабілеті деп түсінуге болады. Тұрақтылықты қамтамасыз ету жұқа қысылған элементтерді есептеу кезінде қажет, өйткені тұрақтылықты жоғалту жүктеме кезінде беріктік немесе қатаңдық бойынша қауіпсіз мүмкіндігі

орын алады.

Сонымен, материалдардың механика тұрғысынан жүзеге асырылатын, дәнекерленген конструкцияларды есептеудің жалпы міндеті ұзақмерзімді және үнемділік талаптарын бір мезгілде қанағаттандыру кезінде конструкция элементтерінің беріктігі, қаттылығы мен тұрақтылығын қамтамасыз ету болып табылады.

1 тарау

ДӘНЕКЕРЛЕНГЕН ҚОСЫЛЫСТАР МЕН ЖИНАҚТАР

1.1. ДӘНЕКЕРЛЕНГЕН БАЙЛАНЫСТАР МЕН ТОРАПТАР МЕТАЛЛ ТОРАПТАР МЕН КОНСТРУКЦИЯЛАРДЫҢ ЕСЕПТЕУ ӘДІСТЕРІ

1.1.1 БЕРІКТІКТІ ЕСЕПТЕУ ӘДІСТЕРІН ДАМЫТУ КЕЗЕҢДЕРІ

Машина жасау саласында ресурс пен сенімділікті қамтамасыз ету беріктік проблемасының түйіні болып табылады. Элементті немесе конструкцияны жобалау үшін материалдың бұзылу кедергісіне сәйкестік кепілдігін беретін және геометриялық өлшемдердің қимасы мен формаларын дұрыс таңдауды қамтамасыз ететін есептеудің негіздемесі болып табылады. Дәнекерлеу қосылыстарының немесе түйіннің жұмысы туралы беріктікке, төзімділік пен тұрақтылыққа есептеулер жүргізілгеннен кейін айтуға болады.

Классикалық критерийлер бөлшектер немесе конструкцияның жалпы кернеулігі есепке алынбайтын, шектік кернеу нүктесінде кернеулерді байланыстырады. Мұндай тәсіл кернеулі-деформацияланған жағдайда біртекті немесе оларға жақын кезінде әділ болып қалады.

Конструкцияны есептеудің түпкі мақсаты беріктікке арналған есептеудің жалпы әдісін таңдау көрінісін үнемдеумен осы конструкцияны пайдалануға ұштастыра отырып бағалау жарамдылығы үшін алынған нәтижелерді пайдаланудан тұрады.

Беріктігі мен қажалуға арналған есептеу әдістерін дамытудың үш кезеңін ажыратады.

Бірінші кезеңде (1940 — 1955) есептеулер рұқсат етілетінкернеу бойынша жүзеге асырылады, сонымен қатар ең жоғары кернеумен жұмыс істеп тұрған қосылыстар немесе конструкциялар берілген рұқсат етілетінкернеуден аспауы тиі

Екінші кезең (1955—1970) коэффициент қоры бойынша есептеулермен байланысты. Есептеу нәтижелері ең жоғары кернеудің, жұмыстың есептік уақыты, төзімділіктің, беріктіліктің коэффициенттері ретінде ұсынылды.

Үшінші кезеңде (1970 жылдан бастап) есептеу конструкция жұмысының ерекшеліктері мен қолданылатын материалдар қасиеттерін ескеретін арнайы коэффициенттерді ескере отырып, шектік жағдайлары бойынша жүзеге асырылды.

Қазіргі уақытта металл конструкцияларын есептеудің үш әдісін пайдаланады: беріктілікке рұқсат етілетінкернеу бойынша, беріктілікке шектік жағдайы және сенімділігі бойынша. Өнеркәсіп пен құрылыстың әр түрлі салаларында металл конструкцияларын, соның ішінде дәнекерлеуді есептеу әртүрлі бастапқы ережелер негізінде орындалады. Мысалы, машина жасау саласында есептеу рұқсат етілетінкернеу бойынша, ал өнеркәсіптік құрылыс саласында — шектік жағдайлары бойынша жүргізіледі.

1.1.2. РҰҚСАТ ЕТІЛЕТІН КЕРНЕУЛЕР БОЙЫНША БЕРІКТІКТІ ЕСЕПТЕУ

Рұқсат етілетін кернеу бойынша есептеу негізінде тамаша серпімді дене гипотезасы қаралады, материал тұрақсыздығының учаскесі басталғанға дейін кернеу мен деформация арасындағы тікелей пропроционалдық туралы Гук заңы оған әділ болып саналады. Рұқсат етілетінкернеулер бойынша есептеу қолданыстағы конструкцияның жеке элементтерінде кернеу тұрақсыздық шегінен асып түспеуі тиіс екенін негізге алады, яғни конструкцияның барлық жұмысы материалдың серпімді деформация аймағында өтуі тиіс.

Рұқсат етілетін кернеулер бойынша беріктік шарттары [σ]

$$\sigma < [\sigma] = \sigma_{Пр}/n, \qquad (1.1)$$

мұнда σ — негізгі, кездейсоқ немесе апаттық жүктеме әрекеттерінен болған кернеу; опр — шектік кернеу: илемділік материалдар үшін — бұл рұқсат етілетін кернеулер шегі, омырылғыш үшін — беріктік шегі; n— беріктік запасының коэффициенті немесе өнеркәсіптің әртүрлі саласындағы конструкция үшін орнатылатын қауіпсізідіктің жалпы коэффициенті (бұл коэффициент ереже бойынша әбден сенімді, бірақ жиі жеткілікті емес үнемді конструкцияларды қамтамасыз етеді).

Конструкцияда қосымша және кездейсоқ жүктемеден әрекет ететін кернеулер болуы мүмкін. Егер осы қосымша кернеулер, сондай-ақ есептеу кезінде де ескерілсе, онда беріктік запасының коэффициенті төмендеуі, ал рұқсат етілетін кернеулер арттуы мүмкін. Кернеу концентрациясы мен қосымша жүктемелердің орындалатын әдістерімен материалдар кедергісін есепке алмағанда есептеудің дәл еместігі қолданыстағы жүктеменің

шамасын анықтауда мүмкіндік қателігін ескере отырып, конструкциядағы рұқсат етілетін кернеулер үшін ст тұрақсыздық шегінің кейбір үлесін, бірақ 0,9ст артық емес қабылданады. Осы талаптар конструкцияның жеке нүктесінде әрекет етеді және әдетте анықталмайды, сондай-ақ әр түрлі технологиялық (сырғытумен, құюмен, дәнекерлеумен) операциялармен туындаған және ішкі ұстамды кернеулер болып табылатын жергілікті кернеулерге таралмайды. Сондықтан жеке талшықтар қимасындағы не жалпы, не қолданыстағы кернеулер рұқсат етілетін шамадан аспауы тиіс [σ].

Статикалық жүктеме кезінде илемділік материалдан жасалған бөлшектердің беріктігін есептеу тұтқырлы қирау кезінде материалдың ст тұрақсыздық шегі бойынша жүргізіледі, ол серпімділік шегінен аз ерекшеленеді және оңай анықталады. Бұл жағдайда рұқсат етілетінкернеу мына формуламен анықталады:

$$[\sigma] = \sigma_т/[n_т] \qquad (1.2)$$

мұнда $[n_т]$ — тұрақсыздық шегі бойынша беріктік запасының коэффициенті,

$[n_т] = 1{,}2... 1{,}6.$

Тұрақсыздық шегі бойынша беріктік запасының лт коэффициентінің шағын мәні тұрақсыздық шегінің жұмыстық кернеуімен қол жеткізу бөлшектік қиратуға әкелмейді, ал оның көлемінің бөлігінде тек пластикалық деформациясы және формалары мен мөлшерін өзгертетін қалдық мүмкіндіктері пайда болуымен түсіндіріледі. Қажетті жағдайларда есептеу анықталған пластикалық деформациясына рұқсат берумен есептелетін шектік жүктемелер бойынша жүргізіледі. Морт сынғыш материалдардан жасалған бөлшектерді статикалық жүктемелер кезінде беріктікке есептеу созу (уақытша кедергі) св немесе қысу ссж кезінде беріктік шегі бойынша жүргізіледі.

Кернеулік жағдайының жазық немесе кедергі күйінде беріктік шарты беріктік гипотеза көмегімен өрнектеледі. tmax(үшінші) ең жоғары жанама кернеулер гипотезасы бойынша беріктік шарты мына түрде ұсынылады:

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \le [\tau] = \frac{[\sigma]}{2}, \qquad (1.3)$$

мұнда $\sigma_1 > \sigma_2$ — басты қалыпты кернеу; [τ] — рұқсат етілетін жанама кернеулер.

с қалыпты және t жанама кернеулер бір мезгілде әрекет еткен жағдайда (1.3) формуладан келесі шарт шығады

$$\sigma_{\text{экв}} = \sqrt{\sigma_2 + 4\tau^2} \le [\sigma]. \quad (1.4)$$

Осы гипотезадан көруге болады, атап айтқанда, егер $\sigma_1 > \sigma_2 > 0$ және $\sigma_3 = 0$ болса, онда σ_2 беріктік шартына әсер етпейді.

Энергия гипотезасы бойынша беріктік формасын өзгерту (төртінші) шарты келесі түрде өрнектеледі:

$$\sigma_{экв} = \frac{\sqrt{2}}{2}\sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_4)^2} \le [\sigma]. \quad (1.5)$$

σ және τ бір мезгілде әрекет ету кезінде шарт

$$\sigma_{\text{экв}} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \le [\sigma] \quad (1.6)$$

қима элементінің қандай да бір нүктесінде илемділік пайда болған моментінде s және t арасындағы арақатынасты анықтайды.

Осы гипотезалар тұтқырлы қиратын илемділік материалдан жасалған бөлшектердің беріктігін есептеу үшін қолданылады және есептік кернеулерінде немесе күштерде болмашы айырмашылыққа (15 % артық емес) әкеледі.

(1.6) формулада егер σ= 0, онда шектік жанама кернеу

$$\tau = \sigma_T / \sqrt{3} = 0{,}578\sigma_T \approx 0{,}6\sigma_T. \quad (1.7)$$

F күшінің әрекетімен осьтік созуға (қысуға) жұмыс істейтін элемент беріктігінің сәйкестік шарты:

$$\sigma_{\max} = F / A_{нетто} \le [\sigma], \quad (1.8)$$

мұнда Анетто — тұтассыздықты шегеру есебінен қима ауданы, беріктік есептеуінің үш түрін жүргізуге ықпал ететін.

Беріктікті тексеру (тексеру есептеу).Белгілі жүктеме (қауіпті қимада F бойлық күші) және көлденең өлшемі (Анеттоқиманың ауданы) бойынша ең көп жұмыс кернеуін анықтайды және материалдың рұқсат етілетін кернеуімен салыстырады. Есептеу (1.8) формуласы бойынша тікелей орындалады.

Қима таңдау (жобалау есептеу).Конструкцияны жобалау кезінде жобалау есептеу ең жауапты және кең тараған міндет болып табылады. Fmахберілген жүктеме бойынша және қолданылатын материалдың рұқсат етілген [σ] кернеуі көлденең қима элементінің талап ететін ауданын анықтайды.

$$A_{тр} \geq F_{max}/[\sigma].$$

Көтергіштік қабілетін анықтау. Элементтің белгілі көлденең өлшемі бойынша және рұқсат етілетін бойлық күштер мәні материалдың рұқсат етілетін кернеуін белгілейді

$$[F] < [\sigma]A_{нетто}.$$

Машина жасау саласында беріктікті есептеу кезінде рұқсат етілетін кернеулер [σ] келесі негізгі факторлардан тәуелді деп белгілейді:

- материал қасиеттері: механикалық қасиеттерін жақсарту кезінде [σ] мәні артады;
- беріктіктің дәлдік есептеу дәрежесі: конструкцияға әсер ететін есептеу неғұрлым дәлірек жүргізілсе және жүктемелер толығымен ескерілсе, соғұрлым беріктік запасының қабылдау коэффициенті аз болады, осыған байланысты мәні жоғары болады [σ];
- түрлі күш (созу, қысу, иілу немесе кесу);
- технологиялық процестің сапасы;
- жүктемелер сипаты: мысалы, статикалық жүктемелермен салыстырып қарағанда ауыспалы жүктеме кезінде мәні [σ] нашарлайды.

Әдетте созу $[\sigma_р]$ кезінде рұқсат етілетін кернеуді негізгі деп аталады. Басқа күш түрлері кезінде рұқсат етілетін кернеулер $[\sigma_р]$-ден туынды ретінде анықталады.

Бойлық иілулері жоқ қысқаша элементтерді қысу кезінде $[\sigma_{сж}] = [\sigma_р]$. Ұзын элементтерді қысу кезінде $[\sigma_{сж}] = [\sigma_р]$, мұнда φ — бойлық иілу коэффициенті.

Болаттан жасалған элементтердің иілу кезінде [оиіл] = [ос]; сонымен қатар иілу кезінде рұқсат етілетін кернеуді созу кезінде шамамен 5 %-ға артық қабылдайды, иілу кезінде тұрақсыздық алғашында тек шеткі талшықтарында көрінетінін ескеріп және оның көтергіш қабілетін арттыра отырып содан кейін біртіндеп барлық қима элементтеріне таралады, яғни иілу кезінде пластикалық деформация есебінен кернеуді қима бойынша қайта тарату орын алады.

Әдетте кесу кезінде рұқсат етілетін жанама кернеу [t] = = (0,5...0,6)[Ос].

Динамикалық және ауыспалы жүктемелер кезінде (1.1) формуладағы шектікк кернеу ошек орнына щыдамдылық шегінің шамасын алады.

Жіктік байланыс дәнекерлеу кезінде, сондай-ақ үйкелісті және суық әдіспен жіктік дәнекерлеу кезінде, кейбір жағдайларда газбен баспақтау дәнекерлеу кезінде егер технологиялық процесс орындалған және тұрақты жоғары механикалық қасиеттерін алуға ықпал ететін доғалы дәнекерлеу кезінде жіктік қосулар мәнін [о] қабылдауы мүмкін.

Орындалған нүктелі байланыс пен жіктік дәнекерлеумен қосу үшін

технологиялық процесті жетілдіру және металл қасиеттеріне байланысты мәні м1 нүктесінде орнатылады. м нүктесінде және жікте байланыстыру үшін негізгі металдың 0,5[ос] артық емес төменкөміртекті және кейбір аз қоспалы маркалы болат қабылдануы мүмкін.

Тұрақтылық немесе қажулық қасиеттерін есептеу кезінде (1.1) формула мына түрді қабылдайды

$$\sigma \leq \varphi[\sigma], \text{ немесе } \sigma \leq \gamma[\sigma], \qquad (1.9)$$

мұнда φ мен γ — конструкцияның тұрақтылық және қажулық бұзуларына сәйкес есептеу кезінде рұқсат етілетін кернеудің [σ] төмендеуін ескеретін коэффициенттер.

Қазіргі уақытқа дейін барлық қолданыстағы беріктікті есептеу нормаларына тән әртүрлі қатынастармен sв-ны sx-ға материалдар – әртүрлі типті (сыныпты) конструкциондық материалдар үшін беріктік запасының бірдей коэффициенттерін белгілеу негізгі кемшілік болып отыр, конструкциондық материалдардың негізгі механикалық қасиеттерін ескере отырып, рұқсат етілетін кернеулерді және беріктік запасының коэффициенттерін анықтау үшін аналитикалық шешімдер табылған жоқ. МЕМСТ 14249—80 сәйкес тек аустениттік болат үшін тұрақсыздық шегі (шт = 1,3) бойынша беріктік қоры коэффициентінің аз мәнін қолдану рұқсат етіледі.

Рұқсат етілетін кернеулер бойынша есептеудің негізгі кемшілігі, сондай-ақ беріктік запасының жалпылама сипаты болып табылады. Бір ғана коэффициенттің конструкция қауіпсіздігіне байланысты алуан жағдайларды шынайы көрсетуге мүмкіндігі жоқ. Сонымен қатар, рұқсат етілетін кернеулерді анықтау қолданыстағы әдістері сәйкес емес, өйткені материалдың илемділік және төзімділік резервтерін ескермейді.

Сондықтан конструкцияны дайындау кезінде пластикалық деформациясы туындауын шындығында болдырмау іс-жүзінде мүмкін емес, материалдың жұмысы туралы негізгі алдыңғы шарттары тек серпімді сатысында мүлдем шартты болады. Рұқсат етілетін кернеулер бойынша есептеу беріктіктің созылу мен иілу элементерінің нақты қоры әртүрлі болуына әкеледі. Конструкцияның ең жоғарғы жұмыс істеу қабілеті сол немесе өзге кернеулер жетістіктерімен анықталмайды, ал конструкция ары қарай жүктеме өсуін қабылдауға қабілетті емес болған жағдайдағы жетістіктерімен анықталады .

Беріктік запасының коэфициенттерін жүктеу жағдайының үш түріне қатысты таңдалған: статикалық, ауыспалы — нөлден ең жоғарғыға дейін, ауыспалы — ең көп оңнан теріс анықталған шамаға дейін. Конструктор беріктік запасының коэффициенттерін өзінің жеке тәжірбиесін немесе

1 Штрихы бар параметрлер дәнекерлеу байланыстарының параметрлеріне жатады.

конструкция жасаған ұйымның тәжірбиесін негізге ала отырып таңдады. Қазіргі уақытта коэффициент сенімділігі мен беріктік запасының коэффициентін қолдана отырып, тек рұқсат етілетін есептік кернеулерін анықтауға ғана ұмтылмайды, сонымен қатар конструктивтік, технологиялық және материалтану – әртүрлі факторларды ескереді.

Әдетте беріктік запасының п жалпы коэффициенті күрделі үйлесімді жеке коэффициенттер ретінде өрнектеледі:

$$n = n_1 n_2 n_3 n_4 n_5 n_6 n_7 n_8,$$

мұнда n_1 — жүктеу түрінен тәуелді болатын беріктік запасының коэффициенті (статикалық, динамикалық, ауыспалы); n_2 — әртүрлі жүктеу түрінің оларды анықтау сенімділігінен және осы қасиеттерді қамтамасыз ету дәрежесінен материалдың қасиетінен тәуелді болатын беріктік запасының коэффициенті; n_3 —конструкция нақты ұшырайтын тек жүктеу түрлерінің конструкторлық есептеу кезінде дәлдіктен тәуелді болатын сенімділік коэффициенті; n_4 — конструкция күшіне нақты әрекет етуді ескеретін сенімділік коэффициенті; n_5— метталургиялық, технологиялық және басқа ақаулар мүмкіндіктерін ескеретін сенімділік коэфициенті; n_6 — кернеуді шоғырландырғыштың болуынан тәуелді беріктік запасының коэффициенті; n_7 — конструкция жұмыс істейтін температура мен басқа физикалық (мысалы, коррозия) әсерлерді ескеретін сенімділік коэффициенті; n_8— конструкцияда механикалық кернеуді азайтудың әртүрлі әдістерін қолдануды ескеретін беріктік запасының коэффициенті.

Беріктік запасының жеке коэффициентінен nt, п2, п4, п6 - конструктивтік, п2, п5, п6 — металлургиялық, п3, п4 и п6 — жұмыс жағдайынан тәуелді пайдаланушылық, п6, п7 и п8 — технологиялық есептеулер болып табылады.

Әдетте ол омырылғыш материалдан жасалған элементтер үшін қолданылады, оның металдық сыйымдылығын азайтады және конструкцияның жалпы көтергіш қабілетін анағұрлым дәл бағалауға ықпал ететін шектік жүктеме бойынша есептеу әдістері илемділік материалдар үшін әділ болады.

Шектік жүктеме бойынша есептеу кезінде беріктік жағдайы келесі түрде өрнектеледі:

$$F \le [F] = F_{пр}/n, \qquad (1.10)$$

мұнда, F — жұмыс жүктемесі кезінде әсер ететін күш; [F] — F күшінің рұқсат етілетін мәні; F^ — конструкцияның көтергіш қабілеті таусылған немесе оны ары қарай пайдалануға тіпті мүмкін емес F күшінің шектік мәні.

Осындай есептеуде беріктік қоры кернеу бойынша емес жүктеме бойынша бағаланады. Конструкцияның жекеленген орындарында кернеу [с] мәнінен басым болады.

Атап айтқанда жобалау тәжірибесінде шектік жүктеме бойынша

есептеу принциптеріне жүгіну және ары қарай осы принциптерге сүйену керек екені көрініп тұр. Шектік жүктемелер бойынша есептеу әдісін пайдалану және дәнекерлеу қосылыстар үшін қажет; олардың беріктігін бағалау үшін жұмыс жүктемесі кезінде кернеулі жағдайын ғана емес, сондай-ақ шектік жүктеме кезінде кернеудің бөлінуін қарастырған жөн, яғни жүктеме, конструкцияның көтергіш қабілетін толық жеткілікті білу қажет және осы шектік жағдайын негізге алу керек.

1.1.3. ЗАПАСТЫҢ КОЭФФИЦИЕНТІ БОЙЫНША БЕРІКТІКТІ БАҒАЛАУ

Қазіргі уақытта беріктікті есептеу nQ шектік жүктеме бойынша немесе nL ұзақ мерзімділік бойынша, пс кернеу бойынша беріктік запасының коэффициенттеріне таралған.

Кернеу бойынша беріктік запасының коэффициентін есептеу мына формула бойынша жүргізіледі

$$n_Q = \sigma_{пр}/\sigma_{экв} \geq [n_\sigma], \qquad (1.11)$$

мұнда спр — шектік кернеу; сэкв — (1.4) — (1.7) формулалар бойынша анықталатын баламалы жұмыс кернеуі; [пс] — кернеу бойынша беріктік запас коэффициентінің нормативтік мәні.

Шектік жүктеме бойынша есептеу мына формула бойынша жүргізіледі

$$n_Q = Q_{пр}/Q_{раб} > [n_Q], \qquad (1.12)$$

мұнда $Q_{пр}$ —конструкцияның жұмысқа қабілеттілігінің жоғалуы кезінде жүретін шектік өзіне тән жүктеме; Qpaf3— жұмыстық пайдалану жүктеме; $[n_Q]$ — шектік жүктеме бойынша беріктік қоры коэффициентінің нормативтік мәні.

Егер бөлшектердің ұзақ мерзімділігі есептелсе, онда есептеу ұзақ мерзімділік бойынша беріктік запасының коэффициентін есептеумен толықтырылады:

$$n_L = L_{пр}/L_{раб} > [n_L] \qquad (1.13)$$

мұнда $L_{пр}$ — оның жұмысқа қабілеттілігін жоғалту басталатын кезінде қол жетімділік бойынша пайдалануда конструкцияның шектік жұмыс істеуі; $L_{раб}$ — пайдалануда рұқсат етілетін ретінде қабылданған, жұмыстық немесе нормативтік жұмыс істеуі; [nL] — ұзақ мерзімдік бойынша беріктік запас коэффициентінің қалыпты мәні.

[ns], [nQ], [nL] беріктік запас коэффициенттерінің нормативтік мәні конструкцияны есептеу мен жобалау тәжірбиелер негізінде белгіленеді

және олардың мәнін пайдаланудағы конструкцияның беталысын бақылау нәтижесімен салыстыру және конструкция жауаптылығынан, дайындау технология деңгейінен, материал қасиеттерінің біртектілігінен, жүктеме түрінен, қирату қауіптілігінің сипаты мен дәрежесінен, жүктемені анықтау дәлдігінен және беріктік сипаттамаларынан, басқа факторлардан тәуелді болады.

Беріктік запасы кездейсоқтық оқиғалармен анықталады:

- егер нақты конструкция есептік схемамен ауыстырылса, онда конструкцияның физикалық жағдайының есептік схемасының сәйкестігі жеткіліксіз. Мысалы, цилиндрлік резервуарды арқалық (көлденең қима контуры өзгермейді) немесе қабық (көлденең қима контуры өзгереді) ретінде қарастыруға болады, тағы да мүмкіндік есептік схема қатарларын атауға болады және олардың әрқайсысы конструкцияның қандай да бір ерекшеліктерін бейнелейді;
- жеткізілетін іріктелген параметрлердің шашылуымен.Табақ материал немесе басқа жартылай фабрикаттар өндіретін әрбір кәсіпорын оларды анықталған рұқсат етілетінмөлшермен шығарады, сонымен қатар стандарттар бойынша қалыңдығынан ауытқуларға тек ең аз жағына рұқсат береді. Есептеулерде сонымен бірге не номиналды не кепілдік берілген ең аз мәні алынады, нақты конструкция жартылай фабрикаттардан жасалады, олардың қалыңдығы және басқа өлшемдері кездейсоқ шашылу. Бұл сәйкес келмеуді ескеру қиын;
- кәсіпорынға жеткізілетін шектелген номенклатурасымен сұрыптамасы (жартылайфабрикаттар), сондықтан кәсіпорын талап етілген жартылайфабрикаттан жасалған бейіндер мен түйіндерді дайындауға мәжбүр, сонымен қатар алынған түйіндердің көлденең қима ауданы, олардың инерция кезі есептеуден өте жақсы көрсетіледі жәнебарлық қималары мен түйіндері бойынша теңберіктілік конструкциясында орындауға өте қиын;
- конструкцияның беріктігін эксперименттік тексеру кезінде жүктеу сипатын, сондай-ақ барлық бұйымның жұмыс жағдайы мен оның жеке түйіндерін күрделілікпен толық жаңғырту;
- жоба мен нақты бұйым арасындағы дәлдік сәйкестікті алуға ықпал етпейтін басқа факторлармен — технологиялық, конструкторлық, есептік.

1.1.4. ШЕКТІК ЖАҒДАЙЫ БОЙЫНША КОНСТРУКЦИЯЛАРДЫ ЕСЕПТЕУ

Конструкцияны егжей-тегжейлі зерттеу жүргізілген жұмыстар бірнеше факторлардың кездейсоқ сәйкес келу нәтижесінен апаттар туындайтынын көрсетті: нашар жағына қарай жүктеменің ауытқы, материалдың механикалық қасиеттерінің төмендеуі, қолайсыз жағдайларды пайдалануы, есептеу схемасының дәлсіздіктері және т.б. Конструкция жұмысына ықпал ететін статистикалық есепке алу өзгерткіштік мәні Н.С.Стрелецкий басшылығымен отандық ғалымдармен әзірленген шектік жағдайы бойынша есептеу әдісінде өз орнын тапты.

Қазіргі уақытта шектік жағдайы бойынша есептеу әдісінің көмегімен барлық өндірістік және азаматтық ғимараттарды, көпірлерді, сондай-ақ жинақтау (машина жасау конструкция саласына жататын түйіндер мен бөлшектерді қоспағанда, әлі бұрынғы рұқсат етілетін кернеулер бойынша есептелінетін) құралдарды есептейді.

Конструкцияның немесе бөлшектердің осындай қауіпті немесе қажетсіз жағдайлары болады,оларды пайдалану мүмкін емес. Осындай жағдайларды шектік жағдай деп атауға болады. Техникада шектік жағдайлары ретінде оны қирату, элементің тұрақтылығын жоғалту, рұқсат етілмеген шамадағы және басқа да бірқатар деформациялар немесе орын ауыстырулар материалдың тұрақсыздық шегіне қол жеткізуін қабылдайды.

Шектік жағдай конструкция материалының қасиеттері мен механикалық және физикалық, химиялық пайдалану факторына байланысты ажыратылады. Осы әртүрлілікке байланысты аралық жағдайын, форманың шектік жағдайын жоғалтуды қоса алғанда келесі тән шектік жағдайлары мен олардың белгілерін бөлуге болады:

- илемділік материалдан жасалған иілмелі арқалықтар соңғы талшықтарда тұрақсыздық немесе кернеуді біркелкі емес бөлу кезінде дөңгелек сырықтың бетінде бұрау кезінде материалдың тұрақсыздығы басталады;
- қарастырылып жатқан элементтің геометриялық өзгермеуін жоғалтуға әкелетін және оны қозғалмалы жүйеге айналдыратын пластикалық деформацияны макроскопиялық облысында тарату;
- сырғығыштық, илемділік салдары; тұтастығын жоғалтудың шектік жағдайы;
- тұрақсыздықтан озық омырылғыш қирау жарықтарының пайда болу;
- қажулық жарықтардың пайда болуы.

Конструкцияны есептеу оған қолданыстағы жүктемелердің күшін анықтаудан және көрсетілген шектік жағдайы тобының есептік шарттарын қамтамасыз ететін көлденең қима элементтерінің қажетті өлшемдерін белгілеуден тұрады.

Шектік жағдайын есептеу барысында жүктеме туралы мәліметтерді басшылыққа алады және осы кернеулер кезінде беріктік сипаттамасы бойынша туындайтын эксперименттік деректерді пайдаланады. Шектік жағдайды болдырмау үшін беріктік запасының коэффициенті

тағайындалады немесе кездейсоқ оқиға сияқты шектік жағдайының аз ықтималдығы қалыптастырылады.

Есептеудің кез келген әдісі сол немесе өзге шектік жағдайымен жүргізіледі. Алайда егер рұқсат етілетін кернеу бойынша есептеу кезінде шектік жағдай критерий ретінде көтергіш қабілетін қирату немесе жоғалту болып табылады, онда шектік жағдайды есептеу кезінде өзге принципті конструкцияны пайдалануды тоқтату критерийі. Осындай критерий айтарлықтай кең ұғымды, өйткені пайдалануды тоқтату әртүрлі жағдаймен, оның ішінде көтергіш қабілетін жоғалтумен де туындауы мүмкін. Бұйымның беріктік сипаты мен конструктивтік формасынан басқа пайдалану критерийі конструкцияның тағайындау мен жауаптылық сияқты сипаттарын, оны пайдалану ұзақтығы мен шарттарын, экономикалық түсініктерді және т.б. қамтиды. Нәтижесінде мұндай критерийлер анағұрлым икемді және жан-жақты болып көрінеді.

Өзінің табиғаты бойынша кездейсоқ, нормада ұсынылған кейбір нормативтік мәнімен, ал олардың өзгергіштік сәйкестік коэффициенттерімен ескерілетін ықпал етуі барлық бастапқы шамалар шектік жағдайы бойынша есептеудің тән ерекшеліктері табылады.

Шектік жағдайы бойынша есептеудің мақсаты — конструкцияның барлық қызметтік мерзімі бойына пайдалану кезінде шектік жағдайына түсуге жібермеу болып табылады.

Болаттан жасалған конструкция үшін шектік жағдайының келесі типтері мүмкін (немесе олардың комбинациялары): пластикалық деформациялау, тұрақтылықты жоғалту және материалды қирату (тұтқырлы, омырылығыш, қажулық).

Бірінші шектік жағдайы — көтергіш қабілеті бойынша (материалдың беріктілік, тұрақтылық пен қажулық), конструкция сыртқы әсерлерге қарсы тұру қабілетін жоғалтуға қол жеткізеді және конструкцияны ары қарай пайдалануға рұқсат бермейтін қалдық деформацияларды алады (шектік жағдайдың бірінші тобы).

Екінші шектік жағдайы — статикалық және динамикалық жүктемелерден болған деформация бойынша, беріктілік пен тұрақтылықты сақтайтын конструкцияда ары қарай пайдалануға мүмкіндік бермейтін деформация немесе тербеліс пайда болуға қол жеткізеді (шектік жағдайдың екінші тобы).

Үшінші шектік жағдайы — жергілікті зақымдар бойынша (жарықтар пайда болуы және ашып көру), беріктілік пен тұрақтылықты сақтайтын конструкцияда жарықтар (немесе оларды анықталған шамаға дейін ашу) ары қарай пайдалануды (қымтауды жоғалту, коррозия қаупі және т.б. салдарынан) қанағаттандырмауға қол жеткізеді (шектік жағдайдың үшінші тобы).

Шектік жағдайды есептеу әдістерінің негізгі теңдеуі келесі түрде түрленеді:

шектік жағдайдың бірінші тобы үшін

$$F \leq \Phi, \qquad (1.14)$$

мұнда, F — элементтегі ең жоғарғы (есептік) күштің мүмкіндігі, F= $\sum p_i^H n_i \alpha$; p_i^H — г-го элементтің нормативтік жүктемесі; щ — г'-го элементтің мүмкін болатын асқынжүк коэффициенті; а — ықпал ету саны (Рн = 1 Н кезінде элементтегі күш); Ф — элементтің шектік көтергіш қабілеті , Ф = иянт/к = URm; U — геометриялық фактор; Rн— созуға арналған нормативтік кедергі; m — жұмыс жағдайының коэффициенті; к — материалдың біртектілік коэффициенті; R — конструкцияның есептік кедергісі;

шектік жағдайдың екінші тобы үшін

$$\delta < \delta_{пр}, \qquad (1.15)$$

мұнда, δ — нормативтік жүктеме әсерімен элементтің деформациясы немесе орын ауыстыруы, δ =$\sum p_i^H \delta_i$; δ_i — бірлік жүктемеден болған деформация немесе орын ауыстыру; $\delta_{пр}$— қалыпты пайдалану мүмкіндігін анықтайтын деформацияның шектік шамасы;

шектік жағдайдың үшінші тобы үшін шектік жағдайының түрі

$$e \leq e_{пр}, \qquad (1.16)$$

мұнда, е — жарықтарды нақты ашу; епр — жарықтарды шекті ашу.

Есептеу нормасы күшінің (кернеу) мәні, нормативтік құжаттар анықтайтын сыртқы әсерлердің шектік мәнінен аспайтын есептеуінде ескерілетін деформация (орын ауыстыру) және жарықтар өлшемі негізгі талаптар болып табылады.

Материалдың механикалық қасиеттерінің статикалық өзгергіштік пен жағдайын бақылауды есепке алу күштері әсер ету арқылы белгіленген нормамен жобаланған материалдың негізгі кедергі параметрі RK нормативтік кедергі болып табылады. Илемділік болаттың нормативтік кедергісі ретінде металға нормативпен орнатылған тұрақсыздық шегінің ең аз бақыланатын (жарамсыздық) мәнін қабылдайды. Тұрақсыздықтың шарты шегі ретінде анық өрнектелген тұрақсыздықтың алаңдары жоқ болса, онда е= 0,2% созу кезінде қалдық салыстырмалық ұзаруға сәйкес о02 кернеуін қабылдайды.

Алюминийлі қорытпаның нормативтік кедергісі ретінде 0,7ов мен от екі шаманың ең аз шамасын қабылдайды.

Шектік жағдайы бойынша есептеу кезінде әр түрлі конструкцияда беріктіктің нақты қорын теңестіру мақсатында нақтылы конструкция

жұмысының әртүрлі ерекшелік (m = 0,8...0,9 жұмыс жағдайының коэффициенті) жағдайын және конструкцияның асқынжүк (п = 1,0...1,2 асқынжүк коэффициенті) мүмкіндіктерін, материалдың (к — материалдың біртектілік коэффициенті оның sh нормативтік мәніне от ең аз мүмкіндік мәнінің қатынасы) қасиеттерін ескеретін коэффициенттерді шығарады. m жұмыс жағдайының коэффициенті F күші де, R есептік кедергісі де кірмейтін материал сапасы мен есептемелері ескерілмейтін элементтің жұмыс істеу жағдайына байланысты болады.

Осы коэффициенттер конструкцияның нағыз жұмыс жағдайын анықтау бойынша өзгеруі мүмкін және сонымен қатар басқа коэффициенттер шығарылуы мүмкін.

Сондықтан, қарастырылатын элементте әрекет ететін есептік күштер құрайды

$$F= nF^{н},$$

мұнда, Fн — нормативтік құжаттар бойынша анықталатын нормативтік жүктемеден болған күш.

Егер созумен жұмыс істейтін металды конструкцияны пайдалану металдың (мысалы, ішкі қысымға ұшырайтын, құбыржолдар, цилиндрлік сыйымдылық және өзге конструкциялар) тұрақсыздық шегіне жеткеннен кейін де мүмкін, онда нормативтік кедергі ретінде ов созу кезінде беріктік шегінің ең аз бақыланатын мәнін қабылдайды.

Материал қасиетінің біртектілігін ескере отырып, нормативтік кедергілер ҚНжҚ II-23—81* сәйкес дәнекерленген және бұрандалық қосылыстар, болаттық илемдер үшін қабылданатын есептік кедергімен ауыстырылады

$$R= kR^{н}, \qquad (1.17)$$

R есептік кедергі деп түсінуге болады:

- қажалу кедергісін бағалау кезінде — элементтің (асимметрия циклін, коэффициенттердің концентрациясы мен жүктеменің өзгеру циклінің санын есепке алумен) төзімділік шегі, қажалу сынағы бойынша біртектіліктің сәйкес коэффициентіне көбейтілген (к = 0,9), шашыранды сынақ нәтижелерін сипатайтын және ум материалы бойынша сенімділік коэффициентіне бөлінген, металдың механикалық қасиеттерін өзгеру мүмкіндігін олардың төмендеу жағына қарай, теріс рұқсаттар стандартарымен орнатылғандардан қима илем алаңдарының азаю мүмкіндігін сипатайтын;
- R= Rn/gu тұрақты кернеулер кезінде беріктікті бағалау кезінде — ум материалы бойынша сенімділіктің сәйкес коэффициентіне нормативтік (ат нормативтік) кедергі қатынасы; көміртекті болат үшін ум = 1,05, төмен қоспаланған болат үшін — ум = 1,1; сондықтан, материал жұмысына қатысты шектік жағдайы оның жүктемені ұғыну қабілетін

толығымен жоғалтуды қабылдаған, конструкцияны ары қарай пайдалануға кедергі болатын үлкен пластикалық деформациясы болады; нормативтерге сәйкес қабылданатын конструкцияның жауаптылық дәрежесіне байланысты кейбір жағдайларда, сондай-ақ конструкцияның ус жұмыс жағдайының коэффициенті мен уп тағайындау бойынша сенімділік коэффициентін ескереді;

- тұрақтылықты бағалау кезінде — (фб) иілетін немесе (j, фвн) қысылатын элементтердің көтергіш қабілеттерін азаю коэффициентін беріктік коэффициентінің есептік кедергісіне көбейту.

Тұрақсыздық шегі бойынша есептік кедергі 1,025-нен 1,15 дейін тең деп қабылданған болаттың маркасына байланысты ум материалы бойынша сенімділік коэффициентіне от болаттың тұрақсыздық шегінің қатынасы ретінде анықталады. .

Есептік кедергі төменкөміртекті болат үшін 0,9 тең металдың біртектілік коэффициентіне көбейтілген, от тең деп белгілейді; осыдан, есептік кедергі R= 0,9от.

Есептік кедергі мәні кестеленген.

Қарастырылатын элементте ең жоғары ықтимал күші оның ең төменгі көтергіш қабілетінен кем болуы тиіс. Мысалы, созылу RK нормативтік кедергі материалдан жасалған А көлденең қима ауданымен созылған білік үшін келесі теңсіздікті қанағаттандыруы тиіс

$$nF^{н} \le mkR^{н}A. \qquad (1.18)$$

Рұқсат етілетін кернеулер бойынша есептеу кезінде сол оқиға үшін теңсіздік ұстамды болуы тиіс

$$\sigma = \frac{F}{A} \le [\sigma] = \sigma_T K \qquad (1.19)$$

(1.18) және (1.19) өрнектерді салыстырудан шығады, К конструкцияның тұрақтылығы бойынша беріктік запасының коэффициенті,

$$K = \frac{n}{mk}, \qquad (1.20)$$

яғни, шектік жағдайы бойынша есептеу кезінде рұқсат етілетін кернеулер бойынша есептеу кезінде тұрақтылықтың орнына дифференцияланған беріктік запасының коэффициенті орнатылады. Пара-

метр Rmмәні бойынша рұқсат етілетін n - кернеуді білдіреді [o].

Сондықтан, рұқсат етілетін кернеу бойынша есептеу әдістері асқын жүктеудің барлық коэффициенттері бірдей болып қабылданғанда алынатын бірінші шектік жағдайы бойынша есептеу әдістерінің жеке оқиғасы болып табылады. Осыдан бірінші шектік жағдайы бойынша және рұқсат етілетін кернеу бойынша есептеу тәсілі бірдей екенін көруге болады; тек шектік жағдайы бойынша есептеу кезінде жүктемені өзінің коэффициентімен, ал рұқсат етілетін кернеу бойынша есептеу кезінде – коэффициентсіз қабылдау қажет; шектік жағдайы бойынша есептеу кезінде шектік кернеу үшін есептік кедергіні, ал рұқсат етілетін кернеу бойынша есептеу кезінде – рұқсат етілетін кернеуді қабылдауы тиіс.

Элементте рұқсат етілетін күш бойлық күш кезінде мына формуламен анықталады:

$$[F] \leq R\frac{m}{n} A,$$

мұнда, А —элементтің қима ауданы. F есептік күші [F] артық болмауы тиіс.

Ұқсас жолмен иіліс кезінде рұқсат етілетін моментін табайық

$$[M] < R\frac{m}{n} W, n$$

мұнда, W —элементтің қима кедергі моменті.

Дәнекерленген жіктерді созуға сапасын бақылау әдістері, сондай-ақ дәнекерленетін болатты созу және қысу нормативтік кедергілеріне тең деп қабылданатын автоматты түрде дәнекерлеуді бұзбайтын есептік кедергісні қолданады. Қиықтарды түйістіру жіктерінің есептік кедергісі R' =0,6R (дөңгелектеумен) тең деп қабылданады, ал созу, қысу және қиық бұрыштық жіктердің есептік кедергілері R-^ = 0,7R тең деп қабылданады.

ҚНжҚ ПА.10—79 және СЭВ 384—76 стандарттарында көрсетілген шектік жағдай әдістерінің ұсынылатын тән ерекшеліктері бар. 1971 жылдан бастап шектік жағдайының бастапқы үшеуінің орнына екі топты қарастырды: I топ — көтергіш қабілетін жоғалту немесе пайдалануға толығымен жарамсыз бойынша; II топ — қалыпты пайдалануға жарамсыз бойынша (нормада немесе тапсырмада технологиялық жағдайымен қарастырылғанмен сәйкес қандай да бір шектеусіз жүзеге асырылатын пайдалануға қалыпты деп саналады). Әрине, бұл нормативтік құжаттар шектік жағдайдың сапалық және сандық критерийлерін конструкция типтері бойынша белгілей алмайды, бірақ та жалпы формада оларды ұстайды. Сонымен қатар есептеу конструкцияның барлық қызмет көрсету

мерзімі бойына шектік жағдайға келуіне жібермеу мақсатында орындалады.

Сонымен, металды конструкцияның шектік жағдайын бағалау үшін есептік формула табылады

$$\sum \sigma_i n_i \le \sigma_T km = \text{Rm}, \tag{1.21}$$

мұнда с, — есептік жүктемеден бір амалмен туындаған нақты нүктедегі кернеу.; nt— есептік жүктеменің мүмкіндік шектен шығу коэффициенті; ст — беріктіктің нормативтік шегі (болат үшін тұрақсыздық шегі); к — материалдың кездейсоқ өзгеру кедергісін ескеретін коэффициенті (әдетте болат үшін Ст3 к = 0,9, қоспаланған болат үшін к = = 0,85...0,75, құйылған болат үшін к = 0,75); т —конструкция жұмыс жағдайының коэффициенті, т = т1т2; т1 — жауаптылық коэффициенті, бұл конструкция элементін тағайындау және конструкцияны қолдану облысынан тәуелді мәні, т1 = 0,85.1,05; т2— элементтің жұмыс ерекшеліктерін немесе конструкция бөліктерін ескеретін коэффициенті, т2 = 0,8.0,9; R— материалдың есептік кедергісі.

Шектік жағдайының екінші тобы бойынша есептеу кезінде шарттар (көптеген оқиғаларда майыстыру бойынша) сақталуы тиіс

$$\frac{f}{L} = \left[\frac{1}{n_0}\right], \tag{1.22}$$

яғни, салыстырмалы майысу f/L (L— тіреулер арасындағы арқалық ұзындығы), нормативтік жүктеме әрекет ету кезінде анықталған, осы конструкция түрі үшін ([1 /п0] шектік майысуы белгіленген нормадан артпауы тиіс. Шамасы [1/n0] материал қасиетіне, конструкция ерекшеліктеріне, жұмыс жағдайына байланысты болады және 1/100.1/600 құрайды.

Конструкцияны жобалау үшін шектік жағдайдың бірінші тобы бойынша есептеудің айтарлықтай мәні бар, өйткені конструкцияны тиімді жобалау кезінде шектік жағдайы екінші топтың талаптарын қанағаттандыруы тиіс. Илем мен құбырдың есептік кедергілері келесі түрде анықталады:

созу, қысу және иіліс кезінде (тұрақсыздық шегі бойынша)

$$R\sigma_T = R\sigma_T^H / \gamma_m; \tag{1.23}$$

созу, қысу және иіліс кезінде (уақытша кедергі бойынша)

$$R\sigma_B = R\sigma_B^H / \gamma_m ; \quad (1.24)$$

ығыстыру кезінде

$$R_{сдв} = 0{,}58 R_{сдв}^H / \gamma_m ; \quad (1.25)$$

илемді қалыңдығы бағытында созу кезінде

$$R_{сдв} = 0{,}5 R\sigma_T^H / \gamma_m . \quad (1.26)$$

Егер қазіргі уақытта жеке оқиғаларда есептеу кезінде дайындау технологиясының әсер етуін ескеруге ұмтылады, онда оны рұқсат етілетін кернеулерде, шектік жүктемеде түзету коэффициенттерін енгізумен орындайды. Осындай тәсілдер материалды артық жұмсауға әкеледі, сондықтан бұл коэффициенттерді (әдетте төмендететін) олар керек емес жерде де қолдануға тура келеді және олар сенімділік кепілдеме бермейді, өйткені конструкция және оның дәнекерленген қосылыстар жұмысының барлық көптүрлі нақты жағдайларын ескеруге ықпал етпейді.Сондықтан технологиялық факторлар ескерілетін тұрақтылық пен беріктіктің нақтыланған есептеу әдістері қажет.

Есептеу әдістерін жетілдіру қортындысы жүктеменің анағұрлым қауіпті тіркеулерін анықтау, конструкция элементтері үшін тиімді материалдарды таңдау, есептегіш техниканы және т.б.ұ. техниканы пайдалану, конструкция схемасының негізделген есептеулерін қолдану болып табылады. Дәнекерленген қосылыстарды жетілдірудің басты бағыты қосылыстардың көтергіш қабілетті мен сенімділігі және дәнекерленетін элементтердің, оларды орындауға ең аз мөлшерде шығындар жұмсау кезінде қажетті деңгейде қаматамасыз ету болып табылады.

Көрсетілген міндетті шешу кезінде айтарлықтай маңызды мәселелердің бірі дәнекерленген қосылыстарды есептеуде олардың есептік кедергісін белгілеуді есепке алып тәсілдерді жетілдіру болып табылады.

1.1.5. БЕРІКТІКТІ ЫҚТИМАЛДЫ БАҒАЛАУ

Әсер етудің материал кедерегісінен айырмашылығы, әдетте кездейсоқ сипаты бар, сондықтан жалпы конструкцияны есептеу ықтималдық әдістерін қолдана отырып сенімділік теориясының пәнін ұсынады. Конструкцияны инженерлік есептеуінің түпкі нәтижесі белгіленген мерзім бойына сенімді қызмет көрсете ала ма деген мәселенің шешуі болуы тиіс,

сондықтан конструкцияның сенімділк теориясын дамыту қажет.

Дегенмен «сенімділік теориясы» термині 1950 жылдардың ортасында пайда болды, сенімділікті есептеудің мәні бұрыннан инженерлермен жүргізіледі. Рұқсат етілетін кернеу және беріктік запасының коэффициенті бойынша конструкцияны есептеу механикалық сенімділікті бағалау (немесе қамтамасыз ету) жартылай эмпириялық әдістерді білдіреді.

Барлық есептеулерде дәнекерленген конструкцияның ұзақ мерзімділігі уақытының факторлары елеулі рөл атқаруы тиіс. Осы факторларды есепке алмаса конструкцияны беріктікке есептеу барысында, онда барлық пайдалану мерзімі бойына физикалық және инженерлік мәнінен айырылады. Конструкция уақытпен пайдаланылады, одан тыс жерде пайдаланылмайды. Уақытта жүктеме өзгереді, уақытта пластикалық деформацияны жинақтау, қажалу зақымдары, коррозиялық тозу және т.б. процестер жүреді. Уақыт факторын есепке алмаған есептеу әдістеменің авторлары ескертпенің тұтас жүйелерін және эмпириялық коэффициенттерін енгізуге мәжбүр.

Конструкцияның инженерлік есептеуінің түпкі нәтижесі белгіленген мерзім бойына сенімді қызмет көрсете ма деген мәселенің шешуі болады; сондықтан конструкцияның сенімділік теориясын дамыту қажет.

Бірақ әлі күнге дейін консрукцияның сенімділік міндеттерін шешу үшін толық көлемдегі қажетті ақпараттар жоқ. Сыртқы әсер етулер туралы және жүйелердің қасиеттері туралы кең таралған статистикалық мәліметтер талап етіледі.

Форма бойынша конструкцияны есептеудің қолданыстағы нормалары детерминистикалық болып табылады. Есептеу қатаң берілген жүктемелердің кейбір әрекетінен туындайтын күшті, кернеуді, деформацияны және басқа факторларды есептеуге және осы факторларды материалдар мен конструкцияның тұрақты сипатынан тәуелді мәндерімен салыстыруға әкеледі. Барлық осы детерминистикалық мәндердің шартты, номиналды сипаттары бар.

Шын мәнінде қажетті параметрлер запасының коэффициент жүйесін енгізу жолмен ескерілетін кездейсоқ шамалар немесе кездейсоқ функциялар болып табылады.

Конструкцияның есептеу нормасында запас коэффициенттерінің ішінен материалдың механикалық қасиеттерінің өзгергіштігін, жүктемелердің өзгергіштігін, сондай-ақ конструкцияның жұмыс жағдайын ескеретін коэффициенттерді бөлу жолымен сараланған.

Есептеу әдістері ары қарай шектік жағдайы бойынша айтарлықтай жетілдірілді, атап айтқанда есептеу коэффициенттерінің жүйесі кеңейтілді, ол енді өзіне ум— материал бойынша, уп — тағайындау бойынша, уF — жүктеме бойынша сенімділік коэффициенттерін, уи — есептеу кезінде уақытша кедергі және ус - жұмыс жағдайының коэффициенттерін жатқызады.

Жалпы сенімділік (запасының) коэффициент орнына үш – бес есептік

коэффициенттерді пайдалану осы коэффициенттермен ескерілетін конструкциясының жеке факторлар көтергіш кабілетіне әсер етуін дәлірек бағалауға ықпал етеді. Алайда есептік формулада қабылданған формада коэффициенттерді үйлестіру – оларды көбейту немесе бөлу жолмен конструкцияның сенімділігіне бірлесіп ықпал ететін факторлар туралы дұрыс ұғым бермейді.

Осы принциптерде негізделген конструкцияны есептеу әдістері ықтималдық немесе статистикалық деп аталады. Конструкцияны есептеудің әзірлеу түрінде ықтималдық әдіс шектік жағдай бойынша есептеу әдістеріне қарсы қойылмайды, ал оның логикалық дамуы болып табылады және конструкцияның нақты жұмыс істеу жағдайына статикалық есептеулерді жақсы жақындатуды қамтамасыз етеді.

Болаттан жасалған конструкцияларды жобалау тәжірбиесіне ықтималдық есептеу әдістерін енгізу есептік элементтердің салмағын 5...7 %-ға азайтуға ықпал етеді.

1.2. ДӘНЕКЕРЛЕНГЕН БАЙЛАНЫСТАРДЫ ЕСЕПТЕУ ЖӘНЕ ЖОБАЛАУ

1.2.1. ДӘНЕКЕРЛЕНГЕН БАЙЛАНЫСТАРДЫҢ ТИПТЕРІ

Стандартарда дәнекерленетін жіктердің негізгі типтері мен конструктивтік элементерінің келесі анықтамалары қабылданған:

- дәнекерленетін жік — дәнекерленген бөлшектерді қосатын жазып тегістеуден кейін қатып қалған металл;
- дәнекерленген қосылыс — дәнекерлеу жіктер көмегімен қосылатын бөлшектер жиынтығы;
- жиектер — дәнекерленетін бөлшектердің шетжақ жиектері.

Дәнекерленетін жіктің типі дәнекерленетін бөлшектер жиектер көлденең қимасының формасы және оны орындау технологиялық ерекшеліктер қосылыстар типімен анықталады. Сол немесе өзге қосылыстар типін таңдау конструкцияны белгілеуге, жұмыс жағдайына, технологиялық мүмкіндіктер мен дәнекерленіп қосылған металсыймдылықтарға байланысты болады.

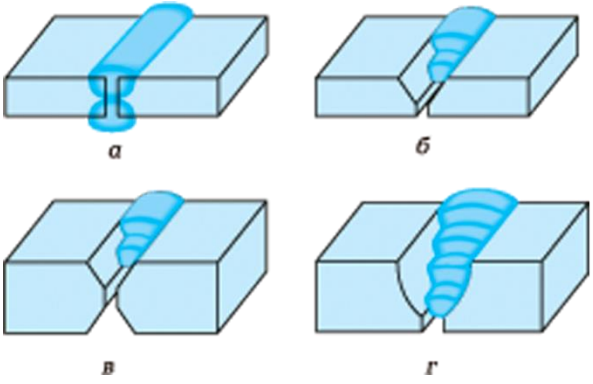
Қосылыстардың конструктивтік формасы, өлшемі мен сапасы дәнекерленген конструкцияның жұмыс қабілеттілігін анықтайтын негізгі белгілері болып табылады.

Дәнекерленген қосылыстардың негізгі типтері түйіспелі, бұрышты, айқастырғыш және таврлық қосылыстар болып саналады; осы

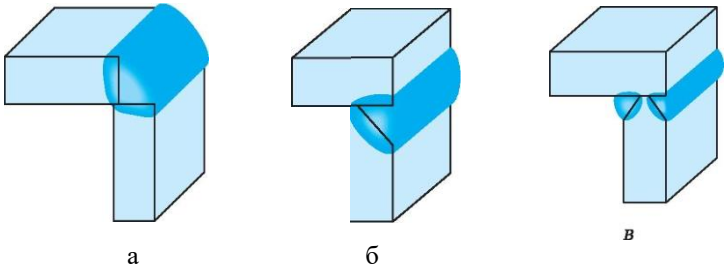
қосылыстардың конструктивтік элементтері және олардың өлшемдері стандартқа сәйкес анықталады.

Түйіспелі қосылыстар — бұл бір жазықта немесе бір бетте орналасқан екі элементтің дәнекерленген қосылысы (1.1-сурет), түйіспелі қосылыстар жүктеу түрлерінің барлығында өте қарапайым, сенімді және жұмысқа қабілетті, сондықтан оларды дәнекерленген конструкцияның аса жүктелген және жауапты түйіндерінде қолданады.

Қосылатын элементтердің қалыңдығы мен дәнекерлеу әдісіне байланысты қосылыстарды жиектері өңдеуге жатады және өңдеуге жатпайды деп ажыратуға болады. Қосылыстардың түйіспелі жіктер формасы қолмен, сондай-ақ механикаландыру дәнекерлеу кезінде де шамамен бірдей.



1.1-сурет. Түйіспелі қосылыстар: а — жиек қиғаштық кесігі жоқ; б — жиек V- тәрізді қиғаштық кесікпен; в — жиек Х-тәрізді қиғаштық кесікпен; г — жиек қисық сызықты қиғаштық кесікпен

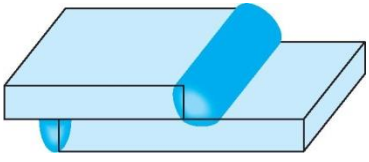


1.2-сурет. Бұрыштық қосылыстардың конструктивті әзірлеу: а — жиек қиғаштық кесігі жоқ; б —жиек бір қиғаштық кесікпен; в — жиек екі қиғаштық кесікпен.

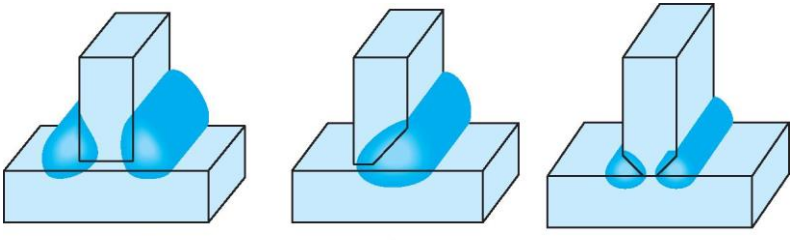
Түйіспелі қосылыстар арқалықтарда, бағаналарда, әсіресе оларды табақты (резервуарларда, газгольдерлерде, құбыржолдарда және т.ұ.т.) конструкцияларда пайдалану мақсатқа лайық; осы қосылыстар тиісті қымтауды қамтамасыз етеді, сапасын бақылаудың физикалық әдістеріне ыңғайлы, үнемді және дәнекерлеу қосылыстардың басқа типтерімен салыстырғанда айтарлықтай кернеу концентрациясы аздығымен сипатталады.

Бұрыштық қосылыстар (1.2-сурет) негізінде доғалық дәнекерлеумен орындалады. Элементтер қалыңдығына және жіктерге қойылатын талаптарына байланысты бұрыштық қосылыстар элементтері жиекті бөлшектеу және бөлшектеусіз үздіксіз бір және екі жақты жіктермен қосуға болады. Жүктемені қабылдайтын бұрыштық (жұмыстың бұрыштық жігі) жіктер үздіксіз, ал дәнекерлеуші (қосатын) — үздіксіз ретінде сол сияқты үзілісті немесе нүктелі болуы тиіс.

Айқастырғыш қосылыстар, тойтармалы конструкцияда пайдаланылады, дәнекерлеу конструкциясында да кең таралған (1.3-сурет). Оларды жапсырмалы арқалықтарда, торкөзді конструкцияларда, элементтердің топса қосылыстарында және т.б. дайындау кезінде қолданады. Айқастырғыш қосылыстар метал артық жұмсалатындықтан түйіспелі қосылыстармен салыстырғанда жеткілікті үнемді және анағұрлым берік; қима қосылыстарындағы күш ағындарының біркелкі бөлінбеуі кернеудің өткір концентрациясын тудырады, сондықтан оларды ауыспалы жүктеме және төмен температура кезінде жұмыс істейтін конструкцияда қолдануға кеңес бермейді. Айқастырғыш қосылыстардың жетістігі — оларды жинау және дәнекерлеу, дәнекерленетін жиектерді бөлшектеудің қажеті болмайтын көп емес еңбек сыйымдылығы.



1.3-сурет. Айқастырғыш қосылыс



а *б* *в*

1.4-сурет. Таврлық қосылыстар: а — қиғаштық кесігі жоқ жиек; б — бір қиғаштық кесікпен жиек ; в — екі қиғаштық кесікпен жиек.

Айқастырғыш қосылыстар дәнекерлеу кезінде қолданылатын әдістеріне байланысты көптеген көптүрлі конструктивтік формамен ерекшеленеді. Бұрыштық жіктер бір табақтың (дөңгелек немесе сопақтау) саңылау контурында немесе айқастырылған жиектерінде қолданылады. Элементтің беті бойынша жапсырылатын жіктер қосылысының доғалық немесе байланыстырғыш дәнекерлеумен орындалған жіктері үзілісті немесе үзіліссіз болуы мүмкін.

Айқастырғыш қосылыстардың әр түрлілігін жапсырмамен қосу болып табылады, олар дәнекерленген түйіндер үшін тән емес, бірақта кейбір жағдайларда оларды екі табақты қосу үшін қолданады (мысалы, эксцентриситет қосымшалар күшін алып тастау үшін екі жақты жапсырмалар, түйіспелі қосылыстарды күшейту үшін — бір жақты жапсырмалар пайдаланылады). Осындай қосылыстар технологиялық емес, сондықтан жапсырманы орнатар алдында дәнекерлеу жіктерін өңдеу қажет.

Сыртқы күш әсер ету сызығына қатысты бұрыштық жік орналасуына байланысты маңдайшалы және қанаттық жіктер деп ажыратуға болады. Қанаттық деп сыртқы күш әсер ету сызығына параллелдік дәнекерленген жіктерді, ал маңдайшалы — күш әсер ету сызығына перпендикулярлық жіктерді айтады. Таврлық қосылысытарда олардың элементтері өзара перпендикулярлық жазықта орналасады және иілісте айрықша жұмыс істейді (1.4-сурет). Таврлық қосылыстар әртүрлі арақалықтар өндіру, күшейтілетін элементтер (диафрагма, қатандық қырлар, кронштейндер) орнату, конструкцияларға жақтаулар және басқа құрылымдар дайындау кезінде қолданылады.

Атап өту қажет, элементтердің қалыңдығы 10 мм артық таврлық қосылыстар жіктердің тамыры шалапісірілген мүмкіндігінен ауыспалы және соққылық жүктемелер кезінде нашар жұмыс жасайтын, жиектерді бөлшектеусіз орындалады.

1.2.2 ҚАЛДЫҚ ДӘНЕКЕРЛЕУ КЕРНЕУЛЕРІ

Дәнекерлеу бұйымдарын жасау кезінде олардың спецификалық екершеліктерін ескеріп, әсіресе жауапты белгілеу қажет (металдың

құрылымдық және механикалық біртектілік емес дәнекерлеу жіктер аймағының төңірегінде металда дәнекерлеу жіктер технологиялық ақауларының бар болу мүмкіндігі жұмыс кернеуіне қатысты алғанда сәтсіз болжалды болады). Дәнекерлеуден кейін арнайы өндеуден өтпеген бұйымдар үшін қалдық дәнекерлеу кернеуін ескеру қажет.

Дәнекерлеу кезінде қызу дәнекерлеу жүріп жатқан элементтің әртүрлі қималарында біркелкі температураның тарамауы өткір айқындалған жергілікті сипаты болып табылады және жоғары жылдамдықпен жүреді. Элемент нүктелерінде бірнеше уақыт аралығында температураның өзгеруі осы нуктелерде барлық бағытта температуралық деформацияларды тудырады және уақытша кернеулердің туындауына әкеледі. Бірақ, температуралық деформацияны қандай да бір бағытта қыздыруға тыйым салынған болса, онда материалда еуп серпімді деформация және оларға сәйкес s= еупE(T) кернеулер пайда болады, мұнда, E(T) — T осы температура кезінде қалыпты серпімділіктің модулі.

Кернеу – деп өзі әрекет ететін алаңға жататын күштерді айтады. Деформация — сыртқы немесе ішкі күштердің әсер етумен дене формасы мен өлшемінің өзгеруі.

Дәнекерлеу кезінде температуралық өріс шөгу құбылыстарын және деформацияның қарқынды дамуын тудырады. Біркелкі жергілікті қыздырмау кезінде қосу аймағында бөлшектің қалған бөліктерінде теңгерілген кернеулермен созу, қысу кернеулер пайда болады. Ары қарай салқындату кезінде біркелкі емес көлемді өзгерістер жүреді, бұл пластикалық деформациялау және жіктер аймағында кернеу созуларының пайда болу нәтижесі ретінде болады.

Тілімді түйістіріп дәнекерлеу кезінде пластикалық деформациясы мен кернеулердің пайда болуына және дамыту үшін ықшамды механизмді қарастырайық. Оймен осы тілімдерді жіктер осіне параллель болатын жеке шексіз жіңішке өзектерінің жазықтарына бөлеміз және оның ішіндегі біреуін қыздыру және суыту кезінде деформациялау процесін қарастырамыз. Өзекті қыздыру кезінде шамасы e = aT ұзарады, мұнда a — өзек дайындалған материалдың сызықты ұлғаюының коэффициенті; T — қыздыру температурасы. Өзектің қозғалмайтын қапталдары ұзартуға тойтарыс береді, ол жерде ет сәйкестілік деформациясы кезінде тұрақсыздық шегіне жетпегенше температураны ұлғайтқан сайын артатын қысылу кернеулер пайда болады.

Осы сәттен бастап, яғни егер T >Tт, температураны қыздыру кезінде T1кр мәні қалыпты температураға жеткен уақытқа дейін кернеудің тұрақсыздық шегі тұрақты және тең болып қалады. Содан кейін T = T2кр кезінде кернеу азая бастайды және нөлге жетеді. Деформация T = Tт сәйкестікке байланысты, сол уақыттан көбейе бастайды, ол деформация өзегінде созуды тудырады. Температураны қыздыру T2кр мәніне жеткен сәтте қысылу пластикалық деформациясы епл ең жоғары шегіне жетеді. Ары қарай өзекті салқындату оның беріктік қасиеттерін қалпына келтіруге

және созылмалы кернеулердің пайда болуына әкеледі. Созылу кернеуі от тұрақсыздық шегіне жеткенше өседі және суу процесінде өзінің тұрақты мәнін сақтайды. Серпімді пластикалық деформация аймағында, элементте толық салқындағаннан кейін қалыпты температурада тұрақсыздық шегіне тең қалдық созылу кернеуі әрекет ете бастайды. Сондықтан епл жалпы жинақталаған пластикалық деформациясы бұл жағдайда ет көп болады, екеуі арасындағы айырым е созылу пластикалық деформациясының пайда болуына әкеледі.

Қалдық кернеулерінің пайда болуына дәнекерленген қосылыстардың анықталған учаскесінде меншікті көлемде құрылымдар айырымы себеп болады. Осы кернеулер құрылымдық қалдық кернеулер деп аталады, және көптеген оқиғаларда температуралық кернеулермен бірлесіп пайда болады. Мысалы, қоспаланған болаттың суу кезінде мартенситтің пайда болуы көлемнің бірден ұлғаюына байланысты. Осындай құрылымдық түрлену нәтижесінен қалдық кернеулер туындайды.

Конструкцияда немесе элемент конструкциясында, оларға түсірілген беттік немесе көлемдік күштер жоқ болған кезінде болатын кернеулер өзіндік кернеулер деп аталады, олар әртүрлі металл деформациясы салдарынан туындайды, мысалы, құрылымдық түрлендіруден немесе сыртқы күш әсерінен температураның өзгеруі пайда болады.

Дененің өзара теңгерілген бөліктері көлемінен тәуелді болатын өзіндік кернеулерді үш түрге бөлуге болады, I түрі - макрокөлемде теңгерілген кернеулер (дәнекерлеу қосылыста, дәнекерлеу жіктерде), II түрі – металл түйіршігі шегінде теңгерілген кернеулер және III түрі – кристалды торкөздер шегінде теңгерілген кернеулер.

Өзіндік кернеулер пайда болу ұзақтығы бойынша тек дәнекерлеу уақытында болатын уақытша және дәнекерлеуден кейін ұзақ мерзім бойына тұрақты сақталатын қалдық кернеулер болады. Дәнекерлеу қосылыстарда қалдық кернеулерді бөлу өте әртүрлі және реттеу мен нақты топтастыруға келмейді. Түйіспелі жіктер бойындағы қалдық өзіндік кернеулер бірінші кезекте тұрақтылықтың артық немесе кем сипаты болады. Дәнекерлеу жіктеріндегі көптеген қорытпалар үшін созылатын қалдық кернеулердің айтарлықтай қауіпті шамасы тұрақсыздық шегі мәніне жетеді және кейде одан да асып кетеді.

Дәнекерлеумен туындаған конструкция деформациясын ортақ - жалпы конструкцияны дәнекерлеуге тән және жергілікті – бір немесе бірнеше элемент шегінде немесе конструкция элементінің бір бөлігінде пайда болатын деп бөлуге болады. Конструкция дәнекерлеуінде дәнекерлеу доғасына ілеспе жылу әсерінен қайтымсыз шөгу құбылыстары мен пластикалық деформациялармен, сондай-ақ дәнекерлеу кернеулерімен туындайтын қадағаланатын ортақ және жергілікті деформациялар туындайды. Деформациялар дәнекерлеу тәсіліне, қиманың геометрикалық сипатына, конструкциядағы қосылыстар орналасуына, дәнекерлеу қосылыстарды орындау техникасына байланысты болады.

Деформацияларды бойлық және көлденең, иілген, ширатылған, тұрақсыздықты жоғалтқан деп ажыратуға болады.

Бойлық және көлденең деформациялар дәнекерлеу жіктерінің барлық типтерін орындау кезінде пайда болады және дәнекерлеу элементтердің ұзындығы мен ені бойынша өлшемдерді қысқартуды ұсынады. Қалдық бойлық деформациялар дәнекерлеу элементтердің ені мен қалыңдығына, дәнекерлеу тәсіліне, жіктер өлшемі мен өзге факторға байланысты. Соңғы өлшемдер тілімдегі көлденең деформациялар жіктер ұзындығына байланысты болады.

Дәнекерленетін тілімді олардың ені бойынша біркелкі қыздырмау саңылаумен түйіспелі қосылыс орындау кезінде саңылауды жазып көрсетумен тілімдер иіледі. Дәнекерлеу жіктер аймағындағы металдың суу саңылауды жабуға тырысатын тілімді жақындатуға және бұруға әкеледі.

Иілу деформациясы табақтарды, өзектерді және қабықшаларды дәнекерлеу кезінде пайда болады және симметриялы орнатылған жіктерді бір мезгілде орындамаған немесе бір мезгілде толтырмаған білікше жиектерін дәнекерлеу жіктерде бөлшектеумен қиманың ауырлық ортасына қатысты симметриялы емес орналасқан жіктер салдарынан болады. Қалыңдығы бойынша біртекті емес көлденең пластикалық деформациялар бұрыштық орын ауыстыруды құрады.

Таврлық қосылыстағы сөрелер деформациясы (дәнекерлеу ақауы) «дүмпию» деп аталады, осы деформациялар неғұрлым көп болса, соғұрлым сөрелер және дәнекерлеу жіктердің катет қалыңдығы қалың болады. Арқалық конструкцияны дәнекерлеу кезінде деформациялар ерекше болып табылады, мысалы, таңбаның көлденең жіктері. Дәнекерлеу біткеннен кейін арқалықты қысқарту және таврлық жіктердің иілісі туындайды.

Ширату деформациясы өзектің иіліс ортасына немесе бір мезгілде жіктерді қондыруға қатысты жіктерді симметриялы емес орналастыру салдарынан пайда болады.

Тұрақсыздықты жоғалту деформациясы дәнекерлеу қосылыстарды орындау процесінде немесе конструкция суығаннан кейін пайда болатын қысылу кернеулерімен туындайды. Әсіресе үлкен деформациялар жұқа табақты конструкцияларды дәнекерлеу кезінде туындайды.

Дәнекерлеу конструкцияларында тек ортақ деформациялар ғана емес, сондай-ақ толқын және дөңес түрінде жергілікті деформация болуы мүмкін. Бұрыштық деформация күшімен және өзіндік салмағымен түйістіріліп дәнекерленген ұзын және жіңішке табақтар дәнекерленетін табақтар арасында бұрышпен анықталатын өлшемдері мен олардың қалыңдығы олардың салмағын анықтайтын толқындылық түрге енеді.

Табақ қырына жабыстырып дәнекерлеу кезінде белдеулік табақтар жергілікті деформациялар — дүмпию түрін қабылдайды. Жергілікті бұрыштық деформациядан басқа табақ бетінде дөңестік және толқындылық пайда болуы мүмкін. Ішкі қалдық кернеулерді

дәнекерлеуден кейін қайта бөлу нәтижесінде туындайтын қалдық деформацияларды қайталама деп атайды. Бұл қайта бөлу дәнекерленген бұйымды механикалық, термикалық және газ жалынды өңдеу кезінде дәнекерленген конструкциясын бірінші рет жүктеу кезінде болады. Орын ауыстыру және деформацияның қалдық дәнекерленген кернеулері айтарлықтай беріктігін төмендетеді, конструкцияның дәлдік формасы мен өлшемін бұрмалау бұйымның сыртық түрін нашарлатады, дәнекерлеу қосылыстарының технологиялық беріктігін төмендетеді, ол ыстық немесе суық жарықтардың туындауына әкеледі. Белгілі жағдайда дәнекерленген конструкцияда статикалық беріктікті төмендету немесе тұрақсыздықты жоғалту орын алады, ол өз кезегінде оны қиратуға әкелуі мүмкін. Агрессивті ортада жұмыс істейтін конструкция үшін созылатын қалдық кернеулер жағдайында коррозиялық шытынау немесе коррозиялық процестің күшеюі пайда болу ықтималдығы туындайды.

Сондықтан дәнекерлеу конструкциясын дайындау мен жинақтауды жобалау сатысында дәнекерлеу кернеулері мен деформацияның ықпал етуін азайту бойынша шаралар қабылдау қажет. Дәнекерленген жікте балқытылған метал көлемін және жылу салуды азайту қажет.

Дәнекерленген жіктерді бір-бірімен симметриялы орналастыру қажет, мүмкіндігінше жіктердің қиылысуын жібермеу керек. Дәнекерлеу конструкциясында деформацияны технологиялық әдістермен шектеуге болады: стендте немесе лайықты орында дәнекерлеумен бекіту, ұтымды тізбекті дәнекерлеуде (керісатылы жіктермен дәнекерлеу және т.б.) және жинақты-дәнекерлеу операциясында (теңгерілген деформацияны элемент бөліктерімен жүктеумен). Дәнекерленген деформация белгісі (кері иілме, дәнекерлеу алдында элементтерді алдын-ала созу және басқа) бойынша кері серпімді немесе пластикалық деформация құру керек. Дәнекерленген қосылысты (мыс төсем, сулы салқындату және басқа), дәнекерлеу процесінде (шыңдау, шығыршықпен жұқарту, байланыстыру дәнекерлеу кезінде нүктені қысу және басқа) жіктер аймағында металды пластикалық деформациялауды тиімді еселеп салқындату. Дәнекерлеудің ең жақсы жоғары жылу концентрациясын қамтамасыз ететін, екі жақты дәнекерлеуді қолдану, Х-тәрізді жиектерді бөлшектеу, текше энергияны азайту, көлденең қима жіктер ауданы бұйымның қима осіне қатысты симметриялы орналастыруға ұмтылады. Кернеуді дәнекерлеуден кейін термикалық өңдеумен алып тастауға болады. Қалдық деформацияны суық күйдегі механикалық түзетумен (иісілпен, талқылаумен, созумен, шығыршықпен жұқарту, шыңдаумен және т.б.) және конструкцияны жергілікті қыздыру жолмен термикалық түзетумен жоюға болады.

Айрықша қыздыру жағдайда және (температураның айтарлықтай концентрация шамасы мен дәрежесі) дәнекерлеу қосылыстардың суық учаскелерінде қатты тойтарыс беретін еуп серпімді кернеулер осы температурада материалдың тұрақсыздық шегіне сәйкес деформация шамасына жетеді, қызу аймағында пластикалық деформация қысқаруы

пайда болады. Жалпы жағдайда температуралық деформациялар ед нақты деформацияларды ұзартуға сәйкес қысқару серпімді деформация мен пластикалық деформацияны тудырады.

Қалған бөліктерде пластикалық деформацияны қысқарту салдарынан жіктерде және жік айналасы аймағында суығаннан кейін әртүрлі бағытта және әрбір қосылыс нүктесінде нақты және серпімді деформациялар дамитын болады

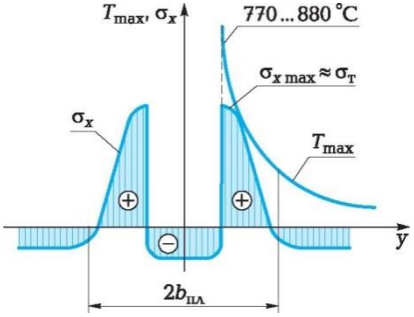
$$-\varepsilon_{пл} = -\varepsilon_{д} + \varepsilon_{уп}.$$

Мұнда пластикалық қысқартуға сәйкес теріс пластикалық деформациялар, қысқартуға сәйкес теріс нақты деформация, созу кернеуіне сәйкес оң серпімді деформациялар болады. Дәнекерленген элемент толығымен суығаннан кейін нәтижесінде қалдық кернеулер орын алады.

Әртүрлі қимада температураның біркелкі бөлінбеуі нәтижесінде металдың дәнекерленген қосылыстарда біркелкі емес көлемді өзгерістерден басқа қалдық дәнекерленген кернеулердің туындау себебі метал жіктерде біртекті емес құрылымдық түрленудің болуы және термикалық ықпал етуден және жіктерге жақын аймақта газдың ерігіштік көлем өзгерістері болуы мүмкін.

Қалдық дәнекерленген кернеулер әдетте пайдалану кезінде дәнекерленген түйін мен конструкцияның беріктігін төмендетеді, әсіресе жазық кернеу жағдайында қирату қозғалтқыш рөлін атқарады, олардың бар болуы конструкцияда серпімді энергия запасының жинақталуын куәландырады және осы жағдайда кіші жүктемемен салыстырғанда омырылғыш қирату жүреді. Элементті дәнекерлеу кезінде туындайтын қалыңдығы үлкен қалдық кернеулер өте қауіпті; осы жағдайда кернеулер жағдайы көлемді болады, ол материалдың пластикалық деформациялануына қабілеттілігін төмендетеді. Қалдық кернеулер қорытуға қолданған сыныбынан және олардың омырылғышының артып өсуіне байланысты конструкция элементінің беріктігіне және тұрақтылығына ықпал етеді. Қалдық кернеулердің шамасы мен белгісінен тәуелді қажылық беріктік қажеттілігіне қарай созылатын кернеулер қауіпті.

Дәнекерленген кернеулердің конструкция элементінің тұрақтылығына әсер ету мәселесі жеткілікті зерттелмеген. Кернеудің қомақты үлесі қысылған элемент тұрақтылығына әсер етуі анықталған, сонымен қатар созылу қалдық кернеулері артады, ал элемент пен барлық конструкцияның тұрақтылығы төмендейді. Дәнекерлеу өндірісінде қолданылатын металдық қорытпаларды кернеу ерекшелігіктеріне байланысты бөлу шегінде топтарға бөлуге болады.



1.5-сурет. Көміртекті болаттан жасалған түйіспелі қосылыстардағы қалдық кернеуді бөлу:Tmax— дәнекерлеу процесінде металды ең жоғары қыздыру температурасы; 2Ьпл — термикалық ықпал ету аймағының ені; белгі «+» — созылу кернеуі; белгі «-» — қысылу кернеуі.

1 топ — төменкөміртекті және төмен қоспаланған болаттар, кернеуді бөлуге ықпал етпейтін құрылымдық түрлену; бұл жағдайда қалыңдығы 20 мм дейінгі метал үшін ең жоғары қалдық кернеуі sx<от.

2 топ — аустениттік болат. Бұқ қорытпаларда төменкөміртекті болаттардағы сияқты sx қалдық дәнекерлеу кернеулерін бөлу тән. Айырмашылығы sx max аустениттік болаттар қосылысы кейбір кезде от – тан шамасы бойынша көп. Бұл 2 топтағы болаттар тойтармалылыққа бейімді болуына байланысты. Жалпы жағдайда sx max= от.

3 топ— қоспаланған болат. Бұқ қорытпалар тобында қалдық кернеуді бөлуге айтарлықтай күрделі ықпал ететін құрылымдық түрлену. Осы болаттардан қосылыстар орындаудың екі жағдайы мүмкін.

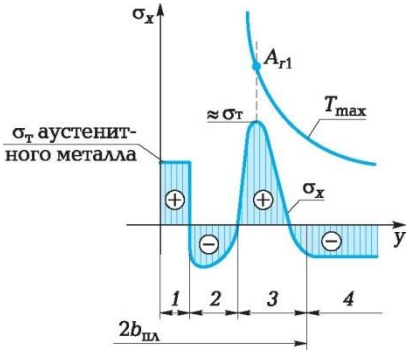
1. Қоспа материалсыз немесе негізгі металдың құрамы сияқты қоспа сымды пайдаланумен дәнекерлеу. Бұл жағдайда sx қалдық дәнекерлеу кернеуінің эпюрасы 1.5-суретте көрсетілгенге ұқсас көрінетін болады. Негізгі металда sx қалдық кернеу қысылған, сол сияқты созылмалы болуы мүмкін, бұл пластикалық деформация аймағында кернеудің эпюр алаңына байланысты болады. Осы жағдайда sx max эксперименттік анықтау қиындық туғызып тұр, өйткені Sx max аймағындағы эпюр алаңы кіші.

Болатты дәнекерлеу кезінде жоғары температурада қыздыру процесінде де, сол сияқты суу процесінде де құрылымдық түрлену жүреді. Құрылымдық түрленулер көлемді өзгерістермен ілесіп жүреді.Төменкөміртекті болатты қыздыру және суыту кезінде құрылымдық (фазалық) түрленулер тұрақты жоғары (600°С артық) температура кезінде жүреді. Бұл жағдайда илемділік жағдайдағы материалда кернеудің пайда болуын алып жүрмейтін көлемді

деформациялар жүреді. Қоспаланған болатты дәнекерлеу кезінде құрылымдық түрленуді өте төмен температурада бақылауға болады, онда негізгі метал әлдеқашан серпімді қасеиттерге және көлемді өзгерістерге ие болуы аустениттің ыдырау нәтижесінде конструкцияның жалпы деформациясында көрінетін, мартенситтің пайда болуымен байланысты. Айтарлықтай көлемді өзгерістер 770 °С және одан жоғары температураға дейін дәнекерлеу уақытында қызған болатты шыңдау кезінде жүреді. Мартенситтік түрленулерде көлемді өзгерістер жалпы дәнекерлеу деформациясының сәйкес өзгеруін тудырады.

Қоршалған метал серпімді кедергі әсер етуіне қарамастан пластикалық деформация шыңдалған аймақта болмайды, өйткені тұрақсыздық шегі от мартенсит тұрақсыздық шегі от аустенитен анағұрлым жоғары болады. Құрылымдық түрлену аймағында қысылудың қалдық кернеуі туындайды, сол уақытта жік айналасы аймағының көрші учаскесінде от тең созылу қалдық кернеуі әрекет етеді.

2. Қоспаланған болат аустениттік сыммен дәнекерленеді. Бұл жағдайда метал жігіндегі кернеу шамамен (1.6-сурет) от аустениттік метал тұрақсыздық шегіне тең (1аймақ). Ar1 температурасынан жоғары қыздырылған да жіктерге 2 аймақ жанасады.



1.6-сурет. Қоспаланған болаттан жасалған түйіспелі қосылыстардағы қалдық кернеуді бөлу

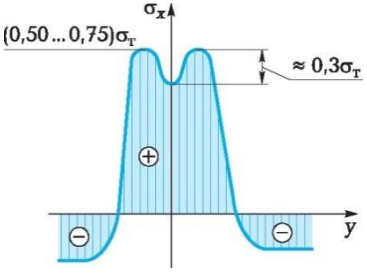
Салыстырмалы төмен температура кезінде металды кеңейту салдарынан онда қалдық кернеудің қысылуы пайда болады. Сондай-ақ 3 аймақ та жоғары температураға дейін қыздырылды, бірақ Ar1 төмен емес. Онда қыздыру кезінде айтарлықтай пластикалық деформациясын қысқарту нәтижесінен суығаннан кейін ст қоспаланған болаттың тұрақсыздық шегіне жететін қалдық кернеулердің созылуы пайда болады.Бұл аймақта қыздыру және суыту кезінде көлемді өзгеріспен бірге құрылымдық

түрлену болған жоқ. 4 аймақ — серпімді деформация аймағы. 4 аймақтағы кернеу белгісі 1, 2 және 3 аймақтардағы деформация мен кернеудің бөлінуіне байланысты болады. Мысалы, егер жіктерде қоспа метал негізгі қоспаланған металдың химиялық құрамы сияқты болса, онда құрылымдық түрлену салдарынан қысылу қалдық кернеулер болады.

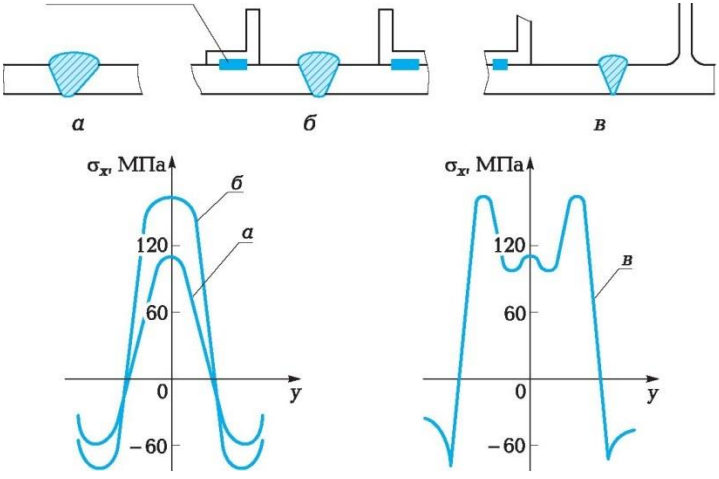
4 топ — алюминий қорытпалар. Көптеген дәнекерлеу қосылыстарға алюминий қорытпалар тән, өйткені эксперименті анықталатын қалдық кернеулер ст дәнекерленген металдың айтарлықтай тұрақсыз шегінен төмен болады; бұл алюминийлі дәнекерлеу кезінде изотерма томпақтығының әсер етуімен және қалдық кернеулер пайда болуында температуралық деформацияның тек болмашы бөлігі шамамен 0,2aT0 қатысуымен түсіндіріледі, мұнда а — кеңеюдің температуралық коэффициенті; Т0 — температура, ст = f(T) диаграммадағы ст = 0 жоғары болғанда.

Көптеген жағдайда су беткі қабаттарында кернеу компонентінің мәні (0,8...0,9) ох құрайды, сол уақытта төменкөміртекті болат үшін ау = (0,4...0,6)ох. Осы сх және су арасындағы өзара қатынас ең жоғары қалдық кернеулер аймағында бір-біріне мәні бойынша жақын сх және су кернеулерді созатын компоненттермен жазық кернеу жағдайы пайда болуына әкеледі.

Алюминді қорытпалардан жасалған дәнекерленген қосылыстарда қалдық кернеулердің бөліну ерекшелігі деп сондай-ақ компоненттер жіктерінің ортасындағы қалдық кернеулердің айтарлықтай төмендеуін айтады.



1.7-сурет. АМг6 қорытпасынан жасалған түйіспелі қосылыстардағы қалдық кернеулерді бөлу сипаты

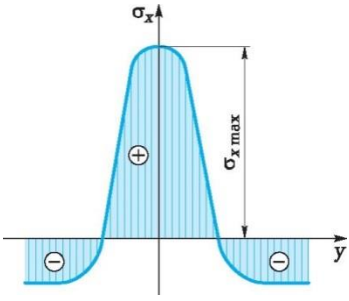


1.8-сурет. Дәнекерлеу қосылыстарында әр түрлі қаттылықтағы қалдық кернеулерді бөлу сипаты (1420 алюминий-литийді қорытпасы, автоматты аргонодоғалы дәнекрлеу): а — табақтардың түйіспелі қосылысы; б — жапсырылған бұрыштармен байланыстырғыш дәнекерлеумен табақтардың түйіспелі қосылысы; в— баспақтау профиліменжапсырылған бұрыштармен табақтардың түйіспелі қосылысы; г — а-в дәнекерлеу қосылыстарындағы қалдық кернеулерді бөлу

Осы эффект көптеген дәрежеде термикалық орнығу қорытпаларының жіктерінде қадағаланады. Жіктердің орта бөлігіндегі қалдық кернеулер деңгейін төмендетуге температура 250 °С жоғары болғанда өте қарқынды өтетін релаксациялық процестер ықпал етеді деп болжауға болады.

Қаттылық түрлері (1.8-сурет, а — в) артқан сайын қалдық дәнекерлеу кернеулері өседі. Ең үлкен (150 МПа) кернеулер 1.8-суреттің, б және в көрсетілген үлгідегідей әрекет етеді, сонымен қатар баспақтау профилімен жапсырылған бұрыштармен қосылудан жік айналасы аймағында созылатын кернеулер ығысуының ең жоғары шегі байқалады (1.8-сурет, г).

5 топ — титан қорытпалары. Титан қорытпаларынан жасалған жіктерде қалдық кернеулер эпюрасының түрі төменкөміртекті және аустениттік болаттар кернеулер эпюрасына ұқсас болады. Бірақ sxқалдық кернеулер шамасы оттұрақсыздық шегінен айтарлықтай кіші (1.9-сурет), өйткені титанмен салыстырғанда сызықты кеңею коэффициенті жоғары емес. Жіктер аймағындағы (ВТ6 қорытпа) ең жоғары қалдық кернеулер шамамен 0,5 от құрайды. Үш остік кернеу жағдайындағы sx max ең жоғары қалдық кернеулер сызықты кернеу жағдайындағы ең жоғары қалдық кернеулерден аз айырмашылығы бар.



1.9-сурет. Титан қорытпаларынан жасалған түйіспелі қосылыстардағы қалдық кернеулерді бөлу: ах max —дәнекерленген қосылыстағы ең жоғары кернеу

1.2.3. ДӘНЕКЕРЛЕНГЕН ҚОСЫЛЫСТАР МЕН ТҮЙІНДЕРДЕГІ КЕРНЕУДІҢ КОНЦЕНТРАЦИЯСЫ

Кернеудің концентрация құбылысының ерекшеліктері. Деформацияланатын дене бетінің өткір өзгеру формасы кернеудің біркелкі бөлінбеуіне әкеледі. Дененің көлдеңен қимасы бойынша кернеудің бірқалыпты бөлінуін бұзатын себептер саңылаулар, кесіктер, ойықтар, бұрыштар, дөңестер және т.б. — кернеулер концентрациясы болып табылады. Бірақ геометрикалық факторлар ғана кернеулер концентрациясының көзі болып қызмет етпейді. Материалда біртекті емес құрылымнан туындайтын кернеулердің ішкі концентрация аймағы болуы мүмкін (кристаллдар олардың анизотроптық қасиеттерімен, сондай-ақ дислокация, қосынды, қабыршақтар және и беттегі үзілістер), олар бөлінудегі күштің әркелкілігін тудырады және кернеулердің ішкі концентрация аймақтарының пайда болуын жүргізеді.

Конструкцияның жұмыс қабілеттілігіне, әсіресе дәнекерлеу кезінде концентрация кернеуінің әсер етуі мүлдем жоғары.

Сірә, бұл фактор беріктікті айтарлықтай төмендетеді.

Кернеу концентрациясының негізгі ерекшелік құбылыстарын атап өткен жөн. Концентратордың болуы оған тікелей жақын жердегі кернеудің күрт өсуіне әкеледі. Алайда концентратордан қашық шамада орналасқан кернеудің концентрация өте тез кемиді, сондықтан негізгі дене салмағының кернеулі жағдай концентрация ерекшеліктеріне байланысты емес. Осылайша, концентрацияның әсер етуі жергілікті болып табылады және концентрация төңірегіндегі кернеу жергілікті кернеулер деп

аталады. Өшу заңы деп аталатын ережеге сүйене отырып, кернеудің концентрация алыстау шамасына қарай кемуі бойынша концентрация ең жоғары кернеу көп болса, онда олардың өшуі қаттырақ жүреді.

Жүктеме ұлғаю кезінде басқа жерлерге қарағанда, концентрацияға жақын жердегі кернеулер от тұрақсыздық шегіне бұрын жетеді. Бұл концентрация төңерегіндегі жергілікті аймағында пластикалық деформациясының пайда болуына әкеледі, сол уақытта материалдың негізгі салмағы ретінде серпімді деформацияланады. Осыған байланысты кернеуді біраз тегістеу орын алады, ол неғұрлым пластикалық материал болса, соғұрлым кернеуді қайта бөлу айтарлықтай көрінеді. Осылайша, статикалық жүктеу кезінде пластикалық материалдар үшін жергілікті артық күш жұмсау іс жүзінде қауіпсіз.

Айнымалы жүктеме кезінде пластикалық материалдар үшін кернеудің концентрациясы қауіпті; бұл жағдайда концентрацияға жақын жердегі кернеулер айнымалы жүктеме материалдың тойтарыс беру шегінен асып кетуі мүмкін, ол мезгілінен бұрын қирауға әкеледі.

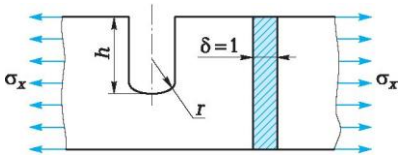
Омырылғыш материалдардан жасалған кесікпен үлгілердің беріктігі жергілікті кернеу концентрациясының ең жоғары шегі туындау салдарынан күрт төмендейді.

Тағы да есепке аз алынатын практикалық есептеулерде кернеу концентрациясының түйін материалының концентрациясынан қашықтық жерде кернеулік жағдайына қарағанда, концентрацияға жақын жерде өте күрделі кернеулік (көбінесе екі остік немесе үш остік) жағдайының пайда болуы маңызды ерекшелігі болып табылады. Бұл концентрацияға жақын илемділік металдың тежелуін тудырады және әдетте, отмен ов артуына әкеледі.

Сонымен қатар, кернеу концентрациясымен белгілі бір ерекшелікке ие және ерекше назар талап ететін деформация концентрациясы орын алады. Серпімділік облысында кернеулер мен деформациялар концентрациясының бағыттары пластикалық деформациясымен сәйкес келеді, тек серпімді деформация концентрациясынан айырмашылығы ғана бар емес, сонымен қатар жазық кернеу және жазық деформациялар жағдайында мәні әртүрлі болады.

Пластикалық деформация концентрациясы арақашықтыққа байланысты өте баяу азаяды. Ақырында, серпімді илемділік жағдайда кернеу концентрациясынан деформация концентрациясының айырмашылығы артады, илемділік облыстардың бар болу кезінде азаяды. Концентрацияның деформация концентрациясы бөлшектерді бастауыш бұрмалауына және оның шекті жүктемесіне аз әсер етеді, бірақ ол тіпті тұтқырлы күйіндегі жағдайда қиратуға ықпал етеді.

Концентрация параметрлерін геометриялық байланыстыратын анықталған тәуелділік және қирату басталу ықтималдығымен жүктеме шарттары бар (1.10-сурет).



1.10-сурет.Кернеу концентрациясының геометриялық сипаттары: h — кесік тереңдігі; r — концентрация табанындағы радиус;δ — метал қалыңдығы; ах — созылатын кернеулер

r тұрақты радиус кезінде hкесік тереңдігі неғұрлым үлкен болса, соғұрлым тұрақты кернеу кезінде sxконцентрацияы жоғары болады. Демек кернеулер концентрациясының коэффициенті деп аталатындардың өсетінін көруге болады.

= Sx max/sx

h =const кезінде г азаюы sx махөсуіне және кернеу концентрациясының ұлғаюына әкеледі. Дәнекерленген қосылыстарда кернеулердің біркелкі бөлінбеуі — олардың концентрациясы, яғни кіші ұзақтық учаскесіндегі айтарлықтай кернеудің пайда болуы орын алады. Бұл дәнекерленген қосылыстар мен түйіндер формасы бойынша әртүрлі беріктікті бағалау кезінде ескерілуі қажет. Дәнекерлеу конструкциясында кернеудің концентрацияы келесі себептерді тудырады:

- жіктердің технологиялық ақаулары — газды кеуектер, қождық қоспасы, әсіресе жарықтар мен шалапісірілімдер. Жүктеу кезінде осы ақаулар жанында күш сызықтары қисаяды, осының нәтижесінде кернеудің концентрациясы құрылады. Кернеу концентрациясының коэффициенті көрсетілген ақаулар жанында айтарлықтай, бірақ олардың көп емес санында және дәнекерленген қосылыстардың беріктік өлшемдерінде қанағаттанбау ретінде қалады. Тығыз біркелкі түйіспелі жіктерде кернеудің концентрациясын ең төменге жеткізу мүмкін;
- тиімсіз жіктер көрінісі; бұл себеп ішкі күш жіктерінде бөлінуге үлкен ықпал етеді деп белгіленген;
- түйіндердің ұтымсыз конструкциясы.

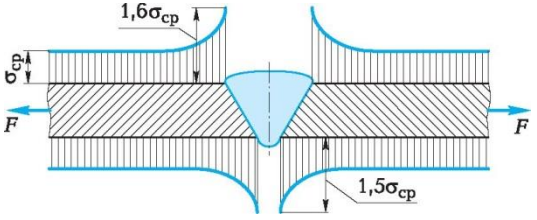
Түйіспелі жіктерде кернеуді бөлу. Түйіспелі қосылыстарда жіктер жылтыр беттермен өңделген, ішкі ақаулары — шалапісірілім, жарық, кеуек, қождық қоспасы жоқ, дәнекерленетін элементтердің көлдеңең қима бойынша көлбеу күш кернеуі біркелкі бөлінеді.

Егер бет 1.11-суретте көрсетілген формасында болса, онда қима бойынша кернудің бөлінуі біркелкі емес болады. Кернеудің концентрациясы айтарлықтай айрықша екені жіктердің негізгі металға өту

жанында байқалады. Негізгі металмен түйіндес жік аймағында кернеудің концентрациясы байқалады. Жік осіндегі орта кернеулер негізгі металдағы қосылыстардан тыс кернеулерден бірнеше аз болады.

Түйіспелі жік аймағында кернеу концентрациясының үш себебі болуы мүмкін деп белгіленеді:

дәнекерленетін жіктің тиімсіз көрінісі; Жіктерді күшейтуді азайту және жіктердің негізгі металға бірқалыпты өтуін қамтамасыз ету түйіспелі қосылыстарда кернеу концентрациясын төмендетудің тиімді құралдары болып саналады. Мысалы, дәнекерлеу қосылыс пен негізгі металдың бірдей тербеліс беріктігін қамтамасыз ету үшін бұл әдбен жеткілікті болып табылады;



1.11- сурет. Түйіспелі қосылыста кернеудің концентрациясына дөңестік жіктердің ықпал етуі:σср — кесу кернеуі; F— созылатын жүктеме

1.12-сурет.Қосылатын бөлшектің жиектерін депланациялау салдарынан түйіспелі элементтерде кернеудің концентрациясы: Д — жиектердің ығысуы; s— дәнекерленетін элементтің қалыңдығы

- бөлшектерді қосатын жиектердің ығысуы (депланация) (1.12-сурет). Бұл жағдайда

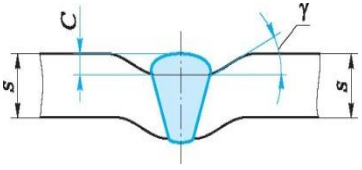
асм = 1 + 3e,

мұнда e = Д/s; Д — жиектердің ығысуы; s— дәнекерленетін элемент қалыңдығы;

- жергілікті иіліс, дәнекерлеу кезінде қалдық бұрыштық деформациямен туындайды. Бұл жағдайда кернеудің концентрациясы C және g параметрлерімен анықталады (1.13-сурет).

Концентрация коэффициенті серпімді деформация шегінде тек қосылыстар жұмыс істеу кезінде кернеудің бөлінуін сипатайды. Қорытынды деформация тұрақсыздық шегіне сәйкес дефомациядан асып кеткен жағдайда қосылыстардағы кернеу өсуін тоқтатады және оларды теңестіру жүреді. Деформация концентрациясының қирау моментіне дейін көбеюді жалғастырады.

Бұрыштық жіктермен қосылыстарда кернеуді бөлу. Бұрыштық жіктерде кернеудің бөлінуін зерделеу үйектелген жарықты, лак жабынды, тензодатчиктерді қолданумен моделдерде серпімділік және илемділік, эксперименттік теория ережелері негізінде теориялық түрде жүргізілді.



1.13-сурет. Дәнекерлеу қосылыстағы жергілікті иіліс:
s — дәнекерленетін элемент қалыңдығы; С— жік аймағындағы жиектің майысуы; g — жиектің майысу бұрышы

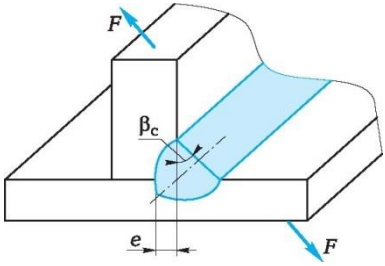
Соңғы уақытта ЭЕМ сандық моделдеу әдісі дамып келеді, ол метал жіктерінің кернеулік-деформацияланған күйі туралы өте көп толық ақпаратты алуға және басқа есептік әдістің эксперименттік деректермен жақсы келісім жасауына жеткілікті ықпал етеді.

Маңдайшалы жіктердегі айтарлықтай кернеу концентрациясының бар болуы көлденең қима жіктерінің кернеуді бөлу конфигурациясына үлкен ықпал етеді деп белгіленген: е тереңдігін балқыту, рс бұрышы мен жіктер бетінің формасы (1.14-сурет). Едәуір тереңдікті балқытып ұлғайту, рс бұрышына қарсы орналасқан, катет бойына күштер әсер еткен жағдайда рс бұрышын ұлғайту кезінде және жіктен қосылатын бөлшектердің бетіне бірқалыптылыққа өтуді енгізу кернеу концентрациясын төмендетеді.

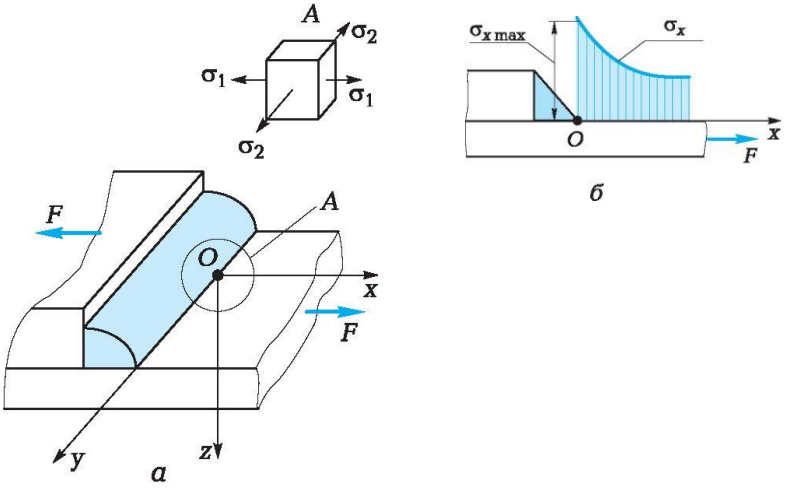
Бұрыштық маңдайшалы жікпен қосылыстарда қалдық кернеулердің жоқ болғанынан кернеулік жағдай тек F жүктемемен туындайды. О нүктесінде (1.15-сурет) кернеу екі бағытта туындайды, яғни нүкте О жазық кернеулі жағдайда болады. F күші Ох және Оу остері бағыттарында созылатын кернеуді шақырады, ол о1және о2 бас кернеулер бағыттымен сәйкес келеді.

Қиманың геометриялық формасын өзгерту кернеулер концентрациясын тудырады. Дәнекерлеу жігінің (О нүктесінен) ықпал етуімен қиманы жою бойынша кернеу концентрациясы нашарлайды, жіктен алыстау

қималардағы кернеу номиналды мәніне сәйкес болады және эпюра тегістеледі. F үлгісі күшімен созу кезінде көлденең деформацияның қысу салдарынан кернеу o2 = sy болады. Жіктен негізгі металға ауысу аймағында (осы жағдайда жапсырмамен қосу) маңдайшалы жіктермен жүзеге асырылған айқастырып қосу қима жіктерінде кернеулік жағдай түйіспелі қосылыстардағы кернеулік жағдайымен тым ұқсас болады және кернеу концентрациясының ең үлкен коэффициентіне ие болады.



1.14-сурет. Бұрыштық жіктермен дәнекерлеу қослыстардағы кернеу концентрациясының геометриялық факторлары:F— жүктеме; е — жабыстырылғын қырының тереңдігі; рс — құрылған жікпен және қырының арасындағы бұрыш



1.15-сурет. F күшімен созылу кезінде бұрыштық маңдайшалы жіктермен дәнекерлеу қосылыстарда кернеуді бөлу: а — О нүктесіндегі кернеу бағыты; б— ох табақтар қимасы бойынша кернеуді бөлу

Созылатын күш әрекет етуімен қанаттық жіктерді қосу кезінде жолақтар ұзарады және орын ауыстырады, жіктерде ығысу деформация пайда болады. Біл элементтен басқа элементке күштерді жұмсау (материалдың серпімді сатысында жұмыс істеу кезінде) жоғарғы және төменгі жолақтардағы күш шамасының айырмасымен, сондай көлденең қима қосылыстарымен (1.16-сурет, г) туындаған жіктер ұзындығы бойынша (1.16-сурет, а — в) біркелкі жүрмейді. Егер А1 және А2 қималар аудандары тең болмаса, онда ауданы кішкентай жолаққа қарағанда ауданы үлкен жолақта кернеулер аз болады және жіктерде кернеуді бөлу 1.16-суреттегі в-да ұсынылған эпюраға сәйкес болады. Дәнекерленетін жолақ қималарының аудандар қатынастары көп болса, онда кернеудің біркелкі бөлінбеуі көп болса және соғұрлым жіктерде анағұрлым әлсіз элемент жағынан кернеу жоғары болады. Алайда статикалық жүктеме кезінде жіктерді қиратар алдында қайта қызған (шеткі) жік учаскесінің пластикалық деформациясы есебінен кернеулер тегістеледі.

Екі маңдайшалы жікпен айқастырылған қосылыстарда олардың арасындағы күш, егер элементтердің қалыңдығы тең болса қайта бөлінеді.

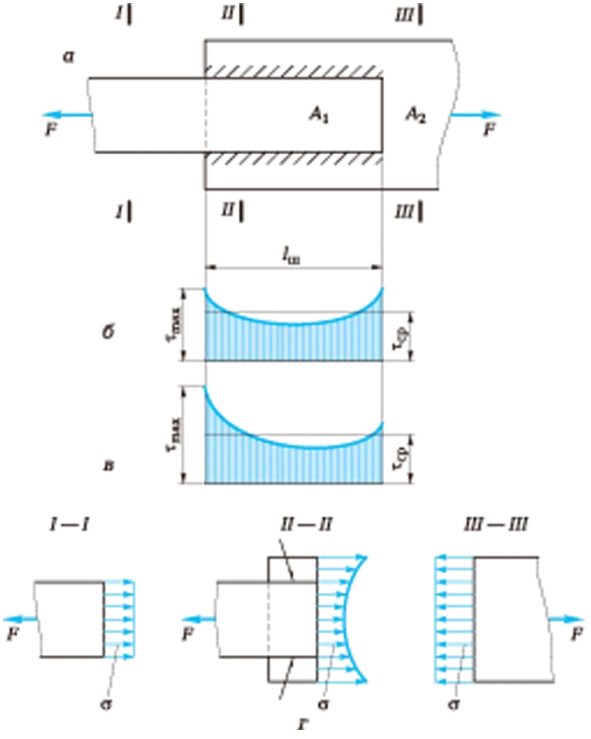
Теңбүйірлі ұшбұрыш формасында К катетімен қанаттық жіктер ұзындығы бойынша кернеудің концентрация коэффициентін анықтау ұсынылады

$$\alpha_\sigma = \tau_{\max} / \tau_{ср} = 0{,}58\sqrt{L_m /(\beta K)}, \qquad (1.27)$$

мұнда $L_ш$ — қанаттық жіктердің жиынтық ұзындығы, $L_ш$ = 21ш; 1ш — жіктің ұзындығы; b — бір- және екі өтпелі автоматты түрде дәнекерлеу үшін жіктің балқыту тереңдігін ескеретін коэффициент, р = 1,0 және b = 0,9 сәйкес, екі- және үш өтпелі механикаландыру дәнекерлеу үшін р = 0,85 және р = 0,80 сәйкес, Р = 0,7 көп өтпелі, автоматты және механикаландыру дәнекерлеу, қолмен дәнекерлеу үшін.

(1.27) формуладан кернеу концентрация коэффициентінің мәні жіктер ұзындығына пропорционал екенін көруге болады, сондықтан бұрыштық жігінің қанаттық есептік ұзындығы шектеулі, ол жіктерді қоспағанда барлық ұзындығы бойына күш береді:

$$L_ш \leq 85\beta K,$$



1.16-сурет. Қанаттық жіктерде кернеудің бөлінуі:а — қсосылыс схемасы; б —А1 = А2кезінде кернеудің бөлінуі; в — А1< А2 кезінде кернеудің бөлінуі; г — көлдеңен қима қосылыстарындағы кернеудің бөлінуі; А1, А2 — элемент қималарының ауданы; /ш — жік ұзындығы; F— күш

Қанаттық жіктер арасында жапсырмалы қосылыстарда қалыпты кернеу бөлуді (1.16-сурет, г,II — II қима) қарастырамыз. Егер қанаттық жіктердің ұзындықтары ұзын емес десек, онда t кернеу олардың ұзындығы бойына бірдей деп қабылдаймыз. Табақтар ені айтарлықтай деп санайық. Созылған табақтағы күш ағындары қанаттық жіктер аймағында қоюланады, ал орта бөлігінде аз болады. Сондықтан қарастырылып отырған қосылыстарда қалыпты кернеулер біркелкі бөлінбейді, олар жапсырма шеттерінде ең жоғары және ортасында ең төменгі болады.

Қанаттық жіктер арасындағы учаскеде кернеу концентрациясының коэффициенті

$$as = 3{,}3a / Lm + cth2{,}3 \cdot a / Lm,$$

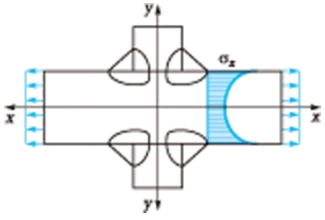
мұнда а — табақтың ені.

$a/L_{ш}$ әртүрлі қатынас кезінде as кернеу концентрациясының коэффициенті мәндерді қабылдайды:

$a/L_{ш}$.....	0,1	0,5	1,0	2,0
α_{σ}.....	1,45	2,01	3,37	6,61

Сонымен, қанаттық жіктер ұзындығымен салыстырғанда табақ енінің айтарлықтай ұлғайту кезінде табақтағы as қалыпты кернеу концентрациясының коэффициенті өседі. Сондай-ақ жапсырмалы қосылыстарда кернеудің бөлінуі біркелкі болмайды. Біржақты жапсырмамен жабылған түйіспелі жіктер қосылыстарында эксцентриситет пайда болады және иілетін момент туады. Осындай қосылыстарда кернеу жапсырмасыз түйіспелі жіктермен салыстырғанда тек азайып қана қоймайды тіпті айтарлықтай өседі. Түйіспелі жіктері жоқ қосылыстарда жапсырмалар, сондай-ақ айтарлықтай кернеу концентрациясын тудырады.

Көлденең қима жапсырмалары бойынша кернеудің біркелкі бөлінбеуі қанаттық маңдайшалы жіктерге қосу кезінде айтарлықтай азаяды.



1.17-сурет. Таврлық қосылыстарда sx кернеуін бөлу

Бұрыштық маңдайшалы жіктермен жүзеге асырылатын жапсырмалы қосылыстар түйіспелі қосылыстардан айтарлықтай айырмашылығы жапсырмалы қосылыстар өзінің құрылымы бойынша тереңдігін балқытуды ұлғайту есебінен жақсаруы мүмкін және оның беріктік сипаты түйіспелі қосылыстың сенімді түрінің ең аз деңгейінде болады.

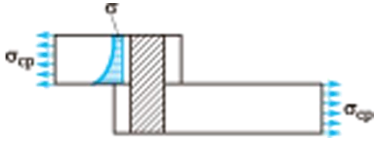
Зерттеулер нәтижесі бойынша тек қанаттық бұрыштық жіктерді қолданған жағдайда, сондай-ақ қанаттық және маңдайшалы бұрыштық жіктер комбинациялары жаспырмаға күш жұмсау кезінде ұқсас қосылыстарда кернеудің бөліну шарттарында айтарлықтай жетілдіру жүрмейтінін және олардың барлық құрылымдық әр түрлілігінде шамамен бір және сол төменгі деңгейде қалатынын көрсетті. Осы себепке байланысты жапсырмалы қосылыстарда, сондай-ақ барлық басқа айқастырылған қосылыстарда тербеліс жүктемені қабылдайтын

құрылымдарда қолдануға кеңес бермейді. Кернеудің біркелкі бөлінбеуі, сондай-ақ таврлы қосылыстар жіктерінде де орын алады және олардың негізгі металмен түйіндесу формасы мен көрінісіне тәуелді болады.

Яғни, ах кернеудің концентрациясы созылатын элементке пісіріліп жапсырылған қаттылық қыры жанында пайда болады (1.17-сурет).

Байланыстырғыш дәнекерлеумен орындалған қосылыстарда күш жұмсауды бөлу. Байланыстырғыш жікпен дәнекерлеумен орындалған қосылыстарда кернеудің біркелкі бөлінбеуі келесі себептермен туындайды:

- созу кезінде бөлшектер қалыңдығы бойынша жіктер аймағында кернеудің біркелкі бөлінбеуімен (1.18-сурет). Ереже бойынша кернеудің концентрация коэффициенті as жоғары емес және тек айтарлықтай бірлігінен асады;
- созылмалы қосылыстар кезінде бөлшектерді иіліспен (1.19-сурет). ои кернеу иілісі оср қиық номиналдық кернеуінің сызықты функциясы болып табылмайды. Бұл оср ұлғайтумен күшті түсіру иығы азаяды деген жағдайлармен түсіндіріледі. Мысалы, s негізгі метал қалыңдығына дәнекерлеу нүкте диаметріне d қатынасы d/s = 3 және оср = 800 МПа ои = 1 350 МПа — қатынасы ои/оср = 1,69.оср = 200 МПа және ои = 510 МПа кезінде ои/оср = 2,52. Серпімді деформация шегінде тек қосу жұмысы кезінде қорытынды тура болатынын есте сақтау керек; тұрақсыздық шегінен тыс жағдайда кейбір кернеуді теңестіру жүреді және as төмендейді.



1.18-сурет. Байланыстырғыш жіктік дәнекерлеумен орындалған қосылыстарда табақ қалыңдығы бойынша ішкі жүктемеден кернеулерді бөлу.

Нүктелі қосылыстарда келесі факторлармен негізделген кернеулер концентрациясы туындайды:

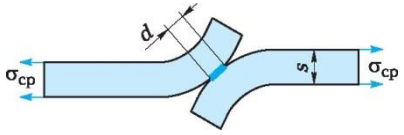
1) нүктелі аймақ үстінде күш сызықтарының қоюлануымен (1.20-сурет, а). Қоюлану қарқындығы кернеудің концентрациясын анықтайды. Ол t/d қатынасының артуынан өседі, мұнда t — күш әрекетіне перпендикуляр бағыттағы нүктелер арасындағы арақашықтық.

Бірқатар жағдайларда кернеудің концентрациясының коэффициенті

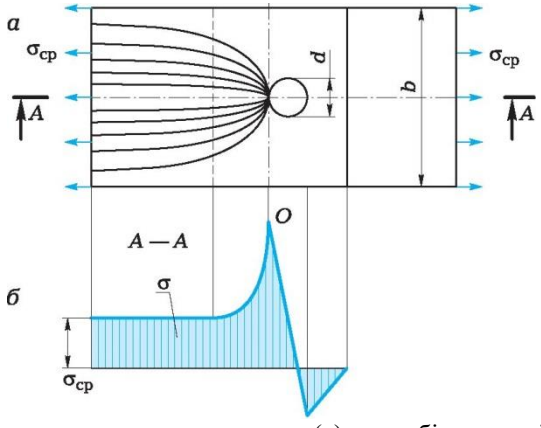
нүктелі қосылыстарда шамамен анықтайды :

as= 0,38 + 0,62t/d.

Бірнүктелі дәнекерлеу қосылыстар іс жүзінде сирек кездеседі, жиірек көп нүктелі дәнекерлеу қосылыстар болады.



1.19-сурет. Сыртқы жүктеме әрекет ету кезінде нүктелі қосылыстардың жергілікті иілісі:s — негізгі метал қалыңдығы; d— дәнекерлеу нүктесінің диаметрі; σср — қиықтың кернеуі



1.20-сурет.Күш сызықтарының қоюлануы (а) және бір нүктелі дәнекерлеу қосылысының о кернеу концентрациясы (б): d— дәнекерлеу нүктесінің диаметрі; σср — қиықтың кернеуі; b — тілімнің ені.

Кез келген көп нүктелі қослыстарды есептеу кезінде гипотезаға сүйене отырып көп нүктелі дәнекерлеу қосылыстарда кез келген күштерді жұмсау нүктелер арасында біркелкі бөлінеді. Бірақ бойлық қатарда орналасқан жеке нүкте қосылыстарындағы күштер олардың серпімді облысында жұмыс істеу кезінде біркелкі болмайды. Шеткі нүктелері ортаңғы нүктелеріне қарағанда айтарлықтай күшті жүктелген болып табылады. Бойлық қатарда нүктелер саны артуына байланысты осындай диспропорция өседі (1.1-кесте). Ұқсас құбылыстар конструкциямен жұмыс

істеу кезінде серпімді деформация облысында орын алады.

1.1-кесте. Нүктелер арасындағы F күшінің бөлінуі (Д.И.Навроцкийдің зерттеу нәтижесі)

Нүкте нөмірлері	Бойлық қатардағы нүктелер саны		
	3	4	5
1	0,444F	0,436F	0,435F
2	0,112F	0,064F	0,058F
3	0,444F	0,064F	0,014F
4	—	0,436F	0,058F
5	—	—	0,435F

Қосылыстардың көтергіш қабілетін арттыруға әкелмейтін дәнекерленетін нүктелер санының ары қарай артуына жеткеннен кейін, кейбір шектеулер қойылатыны айқын. Тұрақсыздық шегінен тыс күштерді айтарлықтай теңестіру жүреді;

2) ои иілістің қосымша кернеулері пайда болумен (жіктік дәнекерлеуге ұқсас жағдайда).

Элементтегі көрсетілген концентрацияның ең жоғары есептік кернеуін есепке алу кезінде нүктелі дәнекерлеумен қосылатын дәнекерлеу нүкте аймағында өлшемдердің арақатынас типтері үшін шамамен

$$\sigma_{max} = \sigma_и\sigma_\sigma.$$

Барлық келтірілген арақатынастар серпімді деформация шегінде қоысылыстар жұмыстарын болжаумен шығарылған.

1.2.4. БАЛҚЫТУ ӘДІСІМЕН ДӘНЕКЕРЛЕНГЕН ҚОСЫЛЫСТАРДЫҢ БЕРІКТІГІН БАҒАЛАУ

Бағалаудың негізгі принциптері. Дәнекерлеу конструкциясының беріктігі ең алдымен дәнекерлеу қосылыстары мен жіктердің беріктігіне байланысты. Дәнекерленетін жіктерді есептеу кезінде дәнекерлеу конструкцияларды жобалауға арналған қолданыстағы нормативтік құжаттармен қабылданған негізгі жорамалдар бойлық күштер қосылысына әсер ету кезінде дәнекерлеу жік ұзындығы бойынша кернеуді біркелкі бөлу болжауы болып табылады.

Шындығында бұл бөлулер ұзындығы бойынша да біркелкі емес, сол сияқты қалыңдығы бойынша да, бірақ осы біркелкі еместік дәрежесі

дәнекерлеу жігінің өлшемдеріне байланысты, сондықтан онымен елемеу мүмкін болмаған жағдайда жіктердің есептеуге енгізілетін өлшемдерін шектеуді белгілейді. Оң температура жағдайында статикалық жүктемеде дәнекерлеу қосылыстармен жұмыс істеу кезінде кернеудің концентрациясына байланысты дәнекерлеу қосылыстардың беріктігіне айтарлықтай ықпал етпейді, оны ережедегі сияқты есептеу кезінде ескермейді. Басқа пайдалану (төмен температура, ауыспалы жүктеме, агрессивтік орта және басқа) жағдайларда беріктікті бағалау кезінде кернеудің концентрациясын ескеру қажет.

Беріктікті бағалау кезінде дәнекерлеу конструкцияларына қойылатын талаптар мен қосылыстар ерекшеліктерін ескере отырып келесі негізгі принциптерді басшылыққа алу қажет (Н.О.Окербломның классификациясы):

- яғни дәнекерлеу қосылысы негізгі металмен байланысты және конструкция элементінің бөлігі болып табылады, қосылыстарды есептеу сол және негізгі металға әсер ету күштеріне жүргізу қажет;
- жіктердің (бірліктік ұзындығы) әрбір элементарлық учаскесіндегі онымен байланысты негізгі метал учаскесінде әрекет ететін күштерді қабылдайды, қосылыстардағы дәнекерлеу жіктерін қосуға жұмсалған жинақтау күштері деп санауға болмайды, сондықтан есептеуді жіктердің әрбір учаскесі оған жалғасқан негізгі метал учаскесімен беріктігі тең болған кезде жүргізу керек;
- дәнекерленетін қосылыстарда есептеу кезінде оның жобалық формасынан емес дәнекерлеу процесінің ықпал етуін және олармен дәнекерленетін деформацияларды шақыруды есепке ала отырып, шындығында алынған формасын қарау қажет;
- дәнекерлеу қосылыстардың беріктігін есептеу кезінде метал жіктерінің және негізгі металдың номиналдық беріктігінен емес, ал оның дәнекерлеу процесімен туындаған және конструкцияның жеке қосылыс учаскелерін қалған басқа бөліктерімен қосу үшін бірлескен жұмыстарын, қасиеттерінің біркелкі емес екенін ескере отырып, нақты сипатын қарау қажет;
- кернеуді жинақтау кезінде қалдық дәнекерлеу кернеумен ішкі жүктемеден туындайтын пластикалық деформацияны ескеру қажет.

Түйіспелі қосылыстарды бағалау. Механикаландыру және қолмен дәнекерлеу кезінде жіктердің сапасы айтарлықтай дайындау технологиясына байланысты. Созуға және иісілке ұшырайтын түйіспелі жіктер тығылықты бақылауға ұшырайтын жағдайда ғана негізгі металға тең беріктікті қабылдайды.

Қысу немесе жылжытуға жұмыс істейтін түйіспелі жіктер ішкі ақаулар ықпал етуіне азырақ ұшырайды және оларға ішкі тексеру және өлшеу,

гидравликалық сынақ және т.б., сапаны бақылайтын осындай әдістер жеткілікті.

Түйіспелі қосылыстардың дәнекерлеу жіктеріне, егер метал жіктерінің есептік кедергісі негізгі металдың есептік кедергісіне тең, жіктердің басы және соңы технологиялық деңгейіне жеткізілген, ал жіктің тамыры пісірілген болса есептеу жүргізілмейді.

Метал жіктерінің есептік кедергісі негізгі металдың есептік кедергісінен төмен болған жағдайда болат конструкцияларды нормамен жобалау түйіспелі жіктерді тік және қиғаш орындауға рұқсат беріледі, сонымен қатар оларды статикалық жүктеме кезінде мына формуламен жүргізілуі тиіс:

$$\frac{F}{\delta l_{ш.р}} \le R'_{сж}; \qquad (1.28)$$

$$\frac{F}{\delta l_{ш.р}} \le R'_{р}; \qquad (1.29)$$

$$\frac{F}{\delta l_{ш.р}} \le R'_{сж}; \qquad (1.30)$$

$$\frac{F}{\delta l_{ш.р}} \le R'_{р}; \qquad (1.31)$$

$$\frac{F}{\delta l_{ш.р}} \cos\alpha \le R'_{ср}; \qquad (1.32)$$

мұнда F — қосылысқа әрекет ететін есептік бойлық күш; 8 — қосылатын элементтердің ең кіші қалыңдығы; l — 10 мм шығарғанда оның толық ұзындығына тең жіктің есептік ұзындығы; а — бойлық күш пен жік бағыттары арасындағы бұрыш; Я^ж, яр, ЯРр — дәнекерлеу жіктердің есептік кестеленген кедергісі.

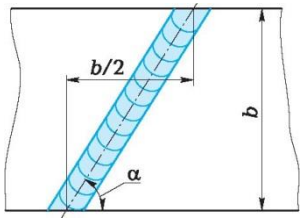
Визуалдық бақылау әдістер кезінде түйіспелі жіктер негізгі металмен тең беріктікті қамтамасыз етпейді, себебі R' <R (R — негізгі металдың есептік кедергісі). Қиғаш жіктер (1.21-сурет) бөлшектерді қиыстырып келтіру күрделілігі және жіктердің ұзындығын ұлғайтудан тым еңбексыйымдылықты, а = 60° көлбеумен негізгі металға беріктігі тең деп

саналады және сондықтан статикалық жүктемені қосуға әрекет ету кезінде беріктікті тексеруді талап етпейді.

Қосылатын элементтер М иілу моменті әрекет еткен кезінде жіктердегі кернеу

$$\sigma_ш = M/W_ш \leq R_р \qquad (1.33)$$

сонымен қатар дәнекерлеу жіктердің кедергі моменті дәнекерленетін элементтің моментіне тең.



1.21-сурет. Қиық жіктермен дәнекерленетін қосылыстар схемасы: b— тілімнің ені

Егер иілу моменті қалыпты күшпен бірлесіп қосылысқа әрекет етсе, онда түйіспелу жіктерде кернеу мына формуламен тексеріледі

$$аш = F/Aш + MW = F/(81ш.р) + 6M/(821ш.р) < Яр. \qquad (1.34)$$

Қиықта түйіспелі қосылыстар жұмыс істеу кезінде дәнекерленген жіктердегі жанама кернеулер

ш

V = -J-8-<Яр,(1.35)

Jш8

мұнда Q— көлденең күштер; Бш және J— жіктер кедергісінің статикалық моменті және инерция моменті; 8 — қосылатын элементтердің ең төменгі қалыңдығы.

Иіліс моменті және көлденең күштер түйіспелі қосылыстарға әсер еткен кезінде жіктердегі кернеу мына формуламен тексеріледі

$$Стприв = 4®l + s2y + sxsy + 3xXy < 1,15Яр, \qquad (1.36)$$

мұнда sx, sy — иілу кезіндегі қалыпты кернеулер; txy= Q/(Jш8) — қима бойынша кернеудің бірқалыпты бөліну шартынан анықталатын, Q кесінді күштен орташа жанама кернеулер.

Бұрыштық жіктермен қосылыстар. Доғалық дәнекерлеумен орындалған дәнекерленген конструкцияларда бұрыштық жіктер басымдырақ болады. Мамандар бағасы бойынша оларға балқытылған металдың 75%-нан кем емес жұмсалады. Мысалы, құрылыс металдық конструкцияларды

дайындау кезінде бұрыштық жіктердің көлемі жалпы балқытылған метал көлемнің 90 %-ын құрайды.

Таврлы, айқастырып және бұрыштық қосылыстарындағы жіктер екі топқа бөліну мүмкін: конструктивтік (байланыстырғыш) және есептік.

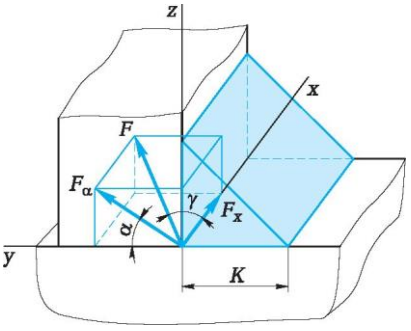
Конструктивтік жіктерге элементтен элементке күш түсірмей қосылатын, сондай-ақ бір элементтен басқа элементке салыстырмалы түрде көп емес күш берілетін нашар жүктелген жіктер жатады. Есептік жіктерге бір элементтен басқа элементке күш беретін бұрыштық жіктер жатады.

Бұрыштық жіктермен есептік қосылыс кезінде олардың шектік жағдайы болып қирату қауіпі саналады, сол уақытта жеке қосылыстар учаскесіне жоғарғы деформациялар жіберілуі мүмкін. Шындығында, статикалық жүктеме түсірілген бұрыштық жіктермен дәнекерлеу қосылыстарда деформация негізінде бір-біріне қатысты қосылған элементтер ығысуынан болады. Қосылыстардағы деформациялау оның ұзындығынан емес оның катетіне байланысты деформацияланатын жіктер қабілеттілігімен анықталады, сондықтан қосылыстардың жіктер ұзындығын ұлғайтумен салыстырмалы деформация азаяды. Жалпы бұрыштық жіктермен дәнекерлеу қосылыстарда негізгі металмен салыстырғанда жүктеу аз деформациямен сипатталады. Сирек жағдайларда үлкен катеті шағын қима жіктерімен элементтерді дәнекерлеу кезінде айқастырып қосылған бөлігі негізгі метал деформациясымен салыстырғанда үлкен деформация болуы мүмкін. Бірақ осы жағдайда дәнекерленген қосылыстардағы жоғарғы деформациялар жалпы элементтің деформациялылығына едәуір ықпал ете алмайды, өйткені бұрыштық жіктермен қосылыстардағы есептік кедергіні белгілеу үшін, созу кезінде оның тұрақсыздық шегі емес метал жіктерінің беріктік шегі негіздеме болып қызмет етеді.

Бұрыштық жіктердің есептік кедергісі дәнекерленетін болат маркасына байланысты емес электродтық материалдардың анықталған маркасы мен түрі үшін тағайындалуы тиіс. Есептік бұрыштық жіктерде балқытылған металдың мөлшерін азайту үшін жіктердің жоғарғы беріктігі мен терең балқытылғанын қамтамасыз ететін электродтық материалдар мен дәнекерлеу түрлерін пайдалануға тура келеді.

Метал жіктерінің шектелген илемділік кезінде пісірілмеген бұрыштық жіктерде кернеуді бөлу тіпті біркелкі болмауы олардың беріктігіне айтарлықтай ықпал етеді. Пластикалық метал қосылыстарын қиратуға алдыңғы айтарлықтай пластикалық деформациясы қима кернеулері бойынша орташа операциялауға және кернеудің концентраторларының әсер етуін назарға қабылдамай ықпал етеді.

Бұрыштық жіктер беріктігі метал қасиеттері мен F жүктеме бағытына байланысты болады (1.22-сурет) және жүктеу жіктерінің кесу схемасынан үзіп алу жүктеу схемасына ауысуға қарай өседі.

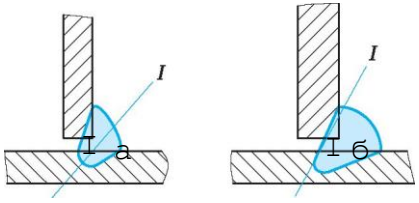


1.22-сурет. Бұрыштық жіктердің жүктеу схемасы: F — жүктеме; К — жіктер катеті; Fx және Fa— координата проекциясының осі

Бұрыштық жіктердің ең кіші беріктігі F күші жіктер бойына бағытталған болса орын алады (бұрыш g = 0). Ең үлкен беріктігі g = 90°, a = 45° кезінде болады, ең кіші қимасы осы кезде үзілу үшін жұмыс істейді.

Бұрыштық жіктермен дәнекерлеу қосылыстарын I — I екі қимадан бір-бірден кесуге есептелген: жіктер бұрышының биссектрисасы арқылы өтетін алаң бойынша метал жіктері бойынша (1.23-сурет, а) немесе негізгі метал мен жіктерді балқыту шекарасының металы бойынша (1.23-сурет, б).

Бұрыштық жіктер беріктігіне метал жіктерінің және негізгі металдың механикалық қасиеттерінің айырмашылығы, пісірумен туындаған кернеу концентрациясының коэффициенті, жіктер катетінің өлшемі әсер етеді. Жіктер пластикалық жағдайда болғанда кернеудің концентрацияы беріктікке аз шамада әсер етеді. Сондықтан жіктердің катеті соншалықты өссе және кернеудің концентрация коэффициентінің өсуін бірге алып жүреді, ол беріктіктің пропорционалды өсуіне әкеледі. Беріктікті арттыру тереңдікті балқытуды ұлғайтумен қол жеткізуге мүмкін, ол жіктер катетін арттырумен сәйкес келеді. Қосылыстар беріктігін аса берік жапсырылған материалдарды қолданумен арттырады. Бұрыштық жіктер беріктігі күш бағыттарына байланысты мойын пайда болу себебі мүмкін емес және негізгі металмен жіктердің байланысы салдарынан туындаған үзіп алу жағдайда кернеулік жағдай көлеміділігі ықпал етумен негізінде бұрыштық жіктердің кернеулік жағдай (кесу немесе үзіп алу басымдығы) ерекшелігімен туындайды



1.23-сурет. Бұрыштық жіктермен қосылыстардың есептік қимасы: а— метал жігі бойынша; б— негізгі метал мен жіктің балқытылған шекарасы метал бойынша; I— I — жүктеу кезінде қосылыстарды қырату жазықтығы

Бойлық күштер қабылдайтын бұрыштық жіктер қысуға, созуға және кесуге арналған келесі формуламен есептеледі

$$f/ (рЛш 1ш) £ щу \qquad (1.36)$$

мұнда р — бұрыштық жіктердің есептік қалыңдығын анықтау үшін коэффициент, р = 1,0 бір өтпелі автоматты дәнекерлеу үшін; р = 0,8 бір өтпелі механикаландыру дәнекерлеу үшін, р = 0,7 қолмен дәнекерлеу үшін, көп өтпелі автоматты және механикаландыру дәнекерлеу үшін; Лш — теңбүйірлі тікбұрышты ұшбұрыш ішіне сызылған катетіне тең деп қабылданған бұрыштық жіктің қалыңдығы; 1ш — жік ені; Щ — бұрыштық жіктердің есептік кедергісі (кесте бойынша анықталады).

Айқастырылған қосылыстардың бұрыштық жіктері әдетте күрделі кедергі жағдайда жұмыс істейді (ості созу – иіліспен және қысылуды кесумен үйлестіріледі).

Осы уақытқа дейін олар айтарлықтай кернеудің концентрациясы салдарынан төмен беріктілік сипатта деп саналды, өйткені олардың есептік кедергісі ось күштерімен жасалған түйіспелі қосылыстарға қарағанда аз деп қабылданған. Соңғы зерттеулер бұрыштық жіктермен жасалған қосылыстардың шектік жағдайы ретінде қырату жағдайлары қабылдануы мүмкін деп көрсетті. Бұл жіктердің жеке учаскелерінде жоғары деформацияны жіберуге және қосылыстардың нормативтік кедергісін тұрақсыздық шегі бойынша емес, ал балқытылған метал үзіліс беріктігінің шегі бойынша орнатуға ықпал етеді. Лш бұрыштық жіктер қалыңдығы (8 < 4 мм қосылатын элементтердің ең кіші қалыңдығымен бөлшектердегі жіктерден басқа) 4 мм кем емес және 1,28 артық емес болуы тиіс.

Бұрыштық жіктердің ең кіші есептік ұзындығы норма бойынша 40 мм кем емес болуы тиіс. Конструктивтік бұрыштық жіктерінің қима (катет) өлшемдері дәнекерленетін элементтің ең үлкен қалыңдығына байланысты орнатылады, сондықтан ол қосылыс қаттылығы мен дәнекерлеу кезінде металды салқындату жылдамдығын анықтайды.

1.2-кестеде қосылыстарды жобалау кезінде белгіленетін бұрыштық жіктер (доғалық дәнекерлеумен орындалатын) катетерінің ең кіші өлшемдері келтірілген. Есептік бұрыштық жіктер өлшемдері келесі формуламен анықталады:

$$x = \frac{F}{-} < Ду,$$

мұнда А көлденең қимасының ауданы К жіктер катет өлшемдеріне және и балқытылған тереңдігіне, ал есептік кедергі немесе рұқсат етілетін кернеу – созу кезінде метал жіктерінің беріктік шегіне байланысты болады.

р коэффициентімен бағаланатын бұрыштық жіктердің балқытылған тереңдігі дәнекерлеу технологиясы мен түріне байланысты болады (1.3-кесте). Бұрыштық жіктерді есептеу кезінде ереже бойынша оның өлшемін ең кіші балқытылған тереңдікпен сипатталатын қолмен дәнекерлеуге қолданылатын өлшемдерді белгілейді.

Таблица 1.2-кесте. Бұрыштық жік катетінің ең кіші өлшемдері

Дәнекерлеу әдісі	Болаттың тұрақсыздық шегі, МПа	Бұрыштық жіктер катетінің ең кіші өлшемдері, мм, дәнекерленетін элементтен жасалған қалыңдығы кезінде қалыңдықтан артық, мм					
		3.4	4.5	5.10	10.16	16.22	22.32
Флюс астынан	390 кем емес	3	3	4	5	6	7
Көмірқышқылды газда	390...440	3	4	5	6	7	8
Қолмен доғалық	390	3	4	5	6	7	8
	390.440	4	5	6	7	8	9

Бірқатар жағдайларда қосалқы конструкцияларда үзіліссіз бұрыштық жіктер орнына үзілісті жіктер (ҚНжЕ II-23—81 бойынша VI топ)* рұқсат етіледі. Бірақ үзіліссіз жіктермен беріктігі тең үзілісті жіктер үнемді тұрғыда тиімсіз. Егер үзіліссіз жіктердің катеті талап етілген есептеу бойынша едәуір кіші және катетін үлкенге ауыстыру керек болса беріктік шарттары бойынша талап етілген үзілісті жіктер тек осы жағдайда ақталған болады.

1.3-кесте. Балқытылған жіктердің есептік коэффициенті		
Дәнекерлеу әдісі	Жіктердегі өтулер саны	
	1	2 және 3
3.. .5 мм диаметрлі сыммен флюс астынан	1,1	0,9
1,4.2,0 мм диаметрлі сыммен көмірқышқылды газда және флюс	0,9	0,8
Қолмен доғалық	0,7	0,7

Ескерту: үштен артық өтулер саны кезінде b= 0,7 .

Сонымен қатар үзіліссіз жіктерге беріктігі тең үзілісті жіктер үлкен дәнекерлеу деформациясына әкеледі. Үзілісті жіктер сирек жағдайларда ақталуы мүмкін және үзілісті жіктер орнына қалыңдығы аздау үзіліссіз жіктерді қолдану тиімді, бірақ норма бойынша оны қолдануға да кеңес бермейді.

Қанаттық жіктер бойлық күштерді қабылдайды және қиықпен жұмыс істейді. Жіктер ұзындығы бойынша кернеулер біркелкі таралмайды. Егер күш жіктердің барлық ұзындығы бойына таралмаса, онда жіктер ұзындығы 1ш< 50Лш болады, олай болмаса жіктер толығымен жұмысқа қосылмайды.

Кернеудің күрделі жағдайы және кернеудің біркелкі бөлінбеуі дәнекерленетін қосылыстар сапасын төмендетеді, сондықтан маңдайшалы жіктер оның нақты жұмысына байланысты емес шартты түрде ең үлкен қолайсыз әрекетіне (ең аз биссектрисалық қима бойынша қиық) қатысты болады. Шындығында, осы жіктер күрделі кернеулік жағдайда болады, қосылатын жердегі күш ағындарының майысуына байланысты созылу (сығылу) және кесуге, иіліске жұмыс істейді.

Жұмыстың серпімді сатысында дәнекерлеудің аралас қосылыстарының жеке жіктер арасындағы күштердің бөліну біркелкі жүрмейді. Маңдайшалы жіктер келешекте неғұрлым қатты болатын қанаттық жіктерге қарағанда асқын кернеулілік жағдайда, ал қанаттық жіктерде — асқын кернеулілікке жетпеген жағдайда болады. Бірақ пластикалық деформацияны дамыту кезінде жіктердегі күштер теңестіріледі, күштердің әсер етуіне байланысты емес принцип бойынша материалдың кедергісінен белгілі аралас дәнекерлеу қосылыстарын есептеу жүргізіледі:

$$F= РАоб + ^фд,$$

мұнда Рлоб және РфД — маңдайшалы және қанаттық жіктер.

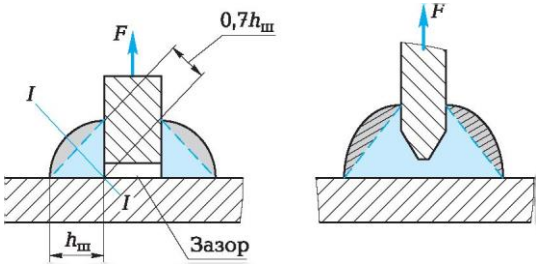
Жақын қосылыстардың екі типін ажыратады — таврлы және бұрыштық. Таврлы қосылыс ереже бойынша бір элементтің шет жағынан екінші элементтің бетіне тік бұрышпен бекітуді қамтиды, иіліс жасауға жұмыс істейтін элементтерде айтарлықтай пайдаланады, кейде созылатын және қысылатын элементтерде қолданылады.

Таврлы қосылыс жиектерді бөлшектеусіз екілі бұрыштық жіктермен (1.24-сурет, а) немесе бір қиғашпен немесе қос жиекпен жүзеге асырылады (1.24-сурет, б).

Бірінші жағдайда дәнекерлеу қосылысты I — I ең кіші қимасы бойынша есептейтін қалған саңылау жіктерінің салдарынан толығымен пісірілмеуден, ал Ry қиық бойынша есептік кедергіні қабылдайтын екі бұрыштық жіктері бар деп қарастырылады.

Екінші жағдайда жіктерді түйіспелі ретінде есептейді, яғни оның қалыңдығын 8 балқытылатын элемент қалыңдығымен тең деп, ал есептік кедергіні R'— жұмыс (созу, қысу немесе қиық) түрі бойынша қабылдайды.

Бөлшектердің шектік жағдайын жиі созу кезінде тұрақсыздық шегіне немесе беріктік шегіне қол жеткізумен байланыстырады. Бірақ бұрыштық жіктер үшін бір ғана шектік жағдай қиратудың басталуы болып табылды. Металдың бұрыштық жіктері үшін есептік кедергісі жіктерді қирату негізгі метал бойынша қирату кезіндегі сол жүктемеде жүруін белгілеуге лайықты, яғни ов созу кезінде беріктік шегіне тең негізгі металдағы кернеулерге қол жеткізу. Сонда Км материалы бойынша қауіпсіздік коэффициенті негізгі металда және бұрыштық жіктерде бірдей болады.



1.24- сурет. Таврлы қосылыстарды жүктеу және орындау схемасы: а — жиектерді бөлшектеусіз; б — қос жиекті қиықпен; F жүктеме; Лш — бұрыштық жіктің қалыңдығы

Жіктердегі ақаулардың бар болу (мысалы, сапасын бағалаусыз қолмен доғалық дәнекерлеу кезінде) ықтималдығы артқан жағдайда бұрыштық жіктердің есептік кедергісі төмен болуы мүмкін. Осы жағдайда Я'у төмендету Кн = 1,15 қосымша коэффициент енгізу есебінен қол жеткізіледі. Бақылаудан өткен жіктер үшін Кн = 1.

Бұрыштық қанаттық жіктердің есептік кедергісін анықтау В.А.Винокуровпен ұсынылған формула бойынша жүргізіледі:

$$-Кфл = Рразр.фл /(АКмКн) = -Рразр.фл-К/(А°вКн),$$

мұнда Рразр.фл — қанаттық жіктерге келетін, қиратын күштер; А — жіктердің ең кіші қимасының ауданы; R — созу кезіндегі негізгі металдың есептік кедергісі.

Бұрыштық жіктерді ошжәне тш екі бағытта кернеулерді бір мезгілде кесетін әрекеттер кезінде осы кернеулердің қызметін атқарушы кернеулерді есептейді

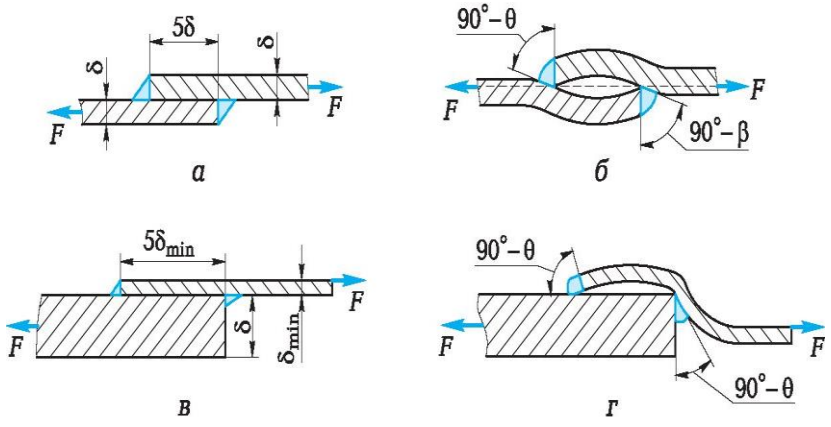
а = у/ашш +тш <R.^. (1.38)

Эксцентриситеттік әсер ететін күштермен туындаған иіліс моментіне ықпал етуді төмендету үшін, нормамен талап етілетін айқастыру өлшемі (кенермесі) қосылатын табақтардың ең кіші жұқалығының бес қалыңдығынан кем емес болады. Алайд, тағы да қосылыстардағы иілістер жүреді және өйткені дәнекерлеу кезінде 0 бұрыштық деформациясы туындайды, 1.25-суреттің б-да көрсетілгендей табақтар иілетін болады. Қосылатын табақтардың қалыңдығы бірдей болған кезінде қосымша кернеулер үлкен емес және олармен әсіресе, егер табақтар дәнекерлеу кезінде бір біріне тығыз жапсырылған болса елемеуге болады.

Нормамен дәнекерленетін қосылыстар екі маңдайшалы жіктермен айқастырылғаны, сәйкес электродтарды қолданып қолмен дәнекерлеумен орындалғаны, негізгі металмен беріктігі тең келетіні, егер дәнекерленетін элементтің барлық қалыңдығы бойынша маңдайшалы жіктер қондырылған және олардың ұштары қосылыстар шегінен шығарылғаны белгіленеді.

Осындай бекітулер дәнекерленетін табақтардың қалыңдығы бірдей кезінде қабылдануы мүмкін.

Табақтардың әртүрлі қалыңдығы кезінде (8 және Smin) (1.25-сурет, в) немесе бір табақтың қаттылығы жоғары болған жағдайда, мысалы, балқытылған қырлармен дәнекерлеу кезінде деформация сипаты, ал осыдан жүктеме үстіндегі қосылыстар қимылы өзгеше болатынын көруге болады. 0 бұрыштық дәнекерленетін деформацияны июге болады, егер табақ өте жұқа болса ғана (1.25-суреттің, г қараңыз), осының салдарынан күш тек бір жік арқылы беріледі, екінші маңдайшалы жік жұмысқа қатыспайды және қосылыс беріктігі айтарлықтай төмен болады.



1.25-сурет. а — табақтардың бірдей қалыңдығы кезінде қосылыстарды жүктеу схемасы; б — айқастырылып қосылған иіліс схемасы; в — табақтардың әртүрлі қалыңдығы кезінде қосылыстарды жүктеу схемасы; г — жұқа табақтардың бұрыштық деформациясы

Иіліспен жұмыс жасайтын қосылыстардың мысалы 1.26-суреттің, а, б көрсетілген. Егер жіктер жиектерді дайындаумен орындалған болса (1.26-суреттің, а қараңыз), онда оның өлшемдері балқытылатын жолақтар өлшемдерінен айрмашылығы болмайды. Жіктердегі кернеу мына формуламен анықталады:

$$a = м/W[ap], \quad (1.39)$$

мұнда М — иілетін моменті; W =sh2/6; s, h — қиманың ені және биіктігі; [ap] — дәнекерлеу қосылыстардағы рұқсат етілетін созылатын кернеулер.

М иілетін моментінде және F бойлық күші әрекет еткен кезінде (1.26-сурет, в, г)

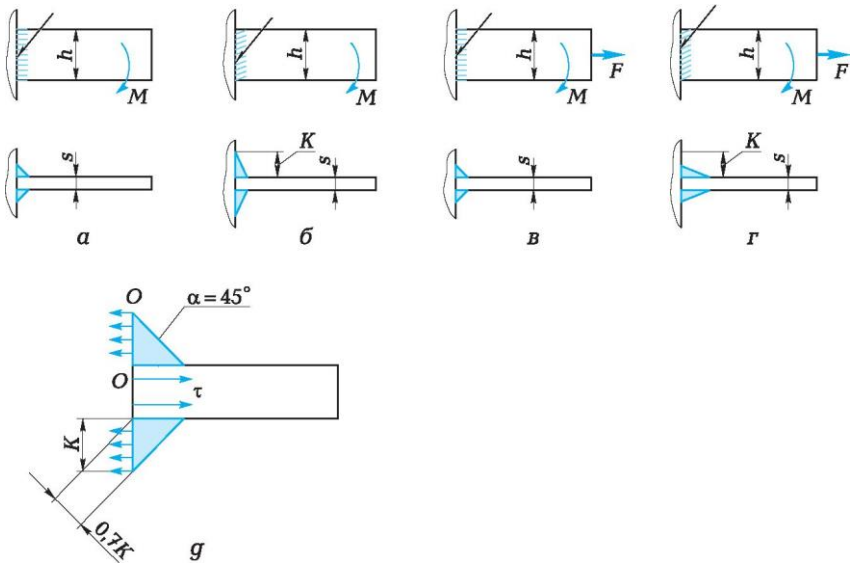
$$ат = (M/W) + (F/A) \quad (1.40)$$

мұнда A = hs.

Егер жолақ екі тік бұрыштық жікпен балқытылып қосылса (1.26-суреттің, б қараңыз), онда кернеу О — О бекіту жазықтықта (1.26-сурет, д)

$$a = M/Wa \quad (1.41)$$

мұнда WG — бұрыштық жіктердің кедергісі кезінде.



1.26-сурет. Бұрыштық жіктермен есептеу қосылыстарының схемас:а, б — М иілетін моментінде әрекет еткен кезінде; в, г — М иілетін моментінде және бойлық күштер әрекет еткен кезінде; д — жіктердің катетінде иілетін моменттен туындаған кернеулер

О — О жазықтықта h биіктігі және К катетімен екі дәнекерленген жіктердің кедергі моменті

$$W = 2Kh2/6. \quad (1.42)$$

Екі жағдайды ескеру керек.

Біріншіден, бұрыштық жіктер қирауы, әдетте О — О жазықтығы бойынша жүрмейді. Сондықтан бұрыштық жіктер кедергісінің есептік моменті ең кіші қима бойынша қабылдайды:

$$W = 2pKh2/6, \quad (1.43)$$

мұнда рК — жіктің есептік биіктігі.

Екіншіден, жіктердің есептік беріктігін рұқсат етілетін (О — О жазықтықта) қалыпты кернеулермен емес, ал қисық жазықтықтағы кернеулер бойынша жүргізу керек. Осы кернеулер мәні рұқсат етілетін

кернеулердің қиықтарын [т'] шектейді. Сондықтан жіктердегі есептік кернеулері (1.26-суреттің, б қараңыз) М моменті кезінде мына формуламен анықталады

$$т = M/Wc < [т']. \quad (1.44)$$

Осы қосылыстарда М моменті және F бойлық күштер әсер еткен кезінде бұрыштық жіктердегі есептік жанама кернеулер (1.26-суреттің, г-қараңыз)

$$t = (M/WJ + (F/A) < [t], \quad (1.45)$$

мұнда А — бұрыштық жіктер қимасының ауданы.

Теңбүйірлі ұшбұрыш формасы бар жіктерде:

$$A = 2 \cdot 0{,}7КЛ.$$

1.2.5. БАЙЛАНЫСТЫРУШЫ ДӘНЕКЕРЛЕУМЕН ОРЫНДАЛҒАН ҚОСЫЛЫСТАРДЫҢ БЕРІКТІГІН ЕСЕПТЕУ

Байланыстырушы дәнекерлеу көмегімен аралық қосылыстарды, сондай-ақ айқастырмалы немесе жапсырмалы нүктелі қосылыстарды жүзеге асырады.

Байланыстырушы дәнекерлеу кезінде түйіспелі қосылыстардағы ерекшеліктері дәнекерлеу кезінде шөгумен туындаған түйіспелі қалыңдау жерлерінің бар болуы саналады. Байланыстық дәнекерлеумен орындалған түйіспелі қосылыстарды есептеу іс жүзінде жүргізілмейді, өйткені түйіспелі дәнекерлеу беріктігі негізгі метал беріктігіне тең деп қабылданғандықтан.

Байланыстық нүктелі дәнекерлеумен орындалған дәнекерленетін қосылыстар балқытылып дәнекерлеумен орындалған қосылыстардан айырмашылығы күш жұмсаудың үлкен бірқалыпсыздығы мен дәнекерлеу нүктесіндегі кернеудің концентрациясы шарасыздық болып табылады.

Жіктік (аунақшалы) дәнекерлеумен орындалған қосылыстар беріктігі негізгі метал беріктігінің шамамен 0,9 құрайды.

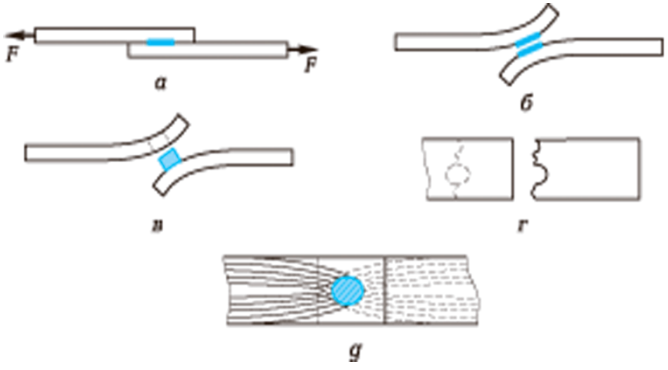
Нүктелі немесе жіктік дәнекерлеумен орындалған айқастыру қосылыстарды есептеу күрделі кернеулік жағдай салдарынан айтарлықтай қиыншылықтарды тудырады. Сондықтан қабылданған есептеу схемалары тым шартты болып табылады.

Қосылыстар нүктесінің орналасуына байланысты бір- және көп қатарлы болады. Екі табақтан айқастырылған нүктелі қосылыстар әдетте

бір қиықты, ал үш дәнекерленген табақтар қосылыстары екі қиықты деп атау қабылданған.

Айқастырылған бір нүктелі қосылыс (1.27-сурет, а) кезінде металдың нүктесін қию (1.27-сурет, б) немесе дәнекерленетін табақтан нүктені жұлымдау (1.27-сурет, в) салдарынан немесе дәнекерлеу нүктесі бойынша қимада табақты (1.27-сурет, г) үзуден қирау жүруі мүмкін.

Сонымен қатар барлық жағдайда метал қосылыстарында түрлі жазықтықта дәнекерленетін табақтардың орналасуымен және кернеудің концентрацияымен туындаған иілістің қосымша кернеуі орын алады (1.27-сурет, д).



1.27-сурет. Бір нүктелі дәнекерлеу қосылыстар схемасы:а — F күшімен дәнекерлеу нүктесін жүктеу; б — дәнекерлеу нүктесінің қиығы; в — дәнекерлеу нүктесінің жұлымы; г г — дәнекерлеу нүктесі аймағындағы негізгі метал бойынша дәнекерленетін қосылыстарды қирату; д — дәнекерлеу қосылыстардағы кернеудің концентрациясымен шақырылған иісіл кернеулері

Әдетте дәнекерлеу нүктелері дәнекерлеу қалыңдығының төрт ең кіші диаметрінен аспайтын қиықпен қирайды, ал үлкен диаметрлі нүктелер қирау кезінде жұлынып алынады.

Келтірілген схемаларға сәйкес d диаметрлі қиықтың дәнекерлеу нүктесі кернеуді қиратуы келесі формуламен анықталуы тиіс

$$t = 4F/(pd2) <t';$$

қалыңдығы 8 негізгі металдан оны жұлып алу кезінде нүктелер шеңбері бойынша кернеу — мына формуламен

$$t = F/(p8d2) <t'.$$

d диаметрін азайтумен нүкте беріктігінің шашыранды көрсеткіші өседі, ал d диаметрін ұлғайтумен, қосылыстар беріктігінің кішігірім ұлғаюына (5... 10%-ға) қарамастан айқастыру өлшемдері бірден өседі.

Болаттық бөлшектер үшін дәнекерлеу нүктесінің есептік диаметрін келесі түрде анықтау ұсынылады:

d= 1,258 + 4 мм кезінде 8 < 3 мм;
d= 1,558 + 5 мм кезінде 8 > 3 мм.

Дәнекерлеу қосылыстарда нүктелерді орналастыру келесі (Н.О.Окербломның) талаптарды қанағаттандыруы тиіс: 1 нүктелер арасындағы арақашықтығы, 11 жұмсалатын күш бағыты бойынша табақтың нүктесінен жиегіне дейінгі арақашықтығы мен 12 жұмсалатын күш бағытына перпендикуляр бағыттағы табақтың нүктесінен жиегіне дейінгі арақашықтығы, келесі шектерде жатуы тиіс:

6,0d >1 >3,0d;
4,5d > 11>2,5d;
4,0d > 12> 2,0d.

Дәнекерлеу нүктелер қадамын азайтумен нүктелер бойынша күштерді бірқалыпсыз бөлінуі азайады, өйткені нүктелі қосылыстарды нүкте қадамының ең аз мүмкіндікпен жобалау керек.

Нүктелерді үзіп алумен жұмыс істейтін қосылыстарда метал нүктесіндегі кернеу

c = 4F/(pd2) <c'.

Нүктелі қосылыстарда мына формуламен есептеледі:
дәнекерлеу нүктесінің қиығында: t = P/(ллсрАт) <Лср.т немесе
негізгі металды үзіп алумен (шартты): t <[хт];

c = F/(npdS) <Raxили c <[сот].

Мұнда п — қосылыстардағы нүктелер саны; пср — нүктелердегі қиықтар саны; Ат — дәнекерлеу нүктесінің ауданы; dx — дәнекерлеу нүктесінің диаметрі; нүктенің қиып алуға және үзіп алуға есептік кедергісі мен рұқсат етілетін кернеуі құрайды: негізгі металдың есептік кедергісі мен рұқсат етілетін кернеуі —Rcpx= 0,65R; Яот =0,5R; [тх] = 0,65[с]; [сот] = 0,5[с]; Ри [с].

1.2.6. ЖЕЛІМДІ ДӘНЕКЕРЛЕНГЕН ҚОСЫЛЫСТАРДЫҢ БЕРІКТІГІ

Айқастырып желімді дәнекерлеу қосылыстары негізінде алюминий қорытпалардан жасалған конструкцияларда қолданылады. Желімді арақабат конструкцияның коррозияға кедергі болуын арттырады, сондай-ақ күштің бөлігін өзіне алады. Сонымен қатар желімді арақабаттар айқастыру ашылуын жоюға және осылайша конструкцияның жұмыс қабілеттілігін арттыра отырып кернеудің концентрациясын жеңілдетеді.

Қосылыстардың желімді дәнекерлеу беріктігі пайдалану температурасына, сондай-ақ технологиялық және құрылымдық параметрлеріне, желім құрамына, саңылау өлшеміне, бөлшектердің қалыңдығына байланысты болады. Желімдеудің тиімділігі элемент қалыңдығын азайтумен арттады.

Жылжыту үшін қосылыстардың желімді дәнекерлеу меншікті беріктігін есептеу мына формуламен орындалуы мүмкін, мұнда ар — дәнекерлеунүктесінің беріктігі; ар.к— желімді қосылыстың есептік беріктігі.

Желімді қосылыстың есептік беріктігі

$$ар.к = (2tB - S и)ак/и,$$

мұнда t— дәнекерлеу нүктесінің қадамы; В — айқастырудың ені; S— желімдеу аймағымен дәнекерлеу нүктесінің ауданы; п — 2t ұзындығындағы нүктелер саны; ак — қабылданған желімді қосылыстың меншікті беріктігі.

1.2.7. ДӘНЕКЕРЛЕНГЕН ҚОСЫЛЫСТАРДЫҢ ТОЗЫҒЫ ЖЕТКЕН БЕРІКТІГІ

Серпімді деформация аймағында материаламен жұмыс істеу кезінде қайталау статикалық жүктемелер материал қасиетінің өзгерісін тудырмайды, өйткені жүктемені алып тастағаннан кейін серпімді деформациясы жоқ болып кетеді. Серпімді пластикалық немесе өзі берік деформация аясында жұмыс істеу кезінде қайталау статикалық жүктемелер материал қасиетіне әсер етеді.

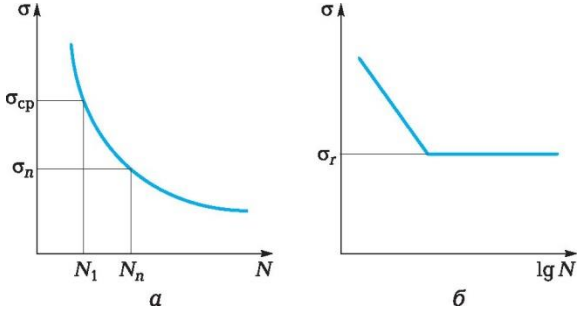
Тозығы жеткен қираудың табиғат талдауы өте күрделі, өйткені әртекті ортаны зерттеуді талап етеді. Дәнекерленетін қосылыстарда балқытылған және негізгі металдың әртүрлі аймақта қалдық кернеулерінің бар болуы және қасиеттерінің әртекті болуы талдау міндетін айтарлықтай қиындатады. Егер қалыпты механикалық қасиеттері бойынша статикалық жүктеме әсер етуімен материалдың беталысы туралы пікір айтуға болады, бірақ осы сипаттамалар айнымалы жүктеме әсер етуімен жұмыс істейтін конструкциясындағы сол материалдың беталысы туралы пікір айтуға ықпал етпейді.

Қайталау жүктемелері ұзақ әсер еткен кезінде элементтер бір рет жүктеуге қарағанда аз кернеу кезінде қирауы мүмкін. Осындай қиратулар

металдың тозығы жеткен құбылысымен туындайды. Материалдың қайталау жүктеме әсеріне кедергі жасайтын қабілеттіліктің төзімділік немесе қажулық (дірілді) беріктік деп атайды, ол қирау жүріп жатқанда және F айнымалы жүктеме Nn циклінің сәйкестілік санымен және sn үлкен кернеу арасындағы тәуелділікті білдіретін металдың қисық (Вёлера қисығы) тозығы жеткенімен сипатталады (1.28-сурет).

Айнымалы жүктеменің шексіз саны кезінде материалдың қирамауын ұстап тұратын шектік кернеу төзімділік шегі деп аталады. Болаттық үлгілерді сынау кезінде цикл N= 107 кезінде төзімділік шегі анықталады. 1.28-суреттің, б-да логарифмдік масштабта абсцисса осі бойынша, ал қирату кернеулер мәні — ордината осі бойынша Nв циклдер санын кейінге қалдырған жартылай логарифмдік координатада құрылған жүктеме цикл санына байланысты металдың тозығы жеткен беріктік диаграммасы бейнеленген.Тәжірбиемен осы координаталарда s= f(N) тәуелділігі түзудің екі кесіндісімен: еңіс және горизонталь кесінділерімен бейнелеуі мүмкін деп расталған. Горизонталды түзу sr төзімділік шегіне сәйкес келеді.

Негізінде айнымалы жүктеме кезінде беріктік жүктеу циклдер санына, кернеудің амплитуда өзгерісіне, сынақ өтіп жатқан үлгілер формасы мен өлшемдеріне, олардың материалына, беттік жағдайларына, жүктеу (иіліс, бұралу) түріне, сынақ жүргізілетін орта қасиетіне және т.б. байланысты болады.



1.28-сурет. Материалдардың қисықтық төзімділігі: а — ақиқат мәнінде; б — жартылай логарифмдік координаталарда.

Егер төзімділік шегіне сәйкес циклдердің аз санына жүктеу циклдердің саны кезінде үлгіні сынақтан өткізсе, онда қирату кернеудің мәні төзімділіктің шектелген шегі деп аталады.

Дәнекерленетін конструкцияның кейбір техника аясында жүктеудің төмен жиілік кезінде сынаққа қатысады және бірнеше ондаған мың

циклдер кезінде қирауға жетеді. Осындай сынақтар қайталау-статикалық деп аталады. Дәнекерлеу қосылыстар жүктеуінің қарсыласуы жоғары жиілікпен сынауға қарағанда төмен жиілік (тәулігіне, сағатына, минутына бірнеше цикл) кезінде едәуір нашар болады. Төмен жиіліктік жүктемелер барлық материал түрлері мен дәнекерлеу қосылыстар беріктігін төмендетеді.

Төзімділік шегі жүктеу кезеңінің бір уақыты үшін кернеудің барлық мәнінің жиынтығы — цикл сипатының айтарлықтай дәрежесіне байланысты болады.

r=omin/omax қатынасын амплитуда коэффициенті, цикл асимметриясының немесе цикл сипатының коэффициенті деп атайды (мұнда omax және omin— циклдің ең үлкен және ең кіші кернеуіне сәйкес).

Циклдің орташа кернеуі

Ocp = (smax + smin)/2;

циклдің амплитуда кернеуі

Sa =(smax — smin)/2.

Симметриялы циклді жүктеу кезінде анықталған төзімділік шегі o_1 ретінде, o0 — нөлдік мәнінен ең жоғары мәніне дейін жүктеуді өзгерту кезінде, ог— ерікті кезінде белгіленеді. Ең үлкен мәні төзімділік шегінің мәні иіліске сынақ жасау кезінде ось жүктеу кезінде біршама аз және бұралу кезінде ең кіші болады.

Дәнекерленетін қосылыстардың сол немесе өзге типтерінің тозығы жеткен қирауға қарсыласуының салыстырмалы дәрежесі мен оны орындау сапасына ықпал етуін бағалау кернеу концентрациясының тиімділік коэффициенті болуы мүмкін

$$p = O\text{-}1/^{\circ}\text{-}1p,$$

мұнда o_1 — кернеудің концентраторсыз негізгі металды жүктеудің симметриялы цикл кезінде төзімділік шегі; o_1P — кернеудің концентрацияымен сондай үлгідегі жүктеудің симметриялы цикл кезінде төзімділік шегі.

p > 1 кезінде p коэффициенті 1 (бір санына) жақынырақ болса соғұрлым конструкция жақсы жұмыс жасайды. p коэффициенті әрбір қосылыс түрі үшін тәжірбиелі жолмен анықталады. Айнымалы жүктеу кезінде жіктердің тамырлары толығымен пісірілген түйіспелі жіктермен табақтардан дәнекерленген конструкциялармен, сондай-ақ автоматты түрде (p=1,1) дәнекерлеумен орындалған үзіліссіз бойлық (белдік) жіктермен жұмыс істеу өте тиімді.

Негізінде бұрыштық жіктермен қосылған, кернеудің (p = 1,7...3,5) жоғары концентрациясын беретін, дәнекерленетін конструкциялар үшін қолданатын, айнымалы (дірілдік) жүктеме кезінде жұмыс істейтін профильдік илемнен жасалған дәнекерленген торлы конструкциялар

лайықты емес. Дәнекерленетін қосылыстар конструкциясында төзімділік тек негізгі металдың бастапқы қасиеттерімен ғана емес, сонымен қатар оның жіктер аймағының төңірегінде анықталады. Осыдан басқа ережеге сүйене отырып дәнекерленетін конструкцияларда қалдық дәнекерлеу кернеулері орын алады. Сондықтан дәнекерлеу конструкциялар төзімділігін бағалау кезінде олардың ықпал етуі де ескерілуі тиіс.

Негізінде қолданыстағы ереже мен нормалар бойынша дәнекерлеу конструкцияларын төзімділікке есептеу статикалық беріктігін есептеуден айырмашылығы бар, тек негізгі метал мен дәнекерлеу жіктердің есептік кернеуін (есептік кедергісі) у коэффициентіне көбейтумен төмендейді, ол мына формуламен анықталады

$$y = 1/[(ap \pm b) - (ap \pm b)r] < 1, \qquad (1.46)$$

мұнда а және b— анықтамалық әдебиетте келтірілген коэффициенттер; р — кернеу концентрациясының тиімді коэффициенті (кестеленген шамасы).

(1.46) формулада «+» таңбасы, егер σср> 0 циклдің кернеуі орташа болған жағдайда, ал «-» таңбасы, егер σср< 0 қабылданады.

Төзімділік шарты мына түрде өрнектеледі

$$\sigma = F/(yA) < [\sigma]. \qquad (1.47)$$

Егер шектік жағдайға ауысу айнымалы жүктеме деңгейін ұлғайтумен байланысты болса, онда төзімділіктің бірінші шектік жағдайы бойынша есептеу мына формуламен жүргізіледі

$$\sigma_{пр} < mR, \qquad (1.48)$$

мұнда σпр — келтірілген кернеу; т — жұмыс жағдайының коэффициенті.

Қалдық кернеу бар болғанда сыртқы күштермен туындаған кернеулерді бөлу сипаттаманың өзгеруіне әкеледі, яғни айнымалы кернеу циклінің сипаттамасы өзгереді. Созу қалдық кернеулер дәнекерлеу қосылыстар мен конструкция төзімділіктерін төмендетеді, ал қысу қалдық кернеулері оларды арттырады.

Дәнекерлеу қосылыстардың төзімділігіне кернеу концентрациясының ықпал етуі концентратордың орналасу орнында нақты кернеулер төзімділігін бағалайтын орта кернеулерден айтарлықтай асып түседі. Бірақ төзімділік әсер етуші кернеулер өскен қатынаста төмендемейді.

Дәнекерлеу конструкциясының төзімділігі кернеу концентрациясына қауіпті әсер етудің алдын-ала болдырмауды екі тәсілмен жүзеге асыруға болады: кернеу концентрациясын қалпына келтіру немесе орташа есептік кернеу шамасын төмендетумен. Бірінші тәсіл өте мақсатқа лайықты,

өйткені ол екінші тәсілді қолдану кезінде кернеудің концентрациясын сақтайтын және ең үлкен кернеу төмендегенде кернеу концентрациясын тудыратын себептерді болдырмайды.

Төзімділіктің шегіне жіктер бетінің көрінісі үлкен әсер етеді. Дөңестік түйіспелі жіктерде ол өте төмен тегіс түйіспелі жіктерге қарағанда; түйіспелі жіктерді күшейтуді алып тастағанда немесе оларды өңдеу кезінде жіктердің негізгі металға бірқалыпты ауысуын қамтамасыз ететін тіпті жақсы нәтиже алуға болады.

Таврлық қосылыстардың айнымалы жүктеме кезіндегі беріктігі жиектерді дайындаудың айтарлықтай дәрежесіне байланысты болады. Экспериментті түрде таврлық қосылыстардағы жиектерді дайындамауға қарағанда жиектерді дайындаумен дәнекерленген төзімділік шегі жоғары болады. Жиектерді пісірмеу себептерінен кернеудің концентрациясы болады. Автоматты дәнекерлеумен таврлық қосылыстарды орындау кезінде флюс астымен тереңдікті балқыту көп болады. Осы жағдай айнымалы жүктеме кезінде қосылыстар жұмысын жақсартады.

Айнымалы жүктеме кезінде жұмыс жасағанда айқастырылған қосылыстар мен жапсырылған қосылыстардың беріктігі негізгі металдағы бұрыштық жіктер жанында осы жіктердің көлдеңен қима жіктер арасында пайда болатын осы түрдегі қосылыстардағы кернеу концентрациясынан, сондай-ақ күштердің бірқалыпсыз бөліну салдарынан жіктердің ұзындығы бойынша төмен болады.

Эксперименттік жолмен үлкен қалыңдықты дәнекерленетін қосылыстардағы элементтің тозығы жеткен беріктігі төменкөміртекті және көміртекті болаттан жасалған электрқожды дәнекерлеумен орындалған деп белгіленген. Дәнекерлеу элементінің өлшемін ұлғайтумен тозығы жеткен беріктігі бірнеше төмендейді. Бірақ айнымалы жүктеме кезінде дәнекерленген қосылыстардың жеткілікті беріктігі өте жауапты конструкцияларда электрқожды дәнекерлеуді қолдануға ықпал етеді. Үлкен қалыңдықты элементтерді термикалық өңдеу әсіресе терме үйлестірудегі күшейтуді алып тастаумен тозығы жеткен беріктігін көзге түсерліктей арттыруға әкеледі.

Байланыстырушы дәнекерлеуді қолданып орындалған конструкция үшін әсіресе кернеу концентрациясының үлкен маңызы бар. Бұған кернеу концентрациясына жеке алғанда оның сезімталдығына және негізгі метал қасиетінің өзгеруіне аса қатты әсер ететін барлық процестің жылдам өту салдарынан байланыстырушы дәнекерлеу жағдайы ықпал етеді. Сондықтан байланыстырушы дәнекерлеумен орындалған түйіспелі қосылыстардың циклді жүктеме кезіндегі қимылы балқыту дәнекерлеумен орындалған түйіспелі қосылыстардың қимылынан біршама айырмашылығы бар. Яғни, дәнекерлеу қосылыстардың төзімділік шегі балқыту дәнекерлеумен орындалған негізгі метал мен дәнекерленген қосылыстардың төзімділік шегіне жол беретін шөгудің кіші шамасы кезінде алынған шөгу процессінде қалыптасатын бірқалыпты

қалыңдауымен түсіндіріледі.

Түйіспелі жердегі негізгі металдың қалыңдауына бірден ауысуы және шөгудің үлкен шамасы кезінде төзімділік шегінің төмендеуі әбден заңға сыйымды. Дәнекерленетін түйіспелерді өңдеу (қалыңдауды алып тастау) сондай-ақ төзімділік шегінің төмендеуіне әкеледі, ол түйеспелерді механикалық өңдеу кезінде жүктелген элемент талшықтарын бұзумен түсіндіріледі. Сондықтан, олар циклдік жүктеме ықпалына ұшырайтын жағдайда механикалық өңдеуге ұшырамайтын үзіліссіз балқытумен байланыстырушы дәнекерлеуден кейін балқыту дәнекерлеумен орындалған түйіспелі қосылыстардың дәнекерлеу қосылыстардан өзгешілігі бар. Нүктелі дәнекерлеу қосылыстар дірілдеу жүктеме кезінде өз қимылымен тойтармалы жүктемеге жақындайды, бірақ оның төзімділік шегі үлкен қаттылық қосылыстар салдарынан тойтармалы қосылыстардың төзімділік шегінен біршама төмен болады.

Алайда нүктелі дәнекерлеу қосылыстарды қолданған кезінде дірілдік беріктіктің белгілі шегінде нүкте диаметрін, қатарлар санын, нүкте қадамын өзгертумен реттеу мүкіндігі бар. Нүктелі қосылыстардың төмен тозығы жеткен беріктігі бірқалыпсыз жұмсалған күштермен ғана емес, сонымен қатар дәнекерлеу нүктесі орналасқан жердегі негізгі металдың біртектілігі еместігімен де түсіндіріледі. Нүктелі қосылыстар қиық кернеулері бойынша шартты түрде есептелінеді. Алайда айнымалы жүктемемен жұмыс істеу кезінде олардың қирауы дәнекерлеу нүктесі жанындағы аймақтағы металдың үзілу нәтижесінен жүреді. Бұл қираулар кернеудің концентраторларымен туындаған. Әсер ететін күштерге перпендикулярлық бағытта қатардағы нүктелер арасындағы қадам көп болса, соғұрлым кернеудің концентрациясы жоғары және тозығы жеткен беріктігі төмен болады.

Алюминий қорытпалардан жасалған дәнекерлеу қосылыстар төзімділігі өте төмен болуы осы қорытпалар кернеу концентрациясына жоғары сезімталдықпен әсер етуімен түсіндіріледі. Пайдалану тәжірбие негізінде алюминий конструкцияларда айтарлықтай бірқалыпсыз күштер ағынын құратын және кернеу концентрациясын болдырмау табақтардың шет жағындағы жіктер ұштарын тазалау мен орындауды аса тыңғылықты талап ететін қисық түйіспелі жіктерді қолданудан сақтандыру керек.

Титанның төзімділік шегі (концентраторлар жоқ болғанда) сол реттегі аустениттік болаттың алюминий қорытпаларына қарағанда 2 — 2,5 есе көп болады. Дірілдік жүктеме кезінде кернеудің концентрациясындағы титанның сезімталдығы болаттан қарағанда жоғары болмайды. Беттік қақталмаларының төзімділік шегін (болаттан айырмашылығы) төмендетеді.

1.2.8. АЛЮМИНИЙ ҚОРЫТПАЛАР ҚОСЫЛЫСТАРЫНЫҢ БЕРІКТІГІН БАҒАЛАУ

Алюминий қорытпасының негізгі жетістіктері болып табылады:

кіші меншікті салмағымен анықталатын жеңілдік;

айтарлықтай меншіктік беріктігі, яғни көлемдік салмағына есептік кедергісінің қатынасы;

25 -тен 340 МПа-ға дейінгі есептік кедергісінің мәні өзгеруіне байланысты беріктік сипаттамасы өзгеруінің күрделі шегі;

жоғары механикалық қасиеттерді сақтау, теріс температура кезінде атап айтқанда соққы тұтқырлығы;

жалпы коррозияға қарсы жоғары беріктілік;

қажетті формада жартылай фабрикаттарды алу мүмкіндіктерін анықтайтын жоғары технологиялық;

ұшқын пайда болуының жоқ болуы;

магниттік қасиеттерінің жоқ болуы.

Алюминий қорытпалардың кемшілігіне жатқызуға болады:

бойлық серпімділіктің салыстырмалы төмен модулі (болатқа қарағанда 3 есе аз);

болатпен салыстырғанда төзімділіктің салыстырмалы шегінің төмендетілген мәні;

дәнекерленген қосылыстардың төмен беріктік сипаттамасы;

алюминий жартылай фабрикаттардың жоғарғы құны;

дәнекерлеу кезінде айтарлықтай деформацияны анықтайтын температуралық кеңейтудің аса жоғары коэффициенті.

Алюминий қорытпалар айнымалы жүктеме кезінде жұмыс істейтін, конструкцияны жобалау кезінде ескеру қажет кертікке салыстырмалы жоғары сезімталдықпен иемденеді. Негізгі металға бірқалыпты ауысумен жіктер немесе өнделген жіктер кезінде негізгі металмен беріктігі тең дәнекерлеу қосылыстар алынады.

Балқыту дәнекерлеумен алюминий қорытпалардан алынған қосылыстар икемділік түйіндерді қамтамасыз ететін элементтердің бірқалыпты түйіндесу формасымен дәнекерлеуге айтарлықтай аса тыңғылықты дайындықпен болаттық бұйым қосылыстардан ерекшеленеді. Жауапты дәнекерлеу конструкциялары үшін алюминий қорытпалардың АМц, АМг3, АМг5В, АМг6 және АМг61 маркаларын пайдалануға кеңес беруге болады; осы қорытпаларды дәнекерлеу кезінде жіктер төңірегіндегі аймағы іс-жүзінде осалданады. Дәнекерленетін конструкция үшін аса берік термикалық өнделген қорытпаларды қолдану мақсатқа лайық емес, өйткені жіктер төңірегіндегі аймақтағы беріктік төмендейді.

Әсер ететін күш осінде орналасқан жіктермен дәнекерленетін қосылыстардан кесілген стандарттық үлгілерін созу кезінде қосылыстардың беріктігі негізгі металдың шыңдалған беріктігінен төмен, бірақ салыстырмалы түрде жасытылған аумақтан кесілген үлгі беріктігінен жоғары деп белгіленген. Беріктік барлық үлгі қима ауданындағы жасытылған аумақ аудан үлесіне байланысты болады және егер оның беріктігі дәнекерлеу жіктерінің беріктігіне тең болған кезінде ғана және

жіктер шегінде көп болса дәнекерленетін профиль толық босаңдатуды алады. Сондықтан дәнекерлеу жіктер аймағында жасытылған метал дәнекерлеу конструкциясының беріктігін төмендетуге және оның жалпы деформациясын ұлғайтуға әкеледі.

Дәнекерленетін нүктелі қосылыстар беріктігін статикалық қиыққа сынау кезінде ұқсас тойтармалы қосылыстарға қарағанда дуралюмин жоғары болады. Үзуге тойтармалы қосылыстар өте берік болады. Профилмен табақтарды қосу кезінде статикалық қиықтағы дәнекерленген нүктелер беріктігі шамамен 25%-ды табақты табақпен қосудағы дәнекерленетін нүктелер беріктігінен жоғары.

Динамикалық жүктеме кезінде нүктелі қосылыс беріктігі іс-жүзінде ұқсас тойтармалы тозығы жеткен беріктігіне тең. Қайталау статикалық жүктеу кезінде дәнекерленетін қосылыстар беріктігі тойтармалы қосылыстар беріктігінен бірнеше төмен. Осы жағдайда қосылыстарда нүктелер санының көбею есебінен теңберіктікті қамтамасыз етуге болады.

Алюминий қорытпалар серпімділік модулінің мәнін болатпен салыстырғанда бірден төмен болғандықтан олардың жергілікті тұрақтылығын қамтамасыз ететін, элементтің жеке бөліктер өлшемдер арақатынасын қабылдайтын, олардың ортақ иілгіштігін төмендету үшін элемент қималарының геометриялық өлшемдерін дамытатын, қаттылығы жоғары элементтерді және т.б. жобалауды талап етеді. Алюминий конструкциясының серпімділік модулі төмен болағндықтан, оларды жобалау сатысында болаттық конструкциялар ретінде бөлек элементтер түрінде үлкен биіктікті болуы тиімді болмайды.

Жалпы жағдайда дәнекерлеу конструкцияларды жобалау кезінде келесі ережелерді орындау қажет. Бірінші кезекте дәнекерлеу конструкцияларда дәнекерлеу жіктердің ең кіші санын тапсыру керек. Ереже бойынша қосылыстар қыспақ түрінде жобалануы тиіс. Ірігабаритті тұтас конструкцияларда қырларды бұрыштық түйістіру, қалыңдықтарды, жиектерді дәнекерлеу үшін бөлшектелген таврлар, бұрыштар және дайындық-профилдер арқылы жүзеге асыруға кеңес береді. Торлы дәнекерленетін конструкцияларда белдікке үшкіл арқылы қиғаштірек қосудан аулақ болу керек.

Егер алюминий кенептерді орама түрінде тасымалдау жорамалданған болса, онда дәнекерлеу жіктеріне жоламау керек. Бұл жағдайда табақтарды орналастыру олардың ұзын жағы ораманы орайтын өн бойында жататындай қылып орауға кеңес береді. Орамаға жақсы орауды қамтамасыз ету үшін дәнекерлеу жіктердегі күшейтулерді алып тастау керек. Қалған жағдайларда алюминий табақтар конструкциясын құру және есептеу осындай болаттық конструкциялардан аз ерекшеленеді.

Дәнекерленетін алюминий конструкциясының бойлық жіктері бар арқалық типті есептеулері әзірленген. Жүктеме түсіру арқылы осындай конструкцияның көлденең иілісіне жұмыс істеуін екі кезеңде қарастыру керек. Бірінші кезеңде конструкция жіктерінің есептік кедергісінен аз

немесе тең кернеу шегінде жұмыс істейді.

Конструкция жұмысының екінші кезеңі онда кернеу дәнекерлеу жіктерінің есептік кедергісінен жоғары болғанда жүреді, бірақ негізгі металдың есептік кедергі шегінде болады. Осы кезеңде дәнекерленетін жіктердің аймағындағы метал пластикалық деформация облысында, ал негізгі метал — серпімді деформация облысында жұмыс істейді. Дәнекерленген жіктердің жіктер төңірегіндегі аймақта пластикалық деформация облысына енуі шеткі кернеулердің ұлғаюына қарай біртіндеп және дәнекерленген жіктердің орналасуына байланысты жүреді. Қиманың бейтараптылық осінен дәнекерлеу жіктері неғұрлым алыс орналасса, соғұрлым олар тез пластикалық облысына кіреді және оның үстіне бүкіл конструкция майысқан болады.Егер дәнекерленетін жіктер бейтараптылық осіне жақын немесе тікелей сонда орналасса, онда ереже бойынша, дәнекерленетін жіктер серпімділік шегінде жұмыс істейді және бүкіл конструкцияның майысуына ықпал етпейді. Осылайша жасытылған аймақ ауданына, олардың қима биіктігі бойынша орналасуы және жеке жобаланған конструкциясына олардың әсер ету қима формасына байланысты болады. Конструкциясының қаттылық есептік иілу сипаттамаларын анықтау кезінде сондай-ақ өзгереді, яғни жұмыстың екінші кезеңінде дәнекерленген конструкция аз қаттылықты болады.

Төмен температура кезінде пайдалануға арналған конструкцияның жұмыс сенімділігін арттыру осы жағдайда алюминийдің тұрақты негізгі механикалық сипаттамаларын сақтаумен, ал жеке жағдайларда тіпті оларды жақсартумен анықталады. Мысалы, 2.03.06—85 ҚНжҚ алюминий конструкцияны жобалау нормасына есептік кедергінің температурасын өзгертуге әсер етуді ескеретін Кт коэффициентінің мәні енгізілген, сонымен қатар металдың -70 °С температурасы кезінде Кткоэффициентінің мәні 1-ден 1,1-ге дейінгі шегінде өзгереді.

Алюминий және оның қорытпаларының кемшіліктері конструкциондық материал ретінде серпімділік модулінің төмен мәніне байланысты, болаттық элементтер жүйесіне қосумен едәуір дәрежеде жоюға мүмкін. Мысалы, құрамалы алюминий өзегінің тұрақтылығы белдіктерді болаттық тақтайшамен қосу кезінде айтарлықтай артады.Осы материалдарды араластыру экономикалық тұрғыдан алғанда орынды болып табылады, мысалы, алюминий жалатылған материалға қоршау функциялары бөлінеді, ал болаттар үшін салмақ түсіреді. Алайда, оң қасиеттермен бірге құрама конструкциялардың болат және алюминий арасындағы байланыс бытыраңқылығы бойынша іс-шараларды жүргізу қажеттілігін қортындылау бір кемшілігіне ие. Осындай конструкциялардың есептеу ерекшелігі болат және алюминий сызықтық ұлғаю коэффициентері мен серпімділік модульдерінің мәнін есептеу айырмашылықтарда жасалады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Дәнекерленетін қосылыстардың негізгі ерекшеліктері қандай?
2. Жүктеме түсіру кезінде дәнекерленген қосылыстар мен түйіндер қалай жұмыс істейді?
3. Жобалау кезеңінде дәнекерленетін конструкцияларға қандай талаптар қойылады?
4. Дәнекерленетін конструкцияны есептеудің жалпы міндеті неде?
5. Рұқсат етілетін кернеу бойынша дәнекерленетін конструкцияның беріктігін есептеу үшін қандай негізгі теңдеуді қабылдайды?
6. Дәнекерленетін конструкцияның беріктігін есептеудің қандай түрлері бар?
7. Рұқсат етілетін кернеудің шамасын қандай факторлар анықтайды?
8. Шектік жүктеме бойынша есептеу принциптері неде?
9. Қордың коэффициенті бойынша беріктікті бағалау қандай түрде жүргізіледі?
10. Рұқсат етілетін кернеу бойынша есептеуге қандай кемшіліктер тән?
11. Конструкцияның шектік жағдайы немен анықталады?
12. Дәнекерленген қосылыстар жұмысының жағдайын қандай коэффициенттер анықтайды?
13. Материалдың есептік және нормативтік кедергісінің мағынасы неде?
14. Конструкцияның шектік жағдайын бағалау үшін қандай формула бойынша есептеу жүргізіледі?
15. Конструкцияның сенімділік шарты неде?
16. Ықтималдық беріктікті есептеу қандай формула бойынша жүргізіледі?
17. Дәнекерленетін қосылыстардың қандай негізгі түрлері бар?
18. Дәнекерленетін конструкциясының беріктігі мен тұрақтылығына қалдық дәнекерленетін кернеулер қалай ықпал етеді?
19. Төмен көміртекті және төмен қоспаланған болаттардан жасалған дәнекерлеу қосылыстардағы кернеуді бөлудің шамасы мен сипаты шамамен қандай?
20. Қоспаланған болаттан жасалған қосылыстардағы кернеуді бөлудің шамасы мен сипаты қандай?
21. Алюминий қорытпалардан жасалған қосылыстардағы кернеуді бөлудің шамасы мен сипаты қандай?
22. Титанды қорытпалардан жасалған қосылыстардағы

кернеуді бөлудің ерекшелігі неде?
23. Кернеудің концентрация құбылысының ерекшеліктері қандай?
24. Қатты дене беріктігіне кернеу концентрациясы на геометриялық өлшемдер қалай ықпал етеді?
25. Кернеудің концентрация коэффициенті қандай факторлармен анықталады?
26. Дәнекерленетін конструкцияларда кернеу концентрациясының себептері қандай?
27. Түйіспелі қосылыстарда кернеулер қалай бөлінеді?
28. Түйіспелі қосылыстарда кернеудің концентрация себептері неде?
29. Бұрыштық жіктерде кернеудің концентрация себептері неде?
30. Кез келгенжіктерде кернеудің концентрацияы қандай факторлармен анықталады?
31. Қанаттық жіктері бас қосылыстарда кернеудің концентрация себептері неде?
32. Қанаттық жіктер ұзындығы бойынша кернеудің концентрация коэффициенті қалай бөлінеді?
33. Жапсырмасы бар қосылыстарда кернеу қалай бөлінеді?
34. Байланыстырушы дәнекерлеумен орындалған қосылыстарда кернеудің концентрация себептері қандай?
35. Дәнекерленетін қосылыстардың беріктікті есептеудің негізгі принциптері неде?
36. Статикалық жүктеме кезінде тік және қисық жіктері бар түйіспелі қосылыстардың беріктігін бағалау есептеулері қалай орындалады?
37. Күрделі жүктеу кезінде түйіспелі қосылыстар беріктігі қалай бағаланады?
38. Жүктеме түсірілген бұрыштық жіктер қосылыстар жұмысының ерекшеліктері неде?
39. Бұрыштық жіктердің беріктігін қандай факторлар анықтайды?
40. Бойлық жүктеме кезінде бұрыштық жіктер беріктігі қандай есептік жолмен бағаланады?
41. Металдың бұрыштық жіктері бойынша және металдың балқыту шекарасы бойынша қиықтың есептік кедергісі қандай?
42. Үзілісті бұрыштық жіктердің беріктігі қандай?
43. Таврлы қосылыстар беріктігі қандай есептік жолмен бағаланады?
44. Иілістегі айқастырылған қосылыстар жұмысының ерекшеліктері неде?

45. Күрделі жүктеу кезінде бұрыштық жіктері бар қосылыстар беріктігін қалай бағалайды?
46. Байланыстырушы дәнекерлеумен алынған дәнекерленген нүктелер мен қосылыстардың беріктігін бағалау есептеулері неде?
47. Желімді дәнекерленетін қосылыстар беріктігі қандай факторлармен анықталады?
48. Дәнекерленетін қосылыстардың төзімділіг қандай параметрлермен сипатталады?
49. Кернеудің концентрациядың тиімді коэфициенті қалай анықталады?
50. Дәнекерлентін түйіндердің төзімділік шарты неде?
51. Қосылыстардың тозығы жеткен беріктігін қандай факторлар анықтайды?

2 тарау

АРҚАЛЫҚ КОНСТРУКЦИЯЛАР

2.1. АРҚАЛЫҚ КОНСТРУКЦИЯЛАРДЫҢ ЖАЛПЫ СИПАТТАМАСЫ

Арқалық көптеген дәнекерленетін конструкция (жақтаулы конструкция, көпірлі кран, құрылыс конструкция) құрамында кездеседі және негізінде осы конструкциялардың элементі ретінде және қолданыстағы арқалыққа жүктеме беретін көлденең иілісте жұмыс істейді; кейбір конструкцияда бұралу, қисық иіліске немесе бойлық күш беруге жұмыс істейді. Бірараліқты (кесілетін) арқалықтар олардың оңай дайындау және жинақтау, жұмысы анықталғандығына байланысты ең көп тараған.

Болаттық арқалықтар илемді және құрамалы болады. Құрамалы арқалықтар илемді арқалық қаттылық және тұрақтылық, беріктік жағдайды қанағаттандырмайтын немесе илемді арқалықтарды қолданған кезінде металдың елеулі артық шығынына әкеп соқтыратын кезде қолданылады. Үлкен аралықтарда және жүктемелер талап етілген кедергі моменті > 2 560 см3 болған кезде илемді түрінің жиыны шектеулілігі салдарынан құрамалы арқалықтарды жобалайды және дайындайды — дәнекерлеу немесе тойтарылған. Илемді арқалықтармен салыстырғанда құрамалы арқалықтардың бірқатар артықшылығы бар: кернеуді тым бірқалыпты бөлу, арқалыққа форма беру мүмкіндігі, конструкцияның аса сәйкестілікке белгілеу, келісімді сыртқы түрі, массаның аз бөлігі.

Жобаның негізгі талаптарын күшті қанағаттандыратындарын қиманың мүмкіндік типтерінен таңдайды: металды үнемдеуді қаматамсыз ететін, көп еңбек қажет етуді төмендететін, пайдалануға ыңғайлы. Арқалықтың салмақ түсіретін қабілеттілігіне әуелгіде бар болғаны белдіктің қаттылық иіліс шамасы (немесе қима түрі), содан кейін қабырға мен белдіктің метал беріктігі әсер етеді.

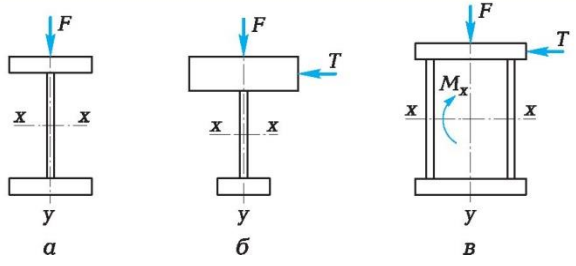
Алюминий қорытпадан арқалықтар дайындау серпімділік модулінің (болаттың серпімді модулінің мәні шамамен 0,3) төмен мәні салдарынан мақсатқа лайықты емес. Осы жағдай оларды айтарлықтай қаттылықпен қаматамсыз етуге тиіс жағдайда шиеленістіреді, ал көп есе қайталанатын

жүктеме жағдайда төзімділік шегінің жоғары емес мәнін пайдалануды шектейді.Сондықтан атап айтқанда,тек ерекше жағдайларда (мысалы, агрессивті ортада болған жағдайда немесе сейсмикалық ауданда құрылыс салукезінде) жалпы салмақ түсетін алюминий конструкциялар мен арқалықтарды қолданады.

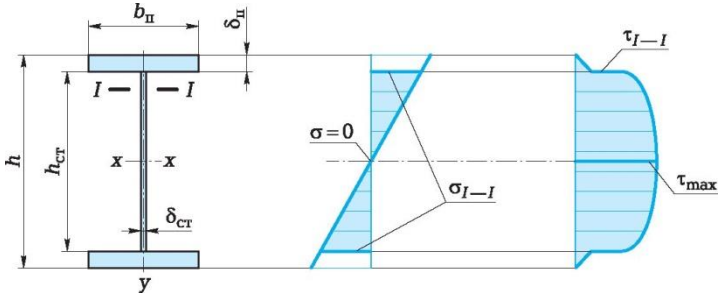
Арқалықтың жұмыс қабілеттілігіне қойылатын талаптар конструкция элементінің беріктігіне тең және тұрақтылыққа тең ең жоғары принциптерді сақтау, сондай-ақ талап етілген қаттылықты (мысалы, белгіленген нормамен арқалықтың иілімі анықталған шамадан аспауы тиіс) қамтамасыз ету кезінде қол жетімді болады. Қаттылық және тұрақтылық, беріктік талаптарын қанағаттандыра отырып, арқалықтар бір уақытта кіші салмақты, жоғары технологияда дайындалған және ұзақ мерзім пайдалануға жарамды болуы тиіс.

Иіліс кезінде қима формасы айтарлықтай рөл атқарады, өйткені арқалық беріктігі W кедергі моментіндегі мәнімен сипатталады, ол қима өлшемдеріне, сондай-ақ көрінісіне байланысты болады.Кедергі моментінің үлкен мәнін шағын немесе үлкен кезінде — шағын аудан болғанда алуға болады. Металдың шығыстары мен иілістеріне аса қолайлы жұмыс тұрғысынан бірінші нұсқа тиімді екені анық, бірақ ол әрқашанда конструктивті мүмкін емес.

Құрамалы арқалықтар бірнеше илемделген немесе майысқан профилден дайындалады, негізінде екі таврлы немесе қорапты қималар: тек F вертикалды жүктеме әсер еткен кезінде — симметриялы қима арқалықтар (2.1-сурет, а); F вертикалды жүктеме және жоғары белдікке T горизонталды жүктеме әсер еткен кезінде — жоғары дамыған белдігі бар симметриялы емес қима арқалықтар (2.1-сурет, б); арқалықтарды бұрауға жұмыс істеу кезінде екі таврлы профилдер мақсатқа лайық емес, сондықтан қорапты қима арқалықтарды қолданады (2.1-сурет, в).



2.1-сурет. Құрамалы арқалықтарды жүктеу схемасы: а — F вертикалды жүктеммен; б — F вертикалды жүктемемен және жоғарғы белдікке T горизонталды жүктемемен; в — Mx бұрау моментімен F вертикалды жүктемемен және жоғарғы белдікке T горизонталды жүктемемен.



2.2-сурет.Иіліс кезінде арқалықтар қимасындағы о қалыпты және t жанамалы кернеулер: h — арқалық биіктігі; hСТ— қабырға биіктігі; бст — қабырға қалыңдығы; бп — сөрелер ені; бп — сөрелер қалыңдығы

Ауданның негізгі бөлігі бейтараптылық сызықтан мүмкіндігінше алыс қашықтыққа орналасқан көлденең қима формалары тиімді. Осы жағдайды бірінші кезекте екітаврлы қималы арқалықтар қанағаттандырады: оларда бейтараптылық белдік қабатарынан алыс қашықтықта металдың негізгі салмағы шоғырланған. Тікбұрышты қималар, әсіресе бейтараптылық осі (Wy<Wx) бойына созылған тіпті тиімді.Иіліске жұмыс істейтін конструкция ретінде арқалықтар қимасының тиімді өлшемі W/A қатынасы неғұрлым жоғары болса, соғұрлым қима материал шығыны бойынша үнемді болады (А — көлденең қиманың ауданы); көлденең иіліске жұмыс істейтін профилдің үнемді критерийі үшін ю = W/A3 өлшемсіз меншікті кедергі моменті немесе h = (W 2/A3)1/3 өлшемсіз арақатынасы қабылданады.

Екітаврлы қималар тікбұрышты 2 және 3 есе дөңгелекті қималарға қарағанда тиімді, яғни осы қимада материалды бөлу арқалық иілісінен кернеудің о қалыпты және t жанама бөлулеріне өте сәйкес болады. (2.2-сурет).

t жанамалы кернеу қабырғасы жұқарақ қалыңдықты екітаврлы қималар арқалықтарында айтарлықтай мәні бар. Өте жұқа қабырғалы және биіктік бойынша t шағын белдіктерді бөлу екітаврлы қима үшін тұрақты болады:

$$t = QAnH/2 = \_Q$$
$$t2ЬАп ((2/4) Hb'$$

мұнда Q — арқалықтың көлденең қимасындағы жұмсалған күш; Ап — белдік қимасының ауданы; Н — белдіктер қимасы мен ауырлық центрі арасындағы арақашықтық; b — қабырға қалыңдығы.

Бұл жағдайда белдіктегі t жанама кернеулерді нөлге тең деп санауға болады (бұл табақтардың жұқарақ қалыңдығымен кең белдіктеріне қатысты емес).

Арқалықтарды жобалау кезінде қамтамасыз ету қажет:

беріктік; ең кіші материал шығындар жағдайында smM< [op] ± 5%. Басқаша айтқанда, беріктік шарттарынан s есептік кернеуі 1,05[op] аспауы тиіс; екінші жағынан, металдың шығысын үнемдеу тұрғысынан s есептік кернеуі 0,95[op] көп болуы тиіс;

берілгеннен төмен емес қаттылық, ол арқалықты белгілеуге және [f/L]түрінде берілгенге байланысты болады (f— иілім; L— арқалықтың ұзындығы);

тұрақтылық: жалпы (арқалықтың барлық қысылған бөліктері) және жергілікті (арқалықтың жеке қысылған элементтері).

2.2. ДӘНЕКЕРЛЕНГЕН АРҚАЛЫҚТАРДЫҢ ҚИМАЛАРЫН ІРІКТЕУ ЖӘНЕ ҮЙЛЕСТІРУ

Арқалықтардың қимасын іріктеу және үйлестіру процесі келесі тәртіппен орындалады.

Жүктемемен арқалықтардың есептік схемасын құрады; жүктеу мен есептік схемасының нұсқалары арқалықты тағайындауға байланысты болады.

2. Арқалықтың көлденең қимасындағы M есептік моментін және Q күшін (ішкі күштер факторының деп аталатын) анықтайды. Статикалық жүктеме кезінде M және Q эпюраларын салу жеткілікті. Жылжымалы жүктемелер үшін әсер ету сызықтар әдісі қолданылады. Эпюра бойынша немесе әсер ету сызықтар бойынша тіректегі қарсы әсерді анықтап, аса жүктелген қиманы табады, онда Mmax және Qmax — моменті мен күші ең жоғары.

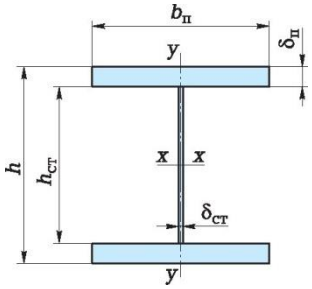
3. Арқалықтың қима өлшемдерін таңдайды.

3.1. Лст қабырға биіктігін белгілейді (2.3-сурет).

3.2. Аралықтың аралығы бойынша әртүрлі учаскелерде қажетті 8ст қабырға қалыңдығын анықтайды.

3.4. Белдіктердің қажетті қимасын анықтайды.

Қаттылық және үнемді талаптарына сүйене отырып арқалықтардың қима өлшемдерін тексереді.



2.3-сурет. Арқалық қимасының есептік параметрлері:h — арқалықтың биіктігі; hСТ — қабырға биіктігі; бст — қабырға қалыңдығы; бп — сөрелер ені; бп — сөрелер қалыңдығы

Алайда осы жағдайда арқалықтар төмен кернеумен (үлкен қорымен) жұмыс істейтін болады.

Белгілі шамада арқалықтардың таңдалған биіктігі кезінде оның салмағын анықтайды. Арқалықтың ең кіші салмағын алу талаптарын ескере отырып, арқалық қимасының берілген биіктігі hmax кем емес болуы тиіс:

екітаврлы профилді арқалық үшін

қорапты қима арқалық үшін

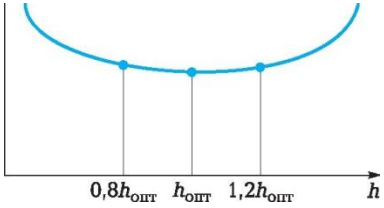
$$\sqrt{\frac{M}{|\sigma_р|\delta_{ст}}} \qquad (2.3)$$

$$\sqrt{\frac{M}{|\sigma_р|\delta_{ст}}} \qquad (2.4)$$

Атап айтқанда, арқалықтың hmax биіктігі тасымалдау жағдайымен және өзіне осы арқалықты жатқызатын конструкция құрылысының биіктігіне байланысты болады. Яғни, теміржолдар тасымалдау габаритімен анықталатын шектік биіктігі құрайды hmax= 5,5 - 1,25 - - 0,2 - 0,1 = 3,75 м, мұнда 5,5 м — теміржолдар габаритінің биіктігі; 1,25 м — платформа биіктігі; 0,2 м — турникеттік білеудің биіктігі; 0,1 м — қор бойынша биіктігі.

h артқанда конструктивтік элементтер салмағы арттады, ал тиімді биіктігі теориялықтан бірнеше есе аз болады. W бірдей кедергі моментімен және әртүрлі биіктіктегі, осылайша әр түрлі металдық қажетілігі көптеген арқалықтар орындауға болады. Бұл негізінде белдіктер М иіліс моментінде қабылдауына, ал қабырғалар — Q қиюшы күштерге байланысты болады. Арқалық қимасында туындайтын М моментінің үлкен бөлігі белдіктің бойлық күшіне көшіріледі

Арқалықтар биіктігі үлкен болса, онда белдікке метал шығыны аз кететінін атап өтсек болады, бірақ сонымен қатар қабырғасына көп метал қажет болады. Осы қайшылыққа жобалау кезінде «алтын ортасын» іздеп табу керек. Аз салмақты жағдайынан анықталатын арқалық биіктігі тиімді.



2.4-сурет. А көлденең қима ауданына байланысты honT арқалық биіктігінің оңтайлы мәнін өзгерту

Сонымен қатар, көлденең қима ауданы мен салмағы ең төменгі мәні облысында тіпті баяу өзгереді, өйткені арқалық қимасының биіктігі тиімді биіктігінен салмағында тіпті өзгеріс байқалмайтын айтарлықтай айырмашылығы болады (2.4-сурет). Арқалықтың Лопт тиімді биіктігі көптеген факторларға байланысты, өйткені аналитикалық шешім бойынша оны анықтау әлі табылған жоқ.

Айнымалы қиманың дәнекерлеу арқалығының жуық есептеулері үшін

Лопт = (5,5° 6,5Ц/^тр, (2.5)

немесе

W

Лопт = к , (2.6)

ост

мұнда —тр — талап етілетін кедергі моменті, —тр = М/[ор]; к — арқалық белдігі мен қабырға конструктивтік параметрлер қатынасына тәуелді коэффициенті, к = 1,1... 1,3.

Арқалық биіктігін таңдау кезінде қаттылық ұғымын басшылыққа ала отырып, арқалық биіктігінің ең жоғары (салмағы бойынша тиімді) мен ең төменгі (қаттылық шартына байланысты) мәні арасынан таңдау керек. Арқалықтың соңғы биіктігі, әдетте (2.5) немесе (2.6) теңдеулерімен алынатын тиімділікке жақын 5.10%-ға аз болуы тиіс, бірақ hmin аз болмауы керек. Қортындылаушы кезеңде қима биіктігін таңдауда hmin, Лопт салыстырмалы талдау шамаларын жүргізу керек.

hmax. кезінде hmin< Лопт<hmахалу қажет, Лопт, кезінде hmin> Лопт, бірақ hmin<hmax деп алуға hmin немесе тиімділікке жақын және арқалықтың ең төмен биіктігін қамтамасыз ететін болатты аса берік болатқа ауыстыру керек.

Егер қабырға салмағы екі белдік салмағына тең немесе қабырға ауданы екі белдік ауданына тең болса, онда арқалықтың биіктігі оңтайлы болады. Арқалықтарды жобалау кезінде төмен қоспаланған болат пен алюминий қорытпалардың ең төменгі биіктігі көбірек тиімді. Осы жағдайда осы арқалықтың қимасы ең тиімді болады, оның материалының 75%-ы

қабырғасында және тек 25 %-ы белдіктерде шоғырланады.

Әдетте, (2.4) формулада 8ст мәнін түрлендіре отырып, тәжірбиемен белгіленген h/8СТ кестеленген мәнін қолдайтын, арқалықтың Лопт осындай мәніне жетеді. Егер тиімді биіктік габаритқа сыйыспайтын болса, онда азғана метал қажеттілігін арттырумен және h^* негізін қабылдап келісуге тура келеді.

Арқалықтың (қабырға) биіктігін белгілеу кезінде стандарттарды басшылыққа алу қажет, Лст қабырға биіктігін табақтың илем еніне тең деп қабылдау қажет, өйткені бойлық жиектерін кесуді және сүргілеуді тудыратын конструктивтік шешім технологиялық болып табылмайды. Конструкцияны біріздендіру мақсатында арқалықтың биіктігі 1 050 мм және 100 мм еселілікке дейінгі табақтың ені үшін — 1 200 мм және артық табақтың ені үшін 10 мм еселілік болуы тиіс. Қабырғаның ең төменгі қалыңдығы қиықтың беріктік жағдайына, қабырғаның шектік иілісіне және табақ илемінің стандарттар қалыңдығына байланысты белгіленеді. 8ст қабырға қалыңдығын аралық ұзындығы бойынша әртүрлі учаскелерде қабырға жұмысының әр түрлі жағдайын ескере отырып жүргізумен анықтайды. Мысалы, қиюшы күш шамасы өсетін, тіректегі иіліс моменті азаятын, қиюшы күші нөлге тең, аралық ортасында ең жоғары иіліс моменті бар, жүктемені бірқалыпты бөлумен жүктелген, екі тіреуде ерікті жатқан арқалық. Сондықтан қабырға беріктігі тіректегі хср қиықтың жанама кернеу мәнімен, аралық ортасы бойынша — о қалыпты кернеу мәнімен анықталады. Белдіктің дұрыс таңдалған өлшемдері кезінде қабырғадағы кернеу әрқашанда қабырға қалыңдығынан тәуелді емес рұқсат етілетін кернеуден аз болады, онда аралық ортасы үшін 8ст қабырға қалыңдығы тек тұрақтылық жағдайымен анықталады. Қима үшін тіректегі 8ст қабырға қалыңдығын беріктік пен тұрақтылық жағдайына байланысты таңдайды, сондықтан ең алдымен тіректегі қажетті қабырға қалыңдығын белгілейді.

Арқалықтың биіктігін есептеу кезінде 8ст қабырғаның қалыңдығы белгісіз болады. Сондықтан оны алғашқы рет береді, мысалы, биіктігі 3 м кем емес ауыр арқалықтар үшін

8ст = 7 + (0,003 ...0,005)h,

мұнда h = (1/8...1/12)1.

Арқалықтың h биіктігі мен8ст қабырға қалыңдығының келесі ұсынылған арақатынастары:

h, м		,0	1	,5	2	,0	3	,0	4	0	5	0
8ст,		1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2
А/8с	.	..	1	..	1	..	1	o	o			2

Төмен көміртекті және төмен қоспаланған болаттар үшін қабырғаның жергілікті тұрақтылығын қамтамасыз ету керек.

Өйткені Q көлдеңен күші тіпті толығымен қабырғамен қабылданады, бірақ қабырғаны Аст биіктігі мен 8ст қалыңдықты тікбұрыш ретінде шартты деп санауға болады.

ma 3Qmax [Ддв
x £],

қайдан kQmax
Аст [Дсдв]

мұнда к — белдікті ескеріп қиықта жұмыс істеу кезінде к = 1,2, белдікті ескермей қиықта жұмыс істеу кезінде к = 1,5 бар белдікті ескеретін коэффициенті.

А = 1,0...2,5 м и 8ст = 8...14 мм

Аст = А - (20.50) мм,

немесе

Аст£ (100.150)8ст.

Агрессивтік ортада жұқа қабырғалы арқалықтарды қолдану тиімді емес, ол конструкцияның сенімділігі мен қызмет ету мерзімінің азаюына әкеледі.

8ст таңдалған қабырға қалыңдығы ыстық иленген илем табақтардағы стандарттарға сәйкес болуы тиіс. 2,5; 3; 4; 6; 8; 10 мм мәндер артықшылығына беру қажет. Әдетте 8ст> 8 мм (8; 9; 10; 11; 12 мм) қабылдайды, егер 8ст> 12 мм — 2 мм қадаммен (2 мм-ге ұлғаюмен).

Қабырға өлшемдерін белгілегеннен кейін оның геометриялық сипаттамасын, жеке алғанда қиманың инерция моментін анықтайды:

J 8стдт
12
с содан кейін белдіктің инерция
т моменті
JnJJст,

мұнда J — арқалық инерциясының жиынтық моменті.

Белдіктің қима өлшемдерін алдын-ала белгілеу үшін негізінде (80... 85%-ы) момент белдіктермен Nc иығымен қосарлы күш ретінде қабылдауға рұқсат береді, Дст шамамен тең деп (2.5-сурет).

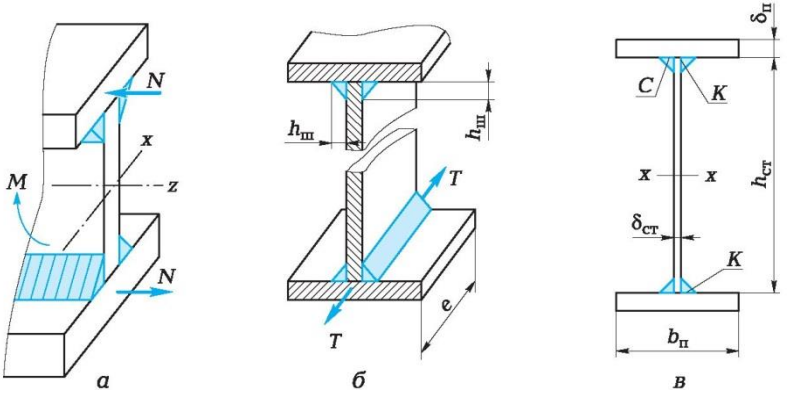
Демек:

лх 0,8M N = .

Дст

N күші белдікті созуды және қысуды тудырады, сондықтан белдіктің

қима ауданы 0,8М Дст [s]



2.5-сурет. Арқалықтың көлденең иіліс кезінде белдіктерді жүктеу схемасы (а, б) және арқалықтың есептік қимасы (в):К— жік катеті; е — арқалық элементінің ұзындығы; Т — созылмалы күш; N— иілетін жүктеме; М — иілетін моменті; Ьш — жік биіктігі; қалған белгілеулерді 2.3-суреттен қараңыз

Конструктивтік түсінік бойынша белдіктер ені әдетте Ьп = (0,3 ...0,4)Лст қабылдайды.

Құрамалы арқалықтың симметриялы қимасының Ап белдік ауданы

А 5cth _6_
п

мұнда Wrp — М есептік иілетін моментін түсіну үшін арқалықтың талап ететін кедергі моменті:

м

[Ор].

Белдіктің ені жалпы және жергілікті тұрақтылық талаптарын ескере отырып белгілейді:

Ьп = (1/5... 1/3)h,

бірақ технологиялық ұғымға сәйкес 180 мм кем емес (белдік жіктерді автоматты түрде дәнекерлеу орындауға ыңғайлы болу үшін).

МЕМСТ 82 — 70* бойынша әдетте саралаумен белдік табақтар қалыңдығын 12.40 мм деп белгілейді. Үлкен қалдық дәнекерлеу кернеулерін болдырмау мақсатында

5п< 35ст

арақатынасты қолдауға кеңес береді.

оның төменгі шегі

$$> \quad \sqrt{\frac{[\sigma_р]}{E}}.$$
$$1,31$$
$$Ьп$$

Қалыңдығы 40 мм артық төмен көміртекті болаттан және қалыңдығы 32 мм артық төмен қоспаланған болаттан жасалған табақтарды қолдану төмен тұрақтылық шегіне байланысты, демек есептік кедергі тиімді емес. Қалыңдықтары 50 мм артық емес көміртекті болат үшін, ал 40 мм артық емес төмен қоспаланған болат үшін белдікті табақпен конструкция өте мақсатқа лайықты.

Материалдың беріктігін толығымен пайдалану шартынан

Элементтердің (көлденең жүктеу кезінде иіліс, имектік) жетілмегендік

$$\frac{b_п}{2\delta_п} \le 15\sqrt{\frac{E}{[\sigma_р]}}.$$

бастапқы мүмкіндіктерін және басқа да қолайсыз факторларды ескере отырып, жобалау нормасымен ұсынылған Ьп/(25п) шектік арақатынасы бірнеше төмен болады. Ені үлкен белдіктерде қалыпты кернеулердің (жиектердегі құлауы және ортасында концентрацияы) бірқалыпсыз бөліну мүмкін, сондықтан белдіктің енін Ьп< 600 мм деп белгілеуді ұсынады.

Таңдалған қиманың Jx инерция моментін, Wx кедергі моментін және Sx жарты қиманың бейтараптылық х — х осіне қатысты статикалық моментін анықтайды.

Өте дамыған жоғары белдікпен симметриялы емес қиманың (2.6-сурет) арқалықтары үшін асимметрия коэффициентін анықтайды:

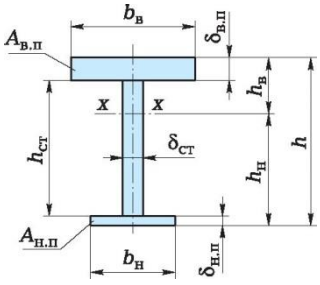
$$WB \quad \frac{h_н}{h_в},$$
$$Wн$$

мұнда Wj, Wн— арқалықтың жоғары және төмен сөрелері үшін сәйкес кедергі моменттері; Лв, Лн — бейтараптылық осінен арқалықтың жоғары және төмен сөрелеріне сәйкес арақашықтығы.

Асимметрия коэффициенті горизанталды және вертикалды жазықтықтардағы қалыпты кернеудің арақатынасына байланысты белгіленеді:

и = 1,1...1,5.

Арқалықтың ең төменгі биіктігі (2.2) формуламен анықталады. Ассиметрия коэффициентін ескере отырып тиімді биіктігі -iuW^(и + 1)8ст



2.6-сурет. Симметриялы емес қимадағы арқалықтың есептік параметрлері:h— арқалық қимасының биіктігі; bст — қабырға биіктігі; bст — қабырға қалыңдығы; bв — жоғарғы сөре ені; bн — төменгі сөре ені; bвп — жоғарғы сөре қалыңдығы; bнп — төменгі сөре қалыңдығы; Ав.п — жоғарғы сөре ауданы; Ан.п — төменгі сөре ауданы

Талап етілетін кедергі моменті серпімді немесе серпімді пластикалық жұмыста және арқалықтың симметриялы қимасы үшін қабырға қалыңдығы белгіленеді.

Симметриялы емес қиманың арқалықтың көлденең қимасының ауданы

жоғарғы белдік ауданы

төменгі белдік ауданы

Осы деректер бойынша симметриялы емес арқалықтың көлденең қимасы симметрилы арқалықтар сияқты жинақталады. Геометриялық сипаттамасын анықтау ауырлық центрінің нақты жағдайын ескере отырып орындалады.

Арқалықтың белгіленген қимасын сондай-ақ материалды бөлу бойынша тексереді, сонымен қатар белдіктерде 30% кем емес материалдың жалпы салмағы болуы тиіс: екітаврлы профил үшін [2Ап/(2Ап + Аст)]100 >> 30%; қорапты профил үшін [Ап/(Ап + Аст)]Ю0 > 30%, мұнда Ап, Аст — сәйкес қабырғалар мен белдіктер ауданы.

2.3. АРҚАЛЫҚТАРДЫҢ ҚИМАЛАРЫН ӨЗГЕРТУ

Арқалықтағы үлкен аралық тең беріктік принциптерін орындау үшін өзгерту есебінен аралық ұзындығы бойынша қиманы өзгерту қажет:

- белдіктер қимасын (тұрақты арқалық биіктігі);
- арқалық биіктігін (тұрақты белдіктер қимасы);
- әрі арқалықтар биіктігін, әрі белдіктер қимасын.

Бірақ арқалықтың айнымалы қимасын (дайындауда еңбекті көп қажет

ететін) басқа конструкцияның арқалығының үнемді емес екенін көрсететін есептеу болған кезде ғана пайдалану керек.

Кейбір жағдайда белдік табақтардың қалыңдығын немесе енін өзгертеді немесе табақтар қабырғасының айнымалы биіктікті арқалықтарын қолданады. Кейде белдіктерді қалыңдығы бойынша құрамалы (норма бойынша табақтар дестелерін белдікті дәнекерленген екітаврлы арқалық үшін қолдануға кеңес бермейді) жасайды, егер белдіктің қалыңдығы 30 мм кем емес; сонымен қатар аз жүктелген учаскелердегі табақтар санын азайтады.

Металды үнемдеудің иіліс моментінің эпюра контуры арқалықтың кедергі моментін қайталаған кезде ең жақсы шешімі болып табылады.

Әдетте арқалықтың қисық сызықты көрінісі немесе оның белдіктері көп еңбек қажет етуін арттыруды дайындауға әкеледі және конструктивті көзқарас тұрғысынан әрқашан да ыңғайлы емес. Сондықтан іс-жүзінде аралықтарды бірнеше учаскелерге бөлшектеу және осы учаскенің иіліс моментінің шегінде олардың әр қайсысына арқалықтың өзінің ең жоғары өлшемдерін таңдап қиманы өзгертудің дискретті формасын пайдалану керек.

Қиманың өзгеру орнын осылайша табады.

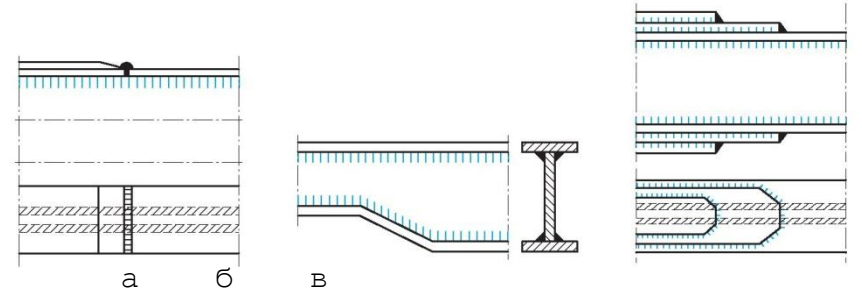
180 мм кем емес деп белгіленген Ъ'п ені өзгертілген (2.7-сурет) горизонталды табақтар қимасының WX кедергі моментін анықтайды.

Шектік иіліс моментін есептейді, ол кішірейген қимамен қабылдануы қажет:

К ред = [S рЖ.

х координата функциясында иіліс моментінің арқалық бойына саналатын аналитикалық өрнегін жасайды:

$$M(x) \quad q\ 'Lx\ q'2 - \frac{}{x2} \qquad (2.7)$$



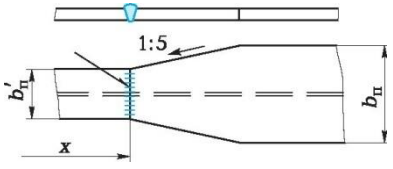
2.7-сурет. Арқалық қимасының өзгеру схемасы: а — әртүрлі қалыңдықтағы белдіктерді қолдану; б — әртүрлі қималардағы қабырға биіктігін өзгерту; в — табақтар дестесін қолдану.

3-тармақтағы квадраттық теңдеуден алынған моменттерді теңестіру арқылы

МПред =М(Х),

тіректен қиманың теориялық өзгеру орнына дейінгі х ізделініп отырған арақашықтықты табады.

Ь'п және Ьп әр түрлі ені бар табақтардың белдіктік түйіндесуі әдетте белгілі болғандай, негізгі металға беріктігі тең емес сапасын бақылау физикалық әдістерді қолданбай қолмен дәнекерлеу кезінде тік жіктер арқылы жасалады (2.8-сурет. Сондықтан (2.7) формулада [ср] рұқсат етілетін кернеуді немесе түйіспелі жіктердің R есептік кедергісін қою қажет.



2.8-сурет. Әртүрлі енді табақтардан жасалған белдіктердің түйіндесу схемасы: b'п, bп — белдіктегі табақтардың ені; х — тіректен қиманың теориялық өзгеру орнына дейінгі х ізделініп отырған арақашықтығы

Әдетте 30 м дейінгі аралықтары бар кесілген дәнекерленетін арқалықтардағы қиманы бір рет өзгертеді, яғни арқалықтарды үш элементтен құрастырады, орташа аралық ортасындағы момент бойынша, ал екі шеткі — қиманың өзгеру орнындағы момент бойынша жобаланады.

Тіректегі аралығы 1/6 арақашықтағы қима өзгеруі ең көп әсер етеді. Осы қимадағы М' иіліс моментін анықтап талап етілген кедергі моментін табу керек және белдіктің жаңа енін таңдау керек.

Өзгерген қимадағы беріктікті тексеруді аралық ортасындағыдан өзгеше жасау керек. Сонымен қатар, бірқалыпты бөлінумен жүктелген арқалықтарда көлденең күштер аралық ортасында жоқ болады, сондықтан арқалықтың шеткі талшықтардағы қалыпты кернеулерді шектеу жеткілікті. Қиманың (әдетте тіреуге жақын жерде) өзгеру орнында шектік қалыпты, сондай-ақ едәуір жанама кернеулер қатысады, сонымен қатар белдіктік жіктердің деңгейінде олардың бірлескен әрекеттері ең қолайсыз болады, сондықтан қабырға мен белдіктің қосылған жеріндегі қалыпты

кернеуді анықтай отырып, беріктікті тексеру келтірілген кернеулер бойынша жүргізілу керек:

Sприв =js~+<1,15R;
O= МЛст; t= Q
1xWx h Дтбст

мұнда 1,15 — пластикалық деформация қабырғасындағы дамытуды ескеретін коэффициент.

Арқалықтың конструктивтік рәсімдеудің мәні зор, өйткені онымен конструкцияның технологиялылығы, сондай-ақ оның үнемділігі анықталады. Барлық мүмкін болған жағдайларда тұрақты биіктіктегі арқалықтарды пайдалануға ұсыныс білдіру керек.

2.4. АРҚАЛЫҚТАРДЫҢ БЕРІКТІГІН ТЕКСЕРУ

Арқалықтардың беріктігін тексеру қалыпты, жанамалы, жергілікті және келтірілген кернеуді бағалауды білдіреді. t жанама кернеуін тексеру қималар үшін Q — Qmax бейтараптылық осі бойынша жүргізіледі. Бұл ереже бойынша, арқалықтың тіреулері жанындағы қималарда байқалады.

Д.И.Журавскийдің формуласына сәйкес кесіндідегі беріктік шарттары

мұнда tmax — бейтараптылық ось деңгейіндегі — арқалықтың қауіпті

t Qmax (2.8)
ma Sxотс

қимасының жанама кернеуі (2.2-суретті қараңыз); Qmax— әдетте арқалықтың тіректерінде туындайтын ең жоғары көлдеңен күштері; Sxотс — бейтараптылық осіне қатысты онымен көлдеңен қима бөліктерін бөлектегіш статикалық моменті (симметриялы қима үшін — жарты қиманың статикалық моменті); Jx — бейтараптылық осіне қатысты барлық қима инерцияның моменті. Егер t жанама кернеуі тек қабырғамен қабылданса, онда (2.8) формуладағы беріктік шарты мына түрде өрнектеледі

8ст лст;
Jx = 12 '
JCT = Sxотс 8стh2T 12 3

t= 3Qmax£[t cp J (2.9)
max

Қайдан

vrT —2ЛСт[хср, J(2.10)

Егер көлдеңен күштер жұмысына белдіктер кіретін болса, онда қабырға қалыңдығы

5тр 9Qmax
> 8Лст[Хс

Қабылданған 8ст (2.10) шарты бойынша кесінді тексеріледі.

8ст қабырға қалыңдығы h пен қабырға иілісінің көбейтінді шамасы болып табылады.

8ст үлкен жүктеме кезінде от Q-дан (тірек әсерінен) кесінді беріктігі бойынша табылған ^пт жеткілікті болады. Бұл жағдайда тексеру үшін мына теңдеу қолданылады

8min>1,2Qст hM

Энергетикалық беріктік теориясына сәйкес бас кернеулер бойынша тексеру күш түсіру арқылы екі қимадағы ең көп кернеулік нүктеде жүргізілуі тиіс, мұнда Q =Qmax немесе M =Mmax.e ұзындықты учаскеде қабырғаға қатысты белдіктерді жылжытуға кедергі тудыратын, екі қанаттық жіктермен қабылданатын бойлық жылжымалы күш (2.5-суретті қараңыз)

тQSупT = e,
Jy

мұнда Syn — у осіне қатысты белдіктің статикалық моменті; Jy — у осіне қатысты инерцияның моменті.

Кесіндідегі жіктер беріктігінің жағдайынан көруге болады

t QSуп
> 1,4 Jy[t]'

Содан кейін (II-23—81ҚНжҚ сәйкес) серпімді сатысында жұмыстың қалыпты кернеуін тексереді

M
max
s = £ 1ар|,
Wp

жанама кернеу

t = maxx £ [tcp]'
Jx§ст

Екі таврлы қима үшін белдік қабырғаларына тұтастырылған жерлер

өте қауіпті, онда метал жазық шартында кернеулілік жағдайда болады, сондықтан оэкв эквиваленттік кернеуді тексеру қажет. Норма бойынша болаттан жасалған арқалықтар үшін кеңес береді

sэкв = Vs2 + 3t2£ [s]m,

мұнда m — пластикалық деформацияны дамытуға рұқсат беретін коэффициент, m= 1,15.

Жанама кернеудің ең үлкені мына (2.9)' формуламен тексеріледі. Арқалықтың ов жоғарғы және sH төменгі сөрелердегі қалыпты кернеулері мына формуламен анықталады:

Mx My

sв = sx + sy =- + £ [s];

вх у W„ Wy

мұнда sx, sy — вертикалды және горизонталды жүктемелерден

$$sH = \frac{Mx}{W} £[s],$$

туындаған жоғарғы белдіктегі кернеулер; Мх, Му — вертикалды және горизонталды жазықтықтардағы сәйкес әрекет ететін иіліс моменттері (Му тек жоғарғы белдікпен қабылданады); Ww Wh — арқалықтың жоғарғы және төменгі сөрелері үшін кедергі моменті; Wy— у — у осіне қатысты жоғарғы белдіктің кедергі моменті.

2.5. АРҚАЛЫҚТАРДЫҢ ЖАЛПЫ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫ

Берілген жүктеме кезінде арқалықтың анықталған арақатынас өлшемдері үшін қысылған белдік горизонталды бағыт жағына шығуға ұмтылады, ол өзімен арқалықтың бұралуы мен қиманың бұрмасын ала кетеді (2.9-сурет). Жазықтықта арқалықтың ең үлкен қаттылығы иіліс жұмысы орнына кейбір қималарда қисық иіліске жұмыс істей бастайды, ол бірден деформацияның өсуін және ары қарай арқалықты қиратуды тудырады. Бұл жоғарғы жұқа қабырғалы екітаврлы арқалықтарда ғана емес, сонымен қатар кез келген көлденең қимасы бар жұқа қабырғалы арқалықтарда да байқалатын құбылыс арқалықтың жалпы тұрақтылығын жоғалту деп аталады. Арқалықтағы тұрақтылықты жоғалту моментіне сәйкес жүктеме мен қалыпты кернеу сыни (қауіпті) деп аталады.

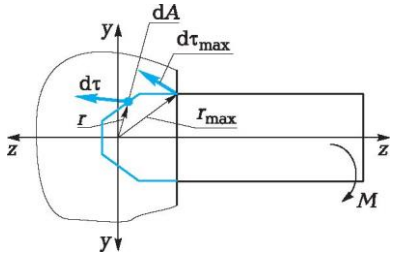
Арқалық қимасының вертикалды жазықтығында иілістің әсер етуімен негізгі бойлық кернеулер пайда болады

мұнда М — қимадағы иілетін моменті; у — осы остен dA қима

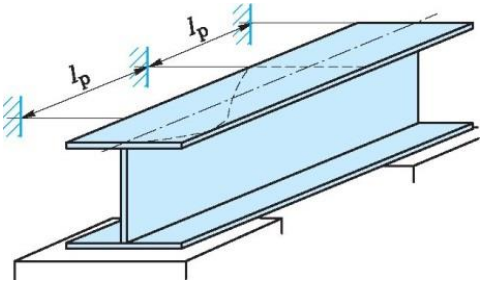
$$\frac{My}{J_x}$$

элементінің

ауданына дейінгі арақашықтық; Jx— орталық горизонталды осіне қатысты қиманың инерция моменті.



2.9-сурет. Инерция моментінің полярлық принципі бойынша дәнекерленген қосылыстарды есептеу схемасы: M — иілетін моменті; r, rmax—остің қиылысу нүктесінен кернеуі мен оның ең жоғары шамасы есептелінетін нүктеге дейінгі арақашықтық ; dt — жанама кернеудің векторы; dtmax— жанама кернеудің ең жоғары векторы; d4 — элемент қимасының ауданын өзгерту



2.10-сурет. Қосымша баланыстырушы белдіктермен бекіту схемасы: 1р – қысылған белдікті бекіту нүктелері арасындағы арақашықтық

Арқалықты жалпы тұрақтылыққа тексеру мына формуламен жүргізіледі

M
о = < фбшIр,
Nбрутто ™ р

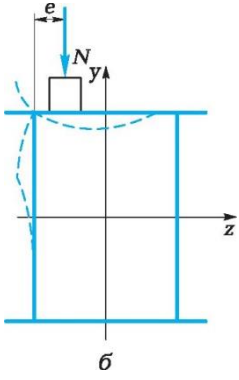
мұнда Nбрутто — қаттылығы ең көп жазықтықтағы қысылған белдікке сәйкес келетін брутто қимасының кедергі моменті; фб — иілетін элемент өзінің тұрақтылығын жоғалту кезіндегі кернеудің төмендету коэффициенті:

о Мкр кр
фб= ; окр= ,
б от кр Wx

мұнда Мкр — арқалық өзінің тұрақтылығын жоғалту кезіндегі моменттің сыни мәні.

Арқалықтың тұрақтылығы оның көлденең қима арақатынас өлшемдеріне және арқалықтың ерікті ұзындығына байланысты болады. Сондықтан, қосымша байланыс (мысалы, қатты төсемдерді көтергіш көлденең арқалықтар — 2.10-сурет) орната отырып немесе қысылған белдіктің бүйірлі қаттылығын ұлғайта отырып, іс-жүзінде қажет болған жағдайда арқалықтың ерікті ұзындығына шектеу қояды. Дөңестік 1р қысылған белдіктің бекіту нүктелері арасындағы учаскеде жүреді. Жалпы тұрақтылық неғұрлым жоғары болса, соғұрлым 1р/Ьп қатынасы аз болады және Jy/Jx қатынасы көп боады.

Сондықтан, мақсатқа лайық Jx ұлғайту арқалықтың беріктігі мен қаттылығын арттыру жалпы тұрақтылық көзқарас тұрғысынан тиімді емес. Jx>>Jy кезінде, биік арқалықтар вертикалды жүктемемен жалпы тұрақтылықты жоғалтуы мүмкін.



2.11-сурет. N жүктеменің симметриялы емес қосымшасында арқалық белдігінің (а) бұралуы және элементтерінің (б) иілуі

Арқалыққа жылжымалы жүктеме әсер еткен кезінде жоғарғы белдік және қабырғаның жоғарғы бөлік жұмыстарының қалыпты жағдайларын қамтамасыз ету қажет, яғни кран астындағы рельстерін арқалықтың қабырға осі бойынша дәлма-дәл орналастыру керек. Қолданыста пайдаланып жүрген конструкцияларда шоғырланған және оларға жақын жүктемелерді қабылдайтын, мысалы әртүрлі түрдегі кран астындағы конструкцияларда жазық қабырғасы ортасынан жүктеме әсер ететін сызықтарды ығыстыру тіпті ықтималды болып табылады, яғни е біршама эксцентриситетпен оның қосымшасы (2.11-сурет). Арқалық осінен рельсті ығыстыру кезінде белдіктің бұралуы және қабырғаның иілуі байқалады, ол окр мәнін төмендетеді. Ашық профиль үшін белдіктің негізгі деформациясымен бұралуы, қабырғаның бір жартытолқынды бойынша иілуі жүреді. Тұйық қима үшін белдік тілім контуры бойынша иіледі, ал қабырға екі жартытолқын бойынша өзінің жазықтығында иіледі. Қабырғаның қысылған жағында жарықтар пайда болуымен сиапталады, өйткені қабырғаның жоғарғы бөліктерінде эксцентриситеттен қысылатын кернеулерді қысу кезінде тұрақтылық шегі көп және қысу пластикалық деформациясы пайда болады. Кранды қозғалту кезінде қабырға мерзімді жүктеледі, онда қысу және созу кернеулері дамиды.

Жоғарғы белдік бойынша жүктеу кезінде ерікті жатқан арқалықтың тұрақтылығын арттыратын негізгі шаралар соңғы даму болып табылады. Қысылған белдік созылған белдікке қарағанда арқалықтың симметриялы вертикалды осіне қатысты үлкен инерция моментімен жасалады. Сондықтан симметриялы емес арқалықтар симметриялы арқалықтарға қарағанда кең дамыған жоғарғы белдікпен орнықты болады.

2.6. АРҚАЛЫҚ ЭЛЕМЕНТТЕРІНІҢ ЖЕРГІЛІКТІ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫ

Конструкцияның жеке элементерінің жергілікті дөңестенуі қысылатын қалыпты және жанама кернеулердің әсер етуімен жергілікті тұрақтылықты жоғалту деп аталады. Сондықтан қалыңдығы жұқа элементтер (қабырға, белдік) үшін жергілікті тұрақтылық бойынша олардың салмақ түсіргіш қабілеттілігін тексеру қажет.

Жергілікті тұрақтылық конструкция онымен жалпы есептік беріктікті сақтау кезінде тіпті жиі салмақ түсіру қабілеттілігін шектейді. Жергілікті тұрақтылықты бағалаудың ерекше мәні болаттың жоғары және артқан беріктігін қолдану кезінде орын алады, өйткені олардың беріктік көзқарас тұрғысынан материалдың механикалық сипаттамасын арттыру кезінде элемент қимасы өте жұқа қабырғалы болуы мүмкін, сондықтан жергілікті тұрақтылықты жоғалтуға қатысты өте қауіпті. Жеке аймақтардың жергілікті тұрақтылықты жоғалту жиі симметриялы қиманы симметриялы

емес қимаға айналдыра және қиманың орталық иілісін ығыстыра отырып, конструкцияны қатты нашарлататын, арқалықтың жазықтығынан (қабырға үшін) немесе арқалықтың жазықтығында (белдік үшін) олардың дөңестенуімен бірге жүреді. Бұл конструкцияның бұралуына және оның тұрақтылығын мезгілсіз жалпы жоғалтуына әкелуі мүмкін.

Арқалықты құрастыру кезінде табақтың қабырға мен белдік арасындағы жергілікті тұрақтылықты жоғалтуының айтарлықтай түрлілігін ескеру қажет. Қабырға арқалықтың белдікпен көмкерілген аралық элементі болып табылады. Сондықтан ол өзінің жазықтығында ерікті майыса алмайды және оның қисықсызықты формасы арқалықтың салмақ түсіргіш қабілеттілігін жоғалтуға бірден әкелмейді. Белдіктік табақтың ерікті асылмасы бар, сондықтан оның дөңестігі арқалықтың жұмысқа қабілетсіз болуын тез жасайды. Арқалықтың қысылған белдіктерінің өте үлкен енді Ьп сөрелері мен шағын қалыңдықты 8п сөрелеріне қалыпты кернеулер әсер ету нәтижесінен оның шет жақтары тұрақтылықтарын жоғалтуы мүмкін. Екі таврлы арқалықтың көмкерілмеген қысылған белдігінің тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін Ьп<608п (төменкөміртекті болат үшін) және Ьп<< 508п (төменқоспаланған болат үшін) теңдеулердің орындалуын сақтау керек.

Арқалық қабырғасының жергілікті тұрақтылығын жоғалту аса қауіпті болып табылмайды, өйткені элемент жұмыстан өшіріледі, ал кернеу қиманың қалған бөліктері бойынша қайта бөлінеді. Бірақ, сонымен қатар қиманың қалған бөліктерінің формасы өзгереді, қима симметриялы емес болады, енді иіліс орталығы ауырлық орталығымен сәйкес келмейді және арқалықты жеңіл бұрауға болады, ол жалпы тұрақтылықты өте ерте жоғалтуға әкеледі.

Арқалықтың қысылған белдіктерінің жергілікті тұрақтылығы мына шартпен қамтамасыз етіледі

Ь < 305п —.

Си

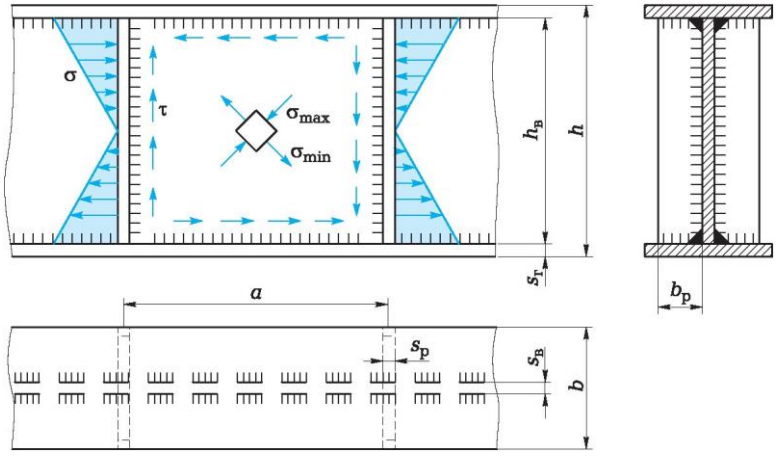
Егер арқалық қабырғасынан тілімді кесіп алсақ, онда оның периметрі бойынша қарастырылып жатқан қабырғаның лақтырылған бөліктерінде өзара әрекет етуді ұсынатын С қалыпты және t жанама кернеулер әрекет етеді. Арқалық қабырғасының тұрақтылықты жоғалтуы келесі әрекеттерімен болуы мүмкін (2.12-сурет):

арқалықтың иілісінен t жанама кернеулер;

арқалықтың иілісінен си қалыпты қысылатын кернеулер;

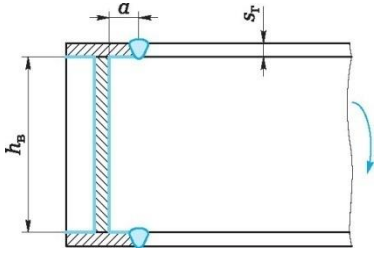
қабырғаның жоғарғы жиегіне қосымшаланған шоғырланған жылжымалы жүктемеден (қозғалатын доңғалақ қысымынан) см қалыпты қысылатын кернеулер;

осы факторлар жиынтық.



2.12-сурет. Арқалықтың вертикалды табақтарының жергілікті тұрақтылығы: тұрақтылықты жоғалтуды тудыратын с қалыпты және t жанама кернеулердің пайда болуы: h— арқалық профилінің биіктігі; Лв — арқылық қырларының биіктігі; b— арқалықтың ені; Ьр — бойлық қырынан вертикалды көлдеңен қырының шетіне дейінгі арақашықтық; sв — бойлық вертикалды қырының қалыңдығы; эг — арқалықтың горизонталды белдігінің қалыңдығы; Sp— көлдеңен вертикалды қырының қалыңдығы; а — көлдеңен және вертикалды қырлар арасындағы арақашықтық.

Қабырға күштердің әсер ету сипатынан тәуелді беттер бойынша дөңестенеді, қабырғаның тұрақтылығын жоғалту формасы күш факторлар (M, N, O) түрімен және олардың үйлесуімен анықталады (2.13-сурет).



2.13-сурет. Иіліс кезінде арқалық қосылыстарын есептеу схемасы: а — дәнекерлеу жіктерден көлдеңен вертикалды қабырғасына дейінгі арақашықтық; қалған белгілеулерді 2.12-суреттен қараңыз

Қабырғаларды қатаңдық қырлармен нығайту әрқашанда қажет емес.

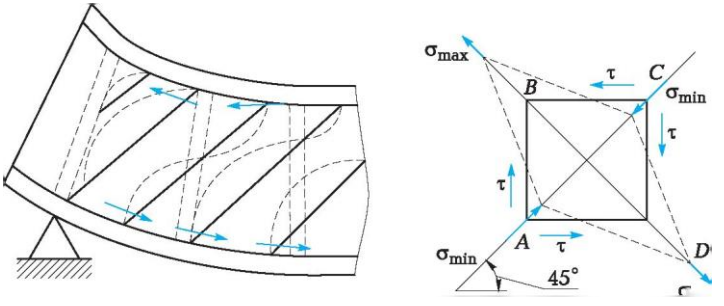
Қатаңдық қырларымен ішінара қысып ұстауды ескере отырып және кейбір оңайлату нормаларын жобалау төменкөміртекті болаттан жасалған қабырғалардың тұрақтылығын тексермеуге рұқсат береді, егер

$$\frac{h_{ст}}{\delta_{ст}} \le 110\sqrt{\frac{E}{[\sigma_р]}} \text{ при } \sigma_м = 0; \quad \frac{h_{ст}}{\delta_{ст}} \le 110\sqrt{\frac{E}{[\sigma_р]}} \text{ при sмП}$$

мұнда ом — қырлар арасындағы аралықтағы жергілікті кернеулер.

Сонымен арқалықтың қабырғасындағы тұрақтылықты жоғалту s мен t комбинациямен және қалыпты қысылатын кернеулермен туындайды. Диагоналды қимада созу және қысу кернеулерді шақыратын t жанама кернеулер аса қауіпті.

Қабырғадағы тіректер жанында айтарлықтай жанама кернеулер дамиды, олар оның қиғаштануын тудырады. Нәтижесінде қабырға бас қысылу қалыпты кернеулер бағытындағы (2.14-сурет, б) синусоидаға жақын (2.14-сурет, а) беті бойынша дөңестенуі мүмкін. АС диагноль бағыты бойынша тілім қысылады, ал BD бағытында — созылады. Қысылатын күштер сыни мәніне жеткенде жазықтықтан қабырға элементінің дөңестенуіне әкеледі.



а б

2.14-сурет. Жанама кернеулер әсер еткенде арқалық қабырғаларының тұрақтылықты жоғалту шарттары: а — тұрақтылықты жоғалту кезіндегі арқылықтың деформациясы; б — арқалықтың көлдеңен қырлары майысқан кезінде кернеудің әрекеті

Қабырғаның жергілікті тұрақтылығы үш тәсілмен қамтамасыз етіледі:

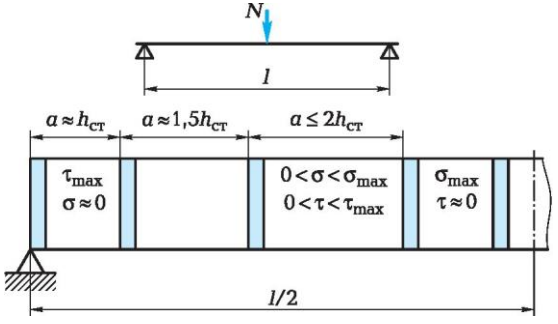
- қабырғаның қалыңдығын ұлғайтумен (бұл тиімді емес, өйткені иіліс моментінің 90%-на дейін белдіктер қабылдайды);

- қабырғаның биіктігін азайтумен (бұл тәуекелге баратын шаралар, өйткені белдіктің Jx азайтуын тудырады, ол арқалық қатаңдығының жеткіліксіздігіне әкеледі);
- қатаңдық қырларын (немесе диафрагма) орнатумен, беттің дөңестену мүмкіндіктерінің қиылысуы (2.14-суреттегі пунктирлік қисықпен көрсетілген, а). Бұл өте тиімді, металдың аз шығындарына әкеледі, сондықтан әдетте оларды қатаңдық қырлармен бекітіп, арқалықтарды мүмкінідігінше жұқа қабырғалармен жобалайды.

2 м дейінгі биік арқалықтарда қатаңдық бойлық қырлармен бекітусіз қабырғалардың жергілікті тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін келесі арақатынасты сақтау керек

$$\delta_{ст} \geq \frac{h_{ст}}{6}\sqrt{\frac{[\sigma_{сж}]}{E}}.$$

Қатаңдық қырлары (диафрагманың) арқалықты бір бірінен тәуелсіз жұмыс істейтін жеке бөліктерге бөледі (2.15-сурет).



2.15-сурет. Көлденең қатаңдық қырларының орналасу схемасы:а — көлденең қатаңдық қырларының арасындағы арақашықтық; l — арқалықтың тіректер арасындағы арақашықтық

Сондықтан осы бөліктер бір бірінен тәуелсіз тұрақтылықтарын жоғалтады. Бөліктерде үш жұмыс түрі ескеріледі:

- таза жылжымалы (арқалықтарда таза жылжыту іс-жүзінде болмайды, бірақ шарнирлі тіректер шетінде орналасқан бөліктерде негізінде көлденең күшке жұмыс істейді, өйткені иіліс моментері өте аз);
- таза иіліс;
- бірмезгілде жылжымалы және иіліс (өте жиі орын алатын

жағдайда).

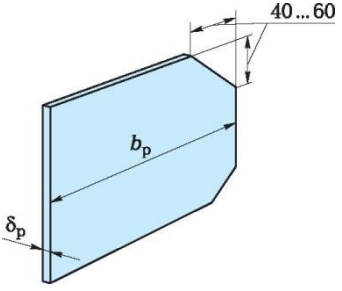
Арқалық қабырғасының жергілікті тұрақтылығын тексеру үшін екі есептеу бөліктерге бөледі: біріншісі tmax ең жоғары жанама кернеулер әсер ететін тіректерде, екіншісі — smax ең жоғары қалыпты кернеулер шоғырланған арқалық ортасында.

Қатаңдық қырларын (диафрагманы) құрастыру II-23—81* ҚНжҚ нұсқаулықтарына сәйкес жүргізіледі. Қабырғаны тек көлдеңен қатаңдық қырлармен бекіту кезінде

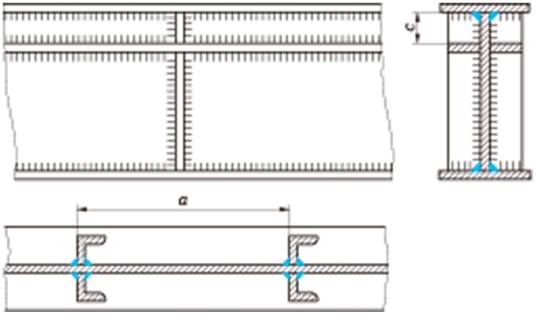
Ьр> ^ + 40 мм; 8р>Ьр, р 30 р 15

мұнда bp — қырдың ені, мм; 8р — қырдың қалыңдығы, мм.

Көлдеңен қатандық қырында белдіктік дәнекерлеу жіктерді өткізу үшін және дәнекерлеу кернеулерін азайту үшін ішкі бұрыштарын 40...60 мм кеседі (2.16-сурет).



2.16-сурет. Көлдеңен қатаңдық қыры



2.17-сурет. Көлдеңен қатаңдық қырлардың орналасуы: а — көлдеңен қатаңдық қырлар арасындағы арақашықтық; с — жоғарғы және аралық белдіктер арасындағы арақашықтық

Көлдеңен қатаңдық қырлар арасындағы а арақашықтық қабылдайды:

Лст/8ст> 100 а< 2Лст кезінде;

Лст/8ст> 100 а< 2,5Лст кезінде

Әдетте а = (1 ...2)Лст. Есептеулерден аопт = (1,5 ... 1,75)Лст оңтайлы мәнін көруге болады.

Егер бөліктің ұзындығы оның есептелген биіктігінен көп болса, онда М иіліс моменті және Q көлдеңен күш ұзындығы бөліктің биіктігіне тең аса кернеулі учаске үшін есептелінеді; егер иіліс моменті немесе көлдеңен күш бөліктің шегінде белгілерін өзгертсе, онда олардың орташа мәні бірдей таңбасы бар бөлік учаскесінде есептелінеді.

Қатаңдық қырлары арасындағы арақашықтықты ұлғайту бөліктерді айрықша жылжытуға жұмыс істейтін салмақ түсіру қабілетін төмендетеді. Қатаңдық қырлар санын ұлғайту метал шығындарының өсуіне және дайындауда көп еңбек қажет етуді арттыруға әкеледі.

Олардың тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін қабырғаларды нығайту жүргізіледі:

қабырғаның барлық биіктігіне қойылған көлдеңен негізгі қатаңдық қырлармен (2.17-сурет);

көлдеңен негізгі және қысқаша аралық, сондай-ақ бойлық қырлармен (2.18-сурет).

Аралық қысқаша қырларды қысылған белдік және бойлық қырлар арасына қояды.

Бойлық қатаңдық қырлары әдетте бөліктің қысылған жиектерінен (0,2 ...0,3)Лст арақашықтықта қысылған аймақта орналастырады.

Бірқатар жағдайларда жоғарғы арқалықтар үшін екінші бойлық қырларды орнату қажет. Егер екінші бойлық қырлар талап етілмеген жағдайда, онда төмендегідей түрге енеді:

төменкөміртекті болат үшін

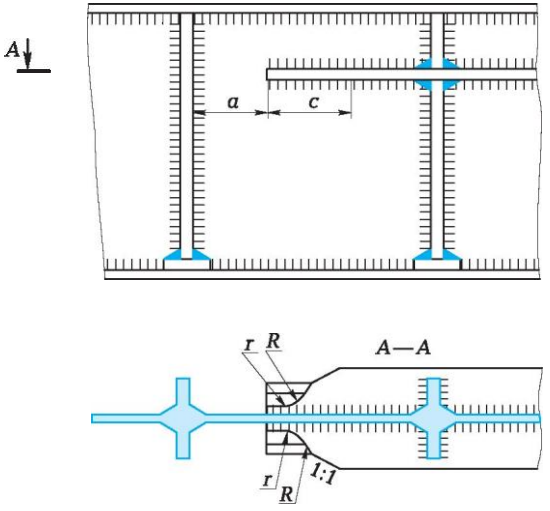
Лст/5ст< 265;

төменқоспаланған болат үшін

Лст/5ст< (225.240);

Көлдеңен қатаңдық қырларын қабырғаға 4 мм ең жоғары биіктік екіжақты жіктермен дәнекерленеді. Осы жұқа («жіп тәрізді») жіктерді қолдану конструкцияның ақауларын жібермеуге, түзетуге қиындық тудыратын — «үркіткіштердің» (қабырғаның шалыстығы) пайда болуына қарсы шаралардың бірі болып табылады.

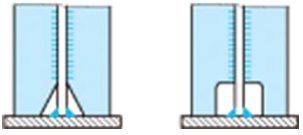
Арқалықтың барлық қабырға биіктігіне орнатылатын негізгі қатаңдық қырлардан басқа кейде олардың арасындағы интервалдарға қысқартылған ұшбұрышты көріністегі қатаңдық қырлары қойылады.



2.18-сурет. Арқалықтың қабырғасы мен белдіктеріне тақтайшаны тиімді бекіту: a — аралық белдіктен тірекке дейінгі арақашықтық; c — ең төменгі енінен ең жоғары еніне дейінгі ауысу учаскесінің жұмыс белдігі; r, R — ең төменгі және ең жоғары ауысу радиусі

Олардың биіктігі шамамен 0,3Лст құрайды. Қысқартылған (қатаңдық ұшбұрышты) қырларды кейде арқалықтың белдіктеріне үлкен салмақты шоғырланған жүктер әсер ету кезінде қояды. Ереже бойынша, осындай қырлардың болуы қажет емес, өйткені олардың бейтараптылық осіне қатысты асимметриялы орналасуы дәнекерлеу кезінде вертикалды жазықтықта арқалықтың майысуын тудырады.

Жүктер шоғырланған үлкен жылжымайтын қосымшаланған жерлерге және тіректерге қосарланған көлдеңен қатаңдық қырларды немесе диафрагманы орнату керек (2.19-сурет).



2.19-сурет. Мақсатқа лайық қатаңдық қырларды бекіту

Тіректің кіші және орташа шамалары әсер ету кезінде қапталдық немесе тіреуіш қырлар қояды. Тіреуіш қырлардан арқалықтың шетіне дейінгі арақашықтық төменкөміртекті болаттан жасалған арқалықтар үшін 158ст және төменқоспаланған болат пен алюминий қорытпалар үшін 128ст тең деп белгілейді.

Арқалықтарды арқалықтың соңғы тіреуіштеріне сүйеу арқылы бекіткен жағдайда қосарланған тіреуішті қырлармен бекітіледі. Өйткені қатаңдық қырларының тіреуіштері арқылы тіреуішпен әсер ету беріледі, оларды қатаңдық аралық қырлармен салыстыру арқылы аса қуаттылықпен орындайды.

Қатаңдық қырлардың сүрленген тіреуіш өлшемдері немесе диафрагма олардың қапталдық жаншылу есебінен орнатылады:

$$Асм = \frac{V}{Лсм}$$

мұнда Асм — талап етілген жаншылу ауданы; Лсм — жаншылу кедергісі; V — тіреуіш реакциясы.

Қатаңдық қырлардың бойлық және көлдеңен қиылысқан жерлерінде бойлық қырларды үзіліссіз, ал көлдеңен қатаңдық қырлар үзілісті өткізеді, бұл автоматты немесе механикаландыру дәнекерлеуді пайдалануды жеңілдетеді. Егер сол немесе өзге көлдеңен қатаңдық қырлар үзіліссіз түсінікпен орындалса, онда бойлық қырларға (қимасы бойынша) беріктігі тең бойлық қырлар көлдеңен жіктерге пісіріледі, ал айнымалы таңбалы

жүктеумен әсер ететін арқалықтардың жұмыс істеу кезінде толық пісірілген бойлық қырлар қамтамасыз етілуі тиіс.

Тек көлденең негізгі қатаңдық қырлармен бекітілген арқалық қабырғасының тұрақтылығын мына формуламен тексереді (жергілікті

кернеулер ом = 0),

мұнда s — қабырғаның жоғарғы жиегінде қарастырылған бөліктегі

$$\begin{array}{lll} 2 & \text{ср} & \\ s & \text{ЁХкр} < & (2.11) \\ |1°к & у \quad 1, & \\ р\ у & \quad 1, & \end{array}$$

қысылған шеткі кернеулер; хср — орташа жанама кернеулер; sRp және ткр —кернеулік жағдайдың әр түріне өзінің сыни кернеуіне сәйкес келетін қабырғадағы сыни кернеулер.

Егер Тср>Ткр болса, онда қатаңдық қырлар арасындағы арақашықтықты азайту қажет және сонымен қатар Ткр арттыру керек. Бірақ формула (2.11) көлденең қатаңдық қырлар бектітілетін белдік жіктер мен жіктерді орындау нәтижесінде туындайтын кернеулерге ықпал етуін ескермейді. Өйткені sra сыртқы жүктемеден эпюра кернеуіне sct қалдық дәнекерленген кернеулер қосылады, кернеудің жалпы бөліну сипаты өзгереді және сонымен қатар жергілікті тұрақтылық шарттары өзгереді. sra кернеу вертикалды қатаңдық қырларды пісіру кернеумен жинақталып қабырға тұрақтылығын едәуір азайтады, осы кернеулер одан да көп тұрақтылықты азайтады және соның салдары ретінде Лст/8ст рұқсат етілетін мәні төмендейді.

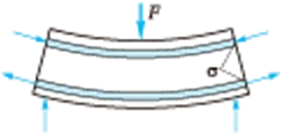
Әдетте қатаңдық қырларды жолақтардан, сирек профильдік материалдан орындайды.

Қатаңдық қырларды орналастыруды тірек қабырғадан бастайды, егер екі тірек кезінде тіректен ортасына қарай екі жағынан жүреді. Қатаңдық қырлар қабырғаның түйіспелі жіктеріне параллельді болса, онда түйіспелі жіктерден кемінде 108ст арақашықтықтан алыста болуы тиіс.

Бойлық қатаңдық қырлар арқалықтың есептік қимасына жатады.

2.7. БЕЛДЕУЛІК ҚОСЫЛЫСТАРДЫ ЕСЕПТЕУ

Белдіктерді қабырғамен қосу автоматты немесе механикаландыру дәнекерлеумен үзіліссіз жіктер көмегімен жүзеге асырылады. Дәнекерленген жіктер әдетте бұрыштық, сирек жағдайларда (үлкен салмақты жүктерді тасымалдау кезінде, айнымалы жүктеу кезінде) — жиектерді дайындаумен.



2.20-сурет. Иіліс кезінде арқалықтың жіктерінде байланыстырушы кернеу

Жоғарғы белдік жіктерді қабырғаның барлық қалыңдығына пісірумен орындауға кеңес береді. Сонымен қатар жіктер биіктігі Лш> 0,88ст. Төменгі белдік жіктер үшін Лш> 0,68ст, жіктердің ең төменгі рұқсат етілетін катеті К< 0,58ст. Статикалық жүктеме түсіретін болаттық екітаврлы арқалықтарда біржақты белдік жіктерді қолдануға рұқсат береді; пластикалық деформацияны дамытумен есептелген арқалықтарда біржақты белдік жіктерді қолдануға рұқсат бермейді.

Үзілісті жіктер мақсатқа лайық емес, өйткені автоматты дәнекерлеуді орындауды қиындатады және кернеудің қосымша концентрациясын тудырады.

Жүктемені бірқалыпты бөлу кезінде белдік жіктің Һш биіктігі шамамен мына формуламен анықталуы мүмкін

$$h \quad ш \quad \begin{matrix} Qmax1= ql \\ 2ря;\ h \quad 2ря;h' \end{matrix}$$

мұнда q—1 м ұзындықтағы жүктеме; l— аралық ұзындығы; р — арқалықтың көлдеңен иілісі кезінде қалыпты және жанама кернеудің бірлесіп әрекет етуін ескеретін коэффициент.

Белдік жіктер арқалықтың иіліс кезінде туындайтын ығысу күштерді қабылдайды. Бұл күштер белдікті қабырғаға қатысты ығыстыруға ұмтылады (2.20-сурет). Егер арқалық көлдеңен иіліске жұмыс істесе, онда белдік жіктерде жіктер мен негізгі металдың бірлескен деформациясы туындайды, есептеуде жұмыстық жанама кернеулерді ескермейтін қалыпты кернеулер қалыптасады.

Екіжақты жіктердің беріктік шарты бірлік ұзындығына шеткі жиектер деңгейінде болады

$$T= Q< 2p^{\wedge}\ t\ cp,$$
$$Jбрутто$$

мұнда Q — қарастырылған қимадағы есептік көлдеңен күш (жүктеу коффициентін ескеретін); Бп — ауырлық орталығына қатысты белдік ауданының статикалық моменті (яғниарқалықтың бейтараптылық осі); Jбрутто — арқалықтың брутто қимасының инерция моменті; Тср— қиықтың жанама кернеулері.

Егер арқалықтың көлдеңен қимасында бірмезгілде үлкен моменттік және көлдеңен күштер (мысалы, консольдік және кесінді емесарқалықтарда, шоғырланған жүктермен екітіректі арқалықтарда) әсер

етсе, онда белдік жіктер деңгейінде кернеуді тексеру қажет

$$s = sy + sУ + 3x^ < 1,15[s]. \quad (2.12)$$

Егер арқалықта шоғырланған араласатын жүктер әсер етсе, онда белдік жіктер белдіктен қабырғаға (олардың өзара жанасуытығыз емес салдарынан) беретін жүктерге біраз қатысуды қабылдайды. Егер жүк арқалықтың белдігіндегі рельс бойынша тасымалданатын болса, онда белдік жікте жанама кернеулер қалыптасады

$$= пР$$
$$Хр= 2z• 0,7Лш,$$

мұнда п — арқалық қабырғасын өндеу сипаттына тәуелді коэффициент, п ~ 0,4; Р — шоғырланған жүктің салмағы; z — арқалықтың белдіктен қабырғаға қысымды беру жүретін жіктің есептік ұзындығы.

хр есептегеннен кейін қорытындылаушы кернеуді анықтайды

Хрез = -у/12 + Хр< [х'],

мұнда [х'] — дәнекерленетін жіктер үшін рұқсат берілген жанама кернеу.

Қатаңдық қырына бекітілетін екіжақты жіктерді, әдетте есептеумен беріктікке тексермейді және К = (0,3...0,6)8ст жіктердің катетін белгілейді.

Арқалықтың қабырғасына қатаңдық қырымен бекітілетін жіктер катеті:

Пр1ш.р [х']'

мұндаV— арқалық тіреуішінің реакциясы; п — қабырғаға орнатылатын қырлардың жіктер саны; 1ш.р — жіктің есептік ұзындығы, 1ш = Лст - 1 см.

2.8. АРҚАЛЫҚТАР ТҮЙІСПЕЛЕРІ

Арқалықтардың монтаждық және зауыттық түйіспелері деп ажыратады.

Монтаждық түйіспелер өлшемдері шектелген немесе жүк көтергіш көлік құралдары арқалықты бүтіндей жеткізе алмайтын конструкцияны тұрғызатын жерде орындалады. Монтаждау кезінде бір қимада қабырға сол сияқты белдік (әмбәбапты немесе біріктірілген түйіспелер деп аталатын — 2.21-сурет) ретінде түйістіруге ұмтылады, бұл жеке жіберілетін элементтерге арқалықтарды бөлшектеуді орындауға ықпал етеді.

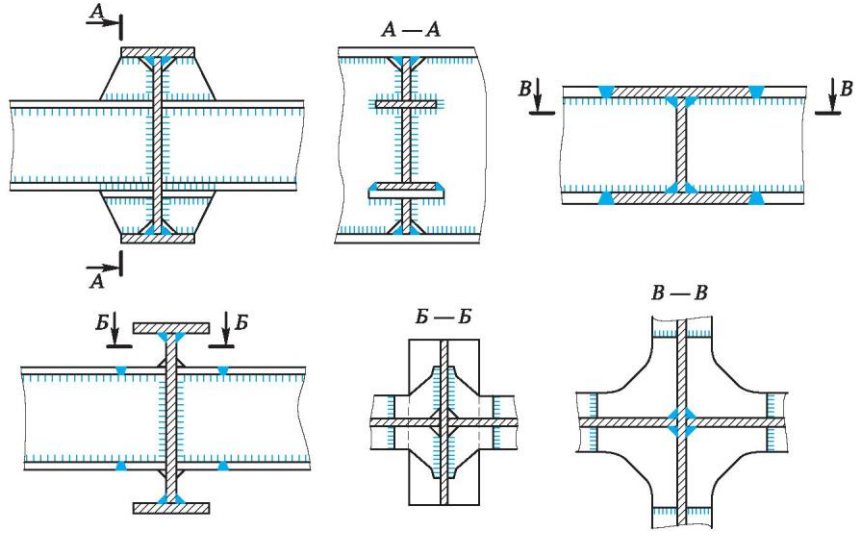
Монтаждық түйіспелерді 0,85Mmax аспайтын иіліс моменті немесе арқалық ортасына қатысты симметриялы аймақта орналастырады.

Зауыттық түйіспелерді илемнің қажетті ұзындығы жоқ болғанда конструкцияны дайындау кезінде орындайды.

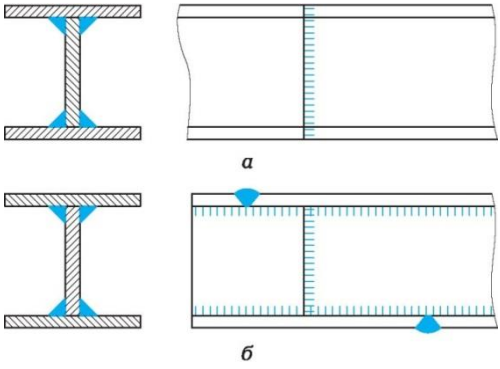
Өйткені қабырға дайындауға жұмсалатын енді табақтар ұзындығы және жіңішкелері — белдіктерді орындау үшін қолданылатын бірдей емес, зауыттық (технологиялық) түйіспелерді әртүрлі қималарда — екпінді

орындайды (2.22-сурет).

Белдіктер мен қабырғалардың зауыттық дәнекерленген түйіспелерін қатаңдық қырлардан 400... 500 мм арақашықтықта орналастырады, сонымен қатар тіреуіш бөліктерде түйіспелерге рұқсат берілмейді.



2.21-сурет. Арқалықтыңекітаврлы профилінің өзара дәнекерленген түйіскен жерлері

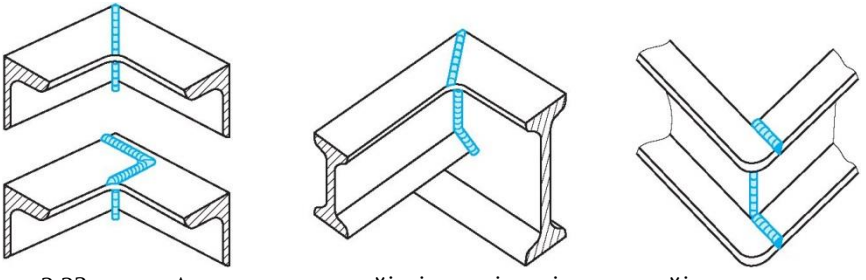


2.22-сурет. Арқалықтың зауыттық түйіспелері:а — қырлар мен белдіктегі бірлескен жіктермен арқалық; б — белдіктегі кең таралған жіктермен арқалық

Қабырға мен қысылған белдіктің зауыттық түйіспелерін әрқашанда тік қылып орындайды. Егер белдіктегі есептік кедергі дәнекерленген жіктердегі созылған есептік кедергісінен аспаған кезде созылатын белдіктің түйіспесін тік жасалады. Олай болмаған жағдайда түйіспені немесе қисық немесе автоматты дәнекерлеу көмегімен немесе аз иіліс моментімен ауыстырумен орындалады

Қисық түйіспе технологиялық тұрғыда және металды кесу бойынша тиімді емес, дәнекерлеу жіктер аймағында белдіктің мықты шалыстығына ықпал етеді (2.23-сурет).

Белдіктік табақтар мен қабырғаның зауыттық түйіспелерін жапсырмаларсыз екі жақты дәнекерлеуді қолдана отырып, түйістіріп орындау икемді. Біржақты дәнекерлеуді тек жіктің тамырларын пісіру кезінде қолдануға рұқсат беріледі.



2.23-сурет. Арқалықтарды түйістіру кезіндегі қисық түйіспелер

Белдіктік табақтың түйіспелі жіктер беттерін негізгі металдың бетінің астымен тазартуға кеңес береді. Арқалықтың қисықтық және қабырғаның қисықтық тепе-теңдік шарттарынан

M _Мст

EJ EJст,

мұнда М — түйіспелі жердегі есептік иіліс моменті; Мст — арқалықтың қабырғасындағы иіліс моменті, қабырғаның түйіспелі жіктерінен аламыз:

a_ МстW

М лст

w~ мст

мұнда [ар] — созу кезінде рұқсат етлетін кернеу. Арқалықтың түйіспелер беріктігін иілісті есептеумен бағаланады:

a _ M<[ар]. W [p]

Егер түйіспеде кернеу а > [ар], ал түйіспе аймақта орналасса, мұнда М _ Мтах, онда арқалықтың жергілікті күшейту белдікке қосымша горизонталды табақтарды (жапсырманы) пісіру жолымен рұқсат беріледі (2.24-сурет), ол есептік қимада J инерция моментін және W кедергі моментін ұлғайтады.

Сонымен қатар

a_M<[a[],

W' [p]

мұнда W' — күшейтілген арқалық қимасының кедергі моменті

2.24-сурет. Арқалықтың түйіспесін жапсырмамен нығайту

25 25

Жапсырмалар кернеу концентрациясының пайда болу көзі болып табылады, бұл айнымалы жүктемелер кезінде арқалықтар жұмысын нашарлатады. Сондықтан оларды сирек және тек статикалық жүктеме қабылдайтын конструкцияларда қолданады. Әдетте жапсырма қалыңдығы қабырға қалыңдығына тең болады. Жапсырма ауданы

Л M - W M,

hs

мұнда М — қосылатын жердегі иілетін моменті.

2.9. АРҚАЛЫҚТАРДЫҢ ТІРЕК БӨЛІКТЕРІ

Еркін тірелген арқалықта, әсіресе үлкен аралықта температура өзгеруімен туындайтын тіреуішке қатысты конструкцияның бойлық орын ауыстыру мүмкіндігін қамтамасыз ететін арқалықтың бір ұшын тіреумен

қозғалмайтындай, ал басқа ұштарын қозғалатындай қосады. Осыған сәйкес арқалықтың тіректі бөліктері қозғалмайтын және қозғалатын деп бөлінеді.

Шағын реакцияларды қабылдайтын тірек бөліктерін шойыннан орындауға болады; үлкен қысым кезінде оларды құйылған немесе қалың табақты болаттан жасайды. 100 мм артық қалыңдықты тірек тақталарды тұтас дәнекерленген конструкциялар орнына қолданады.

Тангенциалды тіреуіштегі дөңестік бет тіреуішке бірқалыпты қысым арқасында қамтамасыз етіледі (2.25-сурет), өйткені арқалық оны майыстыру кезінде жоғарғы құрушыға сүйенеді. Арқалықтың ұштарын бекіту істікпен немесе бұрандамен жүзеге асырылады.

Арқалықтың екінші ұшы орнын ауыстыра алу үшін белдікте сәйкестілік сопақша саңылау ұзындығымен жасалады

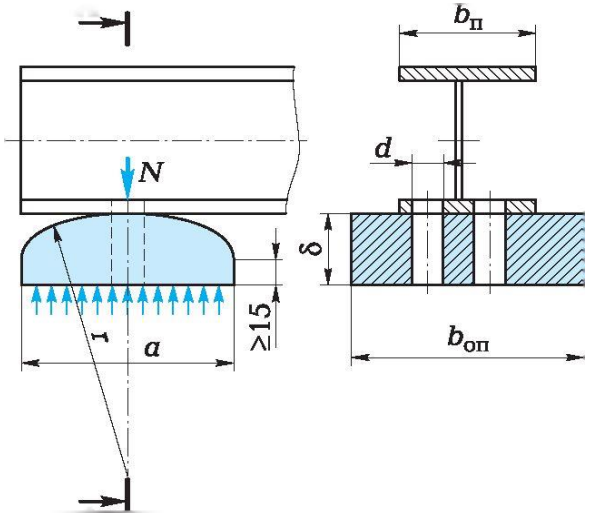
$$c = \hat{} L + aATL + c', E$$

мұнда оср — тіректер арасындағы арқалық белдігінің орташа

$$\text{scp} \qquad \frac{McPh}{Jx2}$$

алғандағы кернеуі

Мср — моментің орташа алғандағы мәні; L— тіректер арасындағы арқалықтың ұзындығы; а — арқалықтың материалын сызықты кеңейту коэффициенті; АТ — пайдалану температурасының ең жоғары өзгеруі; с' — сопақша саңылау ұзындығына қоспасы, с' = 1 см (немесе тіпті нығайту жасамайды).



2.25-сурет. Арқалықтың тангенциалды тіреуіштері

8 тіреуіш тақтайшаның қажетті қалыңдығын мына формуламен анықтайды

$$W = \frac{b_{оп}}{6}\delta^2 = \frac{M_{п}}{r_{л}}$$

мұнда Ьоп — тіреуіш тақтайшасының ені; r— тіреуіш тақтайшасының радиусі; Мпл — тақтайшасының орташа қимасындағы ең жоғары есептік иіліс моменті:

Na
8

мұнда N— арқалықтың тіреуішке түсіретін ең көп мүмкіндік (есептік) күші; а — тіреуіш тақтайшасының ұзындығы.

Тангенциалды тіреуіш тақтайшасының r радиусін еркін жанасу жазықтың және цилиндрлік беттердің жергілікті жаншылу шарттарынан анықталады.

Тангенциалды тіреуіштің негізгі өлшемдері: r = 1...2 м; Ьоп = = (1,1. 1,2)Ьп; а = (1,0.1,5)Ьоп немесе а = 30 + 0,007L.

Тангенциалды тіреуіштің биіктігі

$$\delta = \sqrt{\frac{6M}{[\sigma](b_{оп} - 2d)}}$$

Мұнда d — фундаменттік бұранда астындағы саңылаудың диаметрі.

2.10. ТҰЙЫҚ ҚИМАЛЫ АРҚАЛЫҚТАРДЫ ЖОБАЛАУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Тұйық қима арқалықтар ашық қималы арқалықтармен салыстырғанда бірқатар артықшылықтарына ие:

конструкцияның салмақ түсіргіш немесе екі жазықтықта иіліске және бұрауға жұмыс істеу кезінде оның элементінің қабілеті өте жоғары. Тұйық қимада негізінде материал ауырлық орталығына қатысты периферийлық аймақта орналасады, ол у осіне (элемент жазықтығына) қатысты кедергі мен инерция моментін және бұралуға инерция моментін ұлғайтуға негізделген;

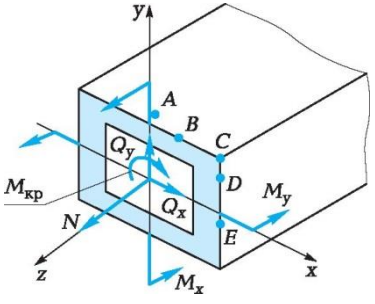
тұйық қима элементтерінде инерция моментін бұрауға айтарлықтай (он есе) ұлғайту салдарынан, ереже бойынша тұрақтылықты жоғалтудың иіліс-бұралу формасы алып тастау;

тұйық қима элементтерін монтаждау кезінде аса тұрақты, тасымалдау және монтаждау кезінде механикалық зақымдануға аз ұшырайды.

Тұйық қима арқалықтарын жеткілікті кеңінен қолдану ең алдымен, төмен технологиялық және дайындауға көп еңбек қажет ету салдары ретінде түсіндіріледі. Өйткені өзара-перпендикуляр жазықтықта әрекет ететін иіліс моменттері бірдей болмағандықтан, ереже бойынша, тікбұрышты қорапты қима арқалықтарын жиі қолданады. Иіліс моментінің жуық теңдеу кезінде түтікті қима пайдалану мақсатқа лайық.

Атап айтқанда, қорапты қималарға қарағанда тұйық қималар шектелген құрылыс биіктігі мен үлкен көлденең күштер кезінде айналатын моменті бар екі жазықтық иілісінде көлденең байланыстар болмаған кезде көлденең бағытта арқалықтың қаттылығын арттыру қажет болған кезде қолданылады. Осындай ұқсас күштер әсер етуімен аталған конструктивтік шектеуге көпірлердің арқалық конструкциялары, өнеркәсіптік құрылыстардың күш элементтері, крандар және т.б.ұшырайды.

Ереже бойынша қорапты арқалық алты ішкі күштерді қабылдай отырып, күрделі кедергі жағдайда жұмыс істейді: N бойлық, Qx және Qy көлденең, Мх және Му иіліс моменттері, Мкр айналатын моменті (2.26-сурет). Қима бойына бірқалыпсыз бөлінген, қимада қалыпты SF,sMx және sMужәне жанама tQx, tQy, ^мкр кернеулер пайда болады.



2.26-сурет. Қорапты арқалық қиманы жүктеу схемасы

Сонымен қатар ең жоғары кернеу ішкі контур нүктесінде әрекет етеді.

Беріктік кернеу эквиваленті бойынша бағаланады (серпімді энергияның формасы өзгеру гипотезасы бойынша)

$$оэкв=л1а2 + 3т2, \qquad (2.13)$$

мұнда s— қалыпты кернеу жиынтығы,

о = ±Му±AJx
—у ±

±—— x;

т — жанама кернеу жиынтығы, т = ±т0х ± т0 ± Jу±тмкр

(таңба «+» созылатындарға, ал «-» — қиманың қысылатын бөліктерне жатады).

оэкв эквивалентті кернеуді А, В, С, D, Е нүктелерінде немесе басқа квадраттардың ұқсас нүктелерінде есептеп шығарады, оның құрамдас бөліктеріндегі кернеулері бірдей бағытта боалды. Ең жоғары эквивалентті кернеуді анықтағаннан кейін оларды есептік кедергімен (немесе рұқсат етілетінкернеумен) беріктігін тексеру үшін салыстырады.

Беріктік талаптарына сүйене отырып, құрамалы арқалықтың қима геометриясын алдын-ала анықтау кезінде тәуелділік көмегімен W^ талап етілетін кедергі моменті, 8ст қабырға қалыңдығы және Ап белдік

[Ор

қимасының ауданы анықталады.

W>Mmax

және жақын өрнектерді

> O 1
ст h:т [Хср]
h: 0,8 Mmax
h'[Op] '

мұнда [Ор] — созудың рұқсат етілетін кернеуі; [Тср] — қиықтың рұқсат етілетін кернеуі; Mmax— ең жоғары иіліс моменті; h' — белдіктің ауырлық орталығы арасындағы арақашықтық; 0,8 — белдікпен қабылданған жалпы иілетін моментінің бөлігін шамамен ескеретін коэффициент.

Арқалық элементінің (белдік пен қабырға) геометриялық өлшемдерін дұрыс таңдау кезінде кернеулер келесі шартты қанағаттандыруы тиіс:

M

s — < [стр];

Wp

мұнда 5брутто — бейтараптылық осіне қатысты брутто жартылай

т' t= 'бр 1 <
[Хср
s— Мх Ь

қимасының статикалық моменті; Тбрутто — брутто қимасының инерция моменті. Екі жазықтықта иіліс кезінде унетто

мұнда Jхнетто — х нетто осіне қатысты арқалық қимасының инерция

моменті; Jунетто — у нетто осіне қатысты арқалық қимасының инерция моменті.

Тұрақты қима арқалығының биіктігі Wхрталап етілген кедергі моментін қамтамасыз ету кезінде ең төменгі массасы көзқарас тұрғысынан оңтайлы деп анықталуы мүмкін. Л — арқалық қимасының ауданы, Лп — белдік қимасының ауданы деп аламыз

$$Ап — 0,5(A\ hст5ст). \qquad (2.14)$$

h ~ Лст кезінде олардың меншікті осіне қатысты белдіктің инерция моментін (аздығынан) ескермей, екітаврлы арқалық кедергісінің моментін аламыз

$$Атр = \frac{hi.\ ^2A+A2h3,\ 2)hст\quad 12}{2\ Ап\ hст} \quad Ап\ hr\ +\ ^{h2}_{o} \qquad (2.15)$$

(2.14) формуладан

A= 2Атр + 2§cThd.

Бірінші туындыны dA/dhCTнөлге теңестіріп, арқалықтың қаттылығы тұрақты симметриялы қимасының оңтайлы биіктігін табамыз

dA= _ 2Штр + 28^ = 0

dh^, h2 3

3Жр

$$hc0TIT= ^^. \qquad (2.16)$$

(2.16) формулада қорапты арқалық үшін 8ст — екі қабырға қалыңдығы.

(2.15) формуладан аламыз

$$\frac{A}{п} \quad \frac{Мтр\ 8ст\ Дст}{hст\ \ 6}$$

$$\frac{A}{п} \quad 6\ 6'$$

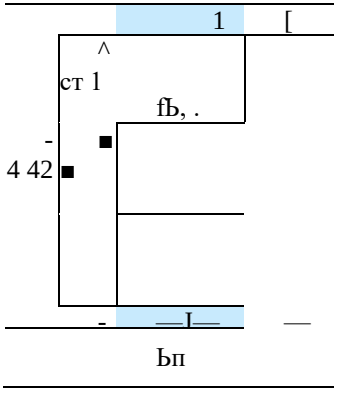
Оңтайлы биіктікті таңдау кезінде (2.16) формуланы ескере отырып

мұнда Аст — екітаврлы арқалық қабырғасының ауданы немесеқорапты арқалықтың екі қабырғасының ауданы.

Келтірілген формулалар Ьп/8п = 5... 10 және Л/8ст = 55...70 қатынастар жағдайында қорапты қима үшін нақты жеткілікті. Өте жұқа қабырғалар немесе белдіктер үшін олардың жергілікті тұрақтылығын тексеруді талап етеді.

2.27-суретте беріктігі бойынша материалды толығымен пайдалану кезінде жергілікті тұрақтылықты қамтамасыз ету жағдайынан қорапты

арқалықтың қысылған белдіктер өлшемінің арақатынасы берілген (көміртекті болат үшін — үлкен мәндері, төменқоспаланған болат үшін — кіші мәндері).



2.27-сурет. Қорапты арқалықтың көлденең қимасының геометриялық сипаттамасы:1 — рельс; 2 — арқалық белдігі; 3 — арқалық қабырғасы; x1— x1 — рельстің бейтараптылық осі; x2—x2 — арқалық белдігінің бефтараптылық осі; z0 —эпюра қысымының нөлдік нүктелері арасындағы арақашықтық; z —N жүктемеден қысым бірқалыпты деп саналатын шартты арақашықтық.

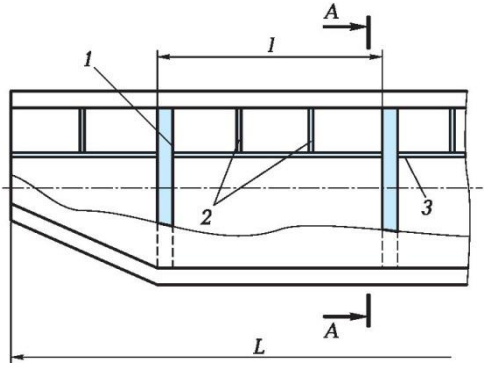
Қорапты арқалық қабырғалары арасындағы ең төменгі арақашықтығы диафрагманы қосу технологиясы мен шарттарына байланысты. Ереже бойынша, арқалықтарды бұрауға, сондай-ақ горизонталды жазықтықта қаттылыққа ие болуы тиіс. Қорапты көпірлер крандары үшін L/b1< 60 және hci/bl< 3,5 қабылдайды, мұнда bj— арқалық қабырғасының симметрия остері арасындағы арақашықтық.

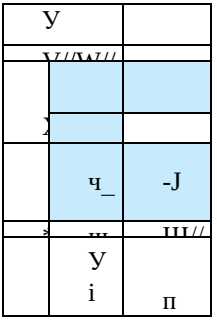
Арқалықтың құрамалы қорапты массасын азайту үшін 8п белдік және 8ст қабырға қалыңдықтарын бірмезгілде азайту кезінде Ьп және h өлшемдерін ұлғайту мақсатқа лайық болады. Бірақ 8ст/h және 8п/8ст қатынастарын азайту кезінде қабырғаның немесе белдіктің жергілікті тұрақтылығын жоғалту мүмкін. Қолданыстағы ұсыныстарға сәйкес қиманың өте көп жүктелген нүктелерінде тұрақтылық шегі жергілікті тұрақтылықты жоғалту жүргенше бұрынырақ қол жетімді болады. Осы жағдайда конструкцияның негізгі элементтерін қатаңдық қырлармен

нығайту мақсатқа лайық емес.

— < 90; — < 70E (2.17)
8Ст 8Ст [s]

(2.17) теңдеудің шарты орындалмаған кезінде қатаңдық қырларды немесе диафрагманы қолдану қажет. Қазіргі заманғы қорапты арқалықтарда h/8ст< 300 при 8ст> 4 мм рұқсат беріледі. Сонымен қатар 1 үлкен диафрагмалар арасындағы арақашықтықты қабылдауды ұсынады l =(1,5...2,0)h(2.28-сурет). Диафрагмалар тұтас немесе саңылаумен болуы мүмкін. Қысу аймағында қалыпты кернеу әрекеті кезінде қабырғалардың жергілікті тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін қысылған белдіктен (0,2...0,3) Л қашықтықта 3 бойлық диафрагманы орнатады. Диафрагмамен сөрелер арасында конструкцияға қосымша қатаңдық беретін және жүкті тасымалдайтын арба қозғалатын рельс үшін аралық тіректер рөлін орындайтын 2 аралық диафрагманы орналастырады.



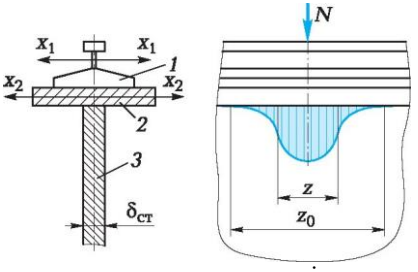


2.28-сурет. Диафрагманы орналастыру схемасы:1 — үлкен; 2 — аралық; 3 — бойлық

Қиманың габариттық Ьпжәнеһ өлшемдерін шарттарды ескере отырып қабылдауға кеңес береді

$$\frac{L}{h_{ш}} \le 60; \quad \frac{h}{h_{ш}} \le 3,5.$$

Негізгі элементтің бірмезгілде қалыңдығын азайту қатаңдық элементтерді пайдалану арқалықтың салмағын төмендетудің пәрменді құралы болып табылады. Бірақ, сонымен қатар конструкция қиындатылады және оның құны көбеюі мүмкін. Бұдан басқа жергілікті шоғырланған жүктеме әрекетіне жиі ұшырайды, ол негізгі элементтің ең



2.29-сурет. Арқалықтың кран астындағы есептік қимасы (а) және шоғырланған жүктемеден қысымды бөлу (б): қалыңдығын шектеуді жүктейді, олар 5 мм кем емес қалыңдықты табақтан жасауға кеңес бермейді.

төменгі қалыңдығын шектеу қояды, оларды 5 мм кем емес қалыңдықты табақтардан жасауға кеңес бермейді.

Кернеулік жағдайдың әрбір түрі өзінің сыни кернеуіне сәйкес келеді. Тіректі учаскеде күш факторларымен анықталатын көлденең күштері үшін арқалық белдіктерін бірқалыпты ығысу жағдайын қарастырады; бұл жағдайда қабырға үшін белдіктегі Ткр сыни жанама кернеулер оны серпімді қысып қалады, МПа:

1250 + 950 $\left(\frac{b_п}{a}\right)^2\left(\frac{\delta_п}{b}\right)^2 10^3$,

мұнда а және Ьп — тілімнің үлкен және кіші жақтарына сәйкес ұзындығы.

Жергілікті тұрақтылық запасының коэффициенті

$$n_0 = \frac{\tau_{кр}}{\tau} \geq n$$

мұнда п — беріктік запасының коэффициенті.

Сонымен қатар жанама кернеу орташалаумен саналады:

$$\text{t} \quad \text{O}$$
$$= \quad \text{5ст Дт}$$

Орташа учаскелерде анықталатын факторлар иілістің қалыпты кернеулері болып табылады, окр қорапты арқалық қабырғасы үшін сыни кернеу, МПа:

окр = 7 460 103. $\left(\frac{\delta_{ст}}{\text{СТ}}\right)^2$

кр h

Жергілікті тұрақтылық запасының коэффициенті

s

Сонымен қатар шеттік мәні, егер оның ұзындығы Лст биіктігінен аспайтын болса, онда учаске шегінде s = M/W М моменттің орташа мәні бойынша есептеледі, олай болмаған жағдайда бөліктің өте көп жүктелген бөлігінің ұзындығы тең Лст үшін М моментінің орташа мәнін қабылдайды.

Қорапты арқалықтарда қысылған белдікті тілімнің төрт жағынан қадалған ретінде қарастырылады, қысқаша жағына бірқалыпты бөлінген қысылған кернеулер әсер етеді. Осы жағдайда окр сыни кернеу, МПа:

Арқалықтың екі қабырғасының болуы жергілікті тұрақтылықты қамтамасыз ету кезінде әсіресе олардың қалыңдығын азайту өзекті міндеті.

$$s_к = \frac{1}{p} \frac{10}{000} \frac{}{} \frac{}{3.}$$

Бұл конструктивті түрде қабырғанын майысуымен немесе диафрагма формасында қабырға арасында әртүрлі байланыстыру типін қоюмен немесе аралас бұрандармен және т.б. қол жеткізуге болады.

Қысылған белдіктің өлшемін материалдың беріктігі бойынша толығымен пайдалану кезінде олардың жергілікті тұрақтылығын қамтамасыз ету жағдайынан анықталады.

Қабырғалар арасындағы ең төменгі арақашықтық диафрагманы қосу технологиясы мен жағдайына байланысты болады.

Арқалықтар горизонталды жазықтықта қаттылықпен және бұрауға ие болады. Көптеген авторлардың тұжырымы бойынша тұйық қорапты қимасы бар екі оске қатысты симметриялы болатын, қапталы бойынша және аралық қималарда қатты диафрагмалары бар арқалықтарда Ьп/Л = 1 ...0,25 қатынасы кезінде кернеулер қоспасы тығыздық бұраудан қалыпты кернеулер, сол сияқты және жанама кернеулер ретінде тиісті кернеулерден 10 % аспайтын иіліспен және еркін бұраумен негізделген. Алайда қатты керіліп созылған тікбұрышты қималы арқалықтарда және үлкен эксцентриситеттік кезінде кернеу қоспасының сыртқы жүктеме қосымшасы айтарлықтай астам мәндеріне жетуі мүмкін және оларды ескеру қажет.

Мұндай есепке алу көтергіш қабілетін тексеру сатысында жүргізеді, ал қиманы таңдау кезінде тек иілуден және еркін бұрауға болатын кернеулерді назарға қабылданады.

Шоғырланған күш аймақ қосымшаларында элементтің кернеулік деформацияланған жағдайын едәуір өзгерту орын алады. Осындай аймақтарға рельстің жоғарғы белдікпен және қабырғамен жұптастырылған түйіндері жатады. Қорапты арқалықтарда қолданылатын қабырға үстінде және қабырғалар арасындағы рельстің орналасу жағдайын ажыратады. Рельс арқалықтың қабырға үстінде орналасқан жағдайда N жүрістік

доңғалақтан жылжымалы шоғырланған жүктеме әрекеттері белдік жіктерді бірқалыпсыз қысымға және қабырға жиектерін қысуға әкеледі. Эпюра қысымының сипаты 2.29-суретте ұсынылған, мұнда z0—эпюра қысымының нөлдік нүктелері арасындағы арақашықтық; z — шартты ұзындығы:

z= $c\sqrt[3]{\frac{J_{\text{п}}}{\delta_{\text{ст}}}}$,

мұнда с — дәнекерленетін арқалықтар үшін коэффициент, с= 3,25; J— олардың меншікті осіне қатысты рельстің инерция моментінің сомасы және белдіктің бір қабырғалы арқалығы.

Қорапты арқалықтың қабырға үстіне рельсті орналастыру кезінде JH анықтау үшін ені сыртқы шетінен (10...12)8п қабырға осінен арқалықтың (бірақ рельс табанының енінен аспайтын) ішіне қарай қашықтықта болатын қимаға дейін белдік бөлімін есептеуге енгізіледі.

Қабырға жиектеріндегі қысудың жергілікті кернеуі

$$M \quad \frac{N}{zS_{CT}} \quad \frac{N}{c8_{CT}} \quad \frac{1}{\sqrt[3]{\frac{J_{\text{п}}}{\delta_{\text{ст}}}}} \qquad (2.18)$$

Қырлармен бекітілмеген арқалық қимасы үшін (2.18) формула әділетті.

N шоғырланған жүктемені қабылдайтын, қабырға жиектерінің қысу кернеу қырлары түсіретін әсер етуін ескеру кезінде (2.18) формулаға қарағанда аз болады. N шоғырланған жүктемеден V тіректер реакциясы, белдіктік жіктердің ұзындығы бірлігіне келетін:

V — ул, ,

z

мұнда а — дәнекерленген арқалық жұмыс жағдайынан және режимінен тәуелді коэффициенті, а= 1,0.1,5.

Дәнекерленген жіктерді беріктікке есептеу Т ығысу күштерін қабылдайтын, қосылыс ұзындығының бірлігіне келетін және V тіректер реакциясы мына формуламен жүргізіледі

мұнда Q— көлденең күш; Бп — бейтараптылық осіне қатысты белдік

$$\text{л/т2} + \text{V2.} \quad \frac{'\text{ОДп}}{'2\text{Jfi}} \quad \left(\frac{\alpha N}{z}\right)^2 < \text{2рЛш[о'],}$$

қимасының статикалық моменті.

Қабырғаның толығымен дәнекерлеуі бар болған кезде дәнекерленген белдіктік жіктерді есептеу қиыққа Т күші әрекетінен және қысуға V тіректер реакциясынан жүргізіледі.

Қабырғаның қысу жиектерінің жергілікті кернеуін тексеру (2.18) формуланы ескере отырып, жүзеге асырылады:

Sm <[°сж].

Рельс осін ығыстыру белдіктің бұралуына және қабырға иілісіне, қабырғаның бөліктерін орталықтан тыс жүктеуге әкеледі. Көрсетілген факторлардың қолайсыз үйлесімі тозығы жеткен қираудың туындауына және дамуына ықпал етеді.

Қорапты арқалықтарда рельс ортасына тіреуіш ретінде қосымша қысқаша (аралық) диафрагмаларды орнатады (2.28-суретті қараңыз), олар үлкен диафрагмалармен бірге арқалықтың қабырғасына күш түсіруді жүзеге асырады. Рельс диафрагмаға сүйенумен орнатылған кесілмеген арқалық ретінде қарастырылады. Онда шамамен кернеуді (белдік табақтар әсерін есепке алмағанда) төмендегідей анықтайды:

мұнда N — жүрістік доңғалақтың ең көп күші; 1 — көршілес

$$\begin{matrix} M & N1 \\ W & 6W \\ "y & y1 \end{matrix} \quad \begin{matrix} \\ <[sp \\ ] \end{matrix} \qquad (2.19)$$

диафрагмалар арасындағы арақашықтық; Wx min— рельс қимасының ең төменгі кедергі моменті; [ор] — рельс табанындағы созудың рұқсат етілетін кернеуі.

(2.19) формуладағы рельстің шеткі (дәнекерленбеген түйіспелер жанында) учаскелері үшін 6 көбейткіш орнына 5 көбейткішті қабылдау керек.

Жүрістік доңғалақтың күшейтілген қабырғасына дәнекерленген белдікті жіктерді түсіру кезінде қабырғаның бүкіл қалыңдығына дәнекерлеу керек, сонымен қатар дәнекерлеу тәсіліне байланысты жиектерді кесу тағайындалады.

2.11. АРҚАЛЫҚТАРДЫҢ БАСҚА КОНСТРУКЦИЯЛЫҚ ШЕШІМДЕРІ

Икемді қабырғалы арқалықтар (жұқа қабырғалы арқалықтар). Икемді қабырғалы арқалықтар, әдетте, қабырғалардың жергілікті тұрақтылығын жоғалтқаннан кейін қалыпты жұмыс істейтін құрылымдардан тұрады, егер олар икемді болып қалса.

Мұндай арқалық қабырғаларының қалыңдығы көлденең қиманың өлшемдерінен кішірек (шамалы тәртібімен) болады. Жұқа қабырғалы арқалықтың көлденең қимасы контурдан (элементтердің ортасында өтетін сызықпен) және қабырға қалыңдығымен анықталады.

Мұндай арқалықтағы тегіс қабырға екінші тұрақты пішінді сатып, тиеу бастапқы сатысында тұрақсыз болып – көлбеу гофрленген (жылжитын тіректерде) немесе ыдыраған бет (сығылу кернеулері басым аймақтарда) түрінде екінші тұрақты формаға ие бола отырып, жүктелудің бастапқы

кезеңінде тұрақтылығын жоғалтады. Жүктемелер жойылғаннан кейін қабырғалардың көбіне «жаншылған» деп аталатын деформациялары жоқ болып кетеді.

Қабырғаның жергілікті тұрақтылығын жоғалту барлық арқалықты шекті күйге әкелетіндіктен, ұзақ уақыт бойы жұқа қабырғалы арқалықтарды пайдалануға болмайды деп саналып келді. Сонымен қатар, ұшақ және кеме жасау өнеркәсібі «жаншылған» арқалықтардың жұқа қабырғада біршама сенімді жұмыс жасайтындығына және жүктеме жойылғаннан кейін «жаншылғанның» жоғалып кететіндігіне назар аударды. Жұқа қабырғалы арқалықтар құрылыс саласында 1970 жылдары пайдаланыла бастады.

Қазіргі уақытта, беріктігі қарапайым төмен көміртекті болат (ВСт2пс, ВСт3сп, М16С маркалы) немесе төмен қоспаланған беріктігі жоғары болат (09Г2С, 14Г2, 15ХСНД маркалы) маркаларының біреуінен дайындалған арқалығы 36 м дейінгі жұқа қабырғалы арқалықтарды статикалық жүктеме ретінде пайдалануға рұқсат етілген. Кәдімгі дәнекерленген арқалықтармен салыстырғанда қабырға қалыңдығын 2—3 есе азайту қабырғаға жұмсалатын металдың үлесін 25%-ға дейін азайтады. Материал оны пайдалану тиімділігі әлдеқайда жоғары белбеудерде шоғырланады. Осының арқасында жалпы металл сыйымдылық та, арқалықтардың құны да айтарлықтай төмендейді. Сонымен қатар, қабырғалардың суыққа төзімділігі арта түседі, себебі олардың қалыңдығы 2....8 мм (қалыңдықтардың дәл осындай мәндері биіктігі 3 м-ге дейінгі арқалықтарда қабылданады) болған кезде қабырғаларда жарықтар мүлде пайда боламйды.

Қозғалатын және динамикалық жүктемелер кезінде икемді қабырғалы арқалықтардың жұмыс жасау әлі де нашар зерттелген, сондықтан, мұндай конструкциялар негізінен статикалық жүктемелерде қолданылады.

Тәжірибелер қабырғаның жергілікті орнықтылығы жоғалып, онда «жаншылған» жерлер пайда болғаннан кейін кернеулердің қайта бөлінетіндігін, қабырғалар арасындағы арқалықтардың және жеке бөліктердің дәстүрлі конструкцияларға қарағанда басқаша жұмыс жасай бастайтындығын, бірақ өзінің жұмысқа қабілеттілігін жоғалтпайтындығын көрсетті. Жүргізілген эксперименттер қабырғаның жергілікті орнықтылығын жоғалтуға әкеп соқтырған жүктеменің шекті жүктемеден әлдеқайда аз екенін растады. Дәл осы факт икемді қабырғалары бар арқалықтардың жұмыс жасауының сынидан тыс кезеңін пайдалану мүмкіндігі туралы айғақтайды.

Арқалық жұмысының бірінші кезеңінде оның икемді қабырғасы қалыпты арқалықтағыдай тегіс болып қалады. Бірақ ұзақтығы бойынша жұмыстың бұл кезеңі қысқа болады және қабырға орнықтылығының жоғалуымен, яғни «жаншылғандардың» пайда болуымен жұмыстың сынидан тыс кезеңіне өтумен аяқталады.

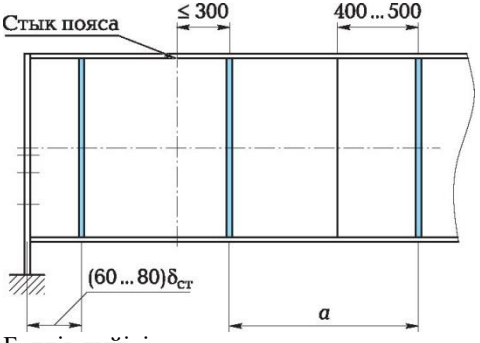
Жұмыстың екінші (сынидан тыс) кезеңінде қабырға деформациялары

мен жүктеме арасындағы сызықтық байланыс сақталмайды. Созылған қабырға қыртыстарын қалыптастыра отырып шығыңқы қабырғалар аймақтары дамиды және оларды керу арқалық белбеудерінің жергілікті иілуіне, сондай-ақ бойлық қатайту қабырғаларының қысылуына және керегенің бетіндегі тірек қабырғалардың майысуына әкеледі. Бұл саты қабырғаның жекелеген нүктелерінде немесе белбеудерде (немесе бір мезгілде) кернеулердің тұрақтылық шегіне жетуімен аяқталады.

Үшінші кезеңде қабырға мен белбеудерде пластикалық деформациялар дамиды. Арқалықтың иілген жерлері ұлғаяды; осы кезеңнің соңына қарай иілген жерлердің ұлғаю қарқындылығы күрт артып, арқалықтың бөліктерінде пластикалық тетік пайда болады – арқалықтарда шамадан тыс қалдық деформациялар пайда болып, шекті күйге өтеді. Ары қарай жүктеме болар-болмас артқан күннің өзінде немесе игіш моменттің сығушы күшінің әсерінен сығылған-иілген белдік сөрелерінің жергілікті орнықтылығының жоғалуы салдарынан иә болмаса сырық ретінде қабырға жазықтығындағы белдік орнықтылығының жоғалуы салдарынан арқалық өзінің көтеруші қабілетін жоғалтады. Егер арқалық бүйірлік деформациялардан тиісінше ажыратылып бөлектенбесе, арқалық иілуінің жалпақ формасы жоғалып кетуі ықтимал.

Жұқа қабырғалы арқалықтар ұзындығының бойымен тұрақты қиманың қабырғасымен жобаланады, белбеудердің тірек бөліктерінде кішкентай қима болуы мүмкін. Белбеудердің жапсарлары қаттылық қабырғасынан 300 мм-ден жақын емес жерде орналасады. Арқалықтың қабырғасы міндетті түрде бойлық жұптасқан қатайту қабырғаларымен бекітіледі.

Қабырғаға бір және қосарланған жіктер арқылы немесе бойлық қабырғаларсыз дәнекерленген бойлық қабырғалы арқалықтарды қолдануға болады.



Белдік түйісі

30-сурет. Қатайту қабырғаларын орналастыру схемасы

Қабырғасыз арқалықтар қабырғаның жазықтықтағы жүктеменің қатаң центрлес қосымшаларын талап етеді, себебі олардың белбеудері іс жүзінде бұраудан бекітілмеген.

Тірек бөліктің қаттылығын ұлғайту үшін тірек қабырғасынан (2.30-сурет) $8_{ст}$ (60 ... 80) қашықтықта шеткі бөлімдерге қосымша қабырғалар орналастырылады. Сығылған белбеудің қимасы жергілікті және жалпы тұрақтылықтың әдеттегі талаптарын ескере отырып тағайындалады. Жоғарғы белбеудің еркін ұзындығы арқалық биіктігінен аспауы тиіс. Ұзартылған белбеудің икемділігі кем дегенде 300 болуы керек, ал еркін ұзындығы аралықтың жартысынан аспауы керек.

Белбеудер мен қабырғалардың заводта дәнекерленген жапсарлары қаттылық қабырғасынан 400.500 мм қашықтықта орналасқан және де жапсардың тірек бөлігінде пайдалануға рұқсат етілмейді. Монтаждалған жапсарлар беріктігі жоғары бұрандалармен немесе дәнекерлеу арқылы орындалады. Белбеудерді қабырғамен біріктіру толық балқыта отырып, автоматты түрде бір жақты дәнекерлеу арқылы жүзеге асырылады.

Арқалықтың ең төменгі биіктігі (2.1) немесе (2.2) формулалары арқылы анықталады. Оңтайлы биіктік

/3

Лопт = $32^{1ст}$^гр ,

ретінде анықталады.

бұл жерде $Wj,_{р}$ — арқалық қимасының талап етілетін кедергі моменті;

$1_{ст}$ — қабырғаны икемділігі, $1_{ст}$ = = 250...500.

С!

$0_{С}$т

Арқалық қабырғасының көлденең қимасы белгіленеді. Қабырғалардың қалыңдығы 2 . 8 мм.

Негізінен иілу кезінде жұмыс істейтін бөлімді қарастырамыз. Бөліктің мөлшері 0.75 <a <2.0, a = h / h; a - бойлық қабырғалардың арасындағы арақашықтық (қабырға аралықтары, саланың ұзындығы).

Белбеудің ауданы келесі формула бойынша анықталады

0,

hs

бұл жерде 0,96 — қабырғаны қиманың жұмысына қосуды ескеретін эмпирикалық коэффициент.

Бөліктегі арқалықтың шекті көтеруші қабілеті (арқалықтың екі қабырға арасындағы учаскесінде) келесі сәтпен анықталады

$M_{П}р = W_{n}[a] > Mр,$ (2.20)

бұл жерде $M_{р}$ — бөлім ішіндегі есептеу моменті; $W_{т}$ — есептелген қиманың кедергі моменті, WJJ = $A_{Т}hk$. *k* — р = $A_{п}/A_{ст}$ функция байланысты

анықталған коэффициент:

р	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
к.....	1,100	1,078	1,056	1,043	1,036	1,029	1,026	1,023	1,020

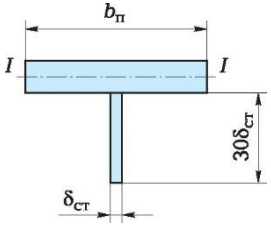
Егер $35 \cdot 10^4$ р X>M болған жағдайда,

сығылған белбеудің тұрақтылығы қамтамасыз етілген болып саналады.

бұл жерде X — *I*— *I* осіне қатысты $308_{ст}$,белбеуг іргелес (2.31-сурет)

X $\frac{\text{[illegible]}}{a\ \text{[illegible]}_{c}}$. ^{J} . $^{J}n1$ Белдеудің және ұзын қабырға бөлігінің инерция сәті белбеудің иілдіру қаттылығын сипаттайтын параметр; *а* — 0,75 < а < 2,0 болған кездегі бөліктің ұзындығы.

Негізінен жылжуда жұмыс істейтін бөлік қарастырылады. Шеткі бөліктердегі белбеудердің қималары белгіленеді. Сонымен қатар шарт сақталуы тиіс.



2.31-сурет. Сығылған белбеудің тұрақтылығын бағалау

$$X' — \frac{^{J}n\ ^{1}}{a^{3}\ 5_{ст}} \qquad (2.22)$$

бұл жерде $J_п$ — белбеудің тік оське қатысты инерция моменті.

$1_{ст}$ < 400 болған кезде

Бөліктегі шекті бойлық күш келесідей анықталады:

$$^{O}пр \quad ^{\wedge}ст \quad сг_{0} \quad 2\text{-}ji+aa^{2} > Ор; \qquad (2.23)$$

$1_{ст}$ > 400 болған кезде

$$^{\circ}пр\ ^{\wedge}ст\ 2^{\wedge}1 +_{Q3} \qquad > ^{\wedge} \qquad (2.24)$$

бұл жерде *с* — қабырғаның бастапқы жетімсіздіктерінің жылжудың

сыни кернеуінің шамасына әсерін ескеретін коэффициент,

$\overline{C}$, 12т
= 1 - 1 6 10^5; X_o — бөліктегі жылжудың сыни кернеуі,

МПа:

* 0 $1{,}25 + \frac{0{,}95 \wedge}{m^2 J} \left| \frac{f\ 1008_{ст} \wedge^2}{1\ ^d)} \right| 10^{\text{ь}};$

m — бөліктің үлкен жағының кіші жаққа қатынасы; d — бөліктің кіші жағы; $о_д$ —диагональды өрістің шекті созылу кернеуі 1,66 ([$т_{ср}$] - t_0), w = 1.66 ([mcp] - t0); [$т_{ср}$] — кесудің рұқсат етілген кернеулері; $О_р$ — бөліктің шегінде көлденең күштің орташа мәні бойынша алынатын жылжудың есептелген күші.

Егер

Опр > ор; *Мпр* > мр,

болса, иілу мен жылжудың бірлескен әрекетін жүзеге асыратын бөліктің беріктігі қамтамасыз етілген болып табылады

бұл жерде *Ор* — бөліктегі максималды конструкцияны ауыстыру күші $О_р$ сияқты бірдей тағайындалады; $М_{пр}$ — бөліктің белдеуінде қабылданатын шекті иілгіш момент; мр — бөліктің шегіндегі максималды есепьелген иілгіш момент.

Сығылған белбеудің орнықтылығы (2.20) және (2.21) формулалары бойынша тексеріледі. Жұқа қабырғалы арқалықтардың иілген жерлері бойлық күштердің әсерін ескере отырып,

$$f = f_M + Q\ £\ [f],$$

формуласы бойынша анықталады

бұл жерде f_M — тұрақты кесілетін арқалықтарға арналған момент әрекетінен иілген жерлер 5 qL^4 mqL^2, f_M — ; *fo* — — бойлық күштердің әрекетінен иілген жерлер 384 *EJ* $8C_nA$; G_H = 0,66G — жылжудың келтірілген модулі, *G* — 8,1 ТПа; *q* — бөлінген бойлық жүктеме; *L* — бөлінген жүктеме әрекет ететін учаскенің ұзындығы; *E* — арқалық материалының иілгіштігі модулі; *J* — арқалық қимасының инерция моменті; А — арқалық профилі қимасының ауданы.

Айнымалы көлденең қиманың арқалықтары үшін деформация Мордың толық формуласымен есептеледі. 1/6 қашықтықта белбеудердің қимасының өзгеруін ескере отырып, арқалықтардағы иілген жерлер тіректен келесіні құрайды

$_f$ $0{,}26qL^4 + 4{,}74qL^{4\,M}$ $384EJ_1$

384EJ

2

$_f = \underline{5m_t\ qZ.^2} + \underline{^4m_2q^{L2\ 0}}$ 72G_n A1 72G_n A2,

бұл жерде J_1, A_1, m_1 — 0-ден L/6-ға дейінгі учаскедегі қиманың сипаттамасы; J_2, A_2, m_2 — L/6-дан L/2-ге дейінгі учаскедегі қиманың сипаттамасы.

Қос таврлы симметриялық арқалықтар үшін қиманың бойымен жанама кернеулердің бөлуінің әркелкілігін ескеретін m коэффициенті келесі формула бойынша анықталады

$$= \frac{M_1 + vM_2 + 5mn^2[6(1 + m) + v(8 + 9m)]}{10(1 + v)(1 + 3m)^2}; \quad m = ;$$

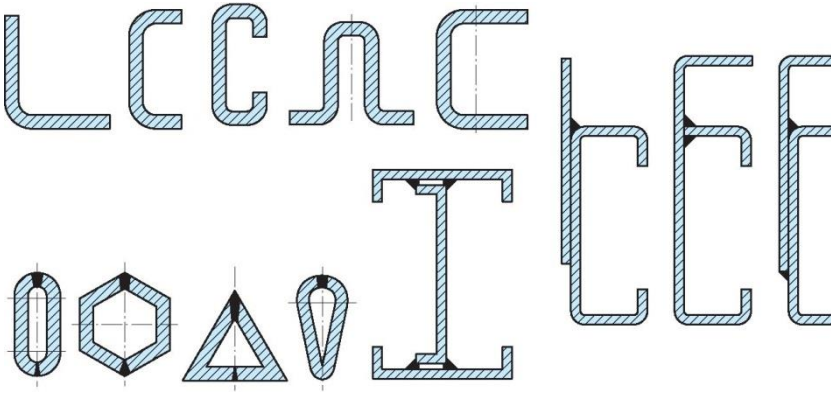
$$M_1 — 12 + 72m + 150m^2 + 90m^3;$$

$$M_2 — 11 + 66m + 135m^2 + 90m^3,$$

бұл жерде v — Пуассон коэффициенті, v — 0,3; m — $\frac{2Ьд}{Л8_{ст}}\Delta^{н}$; n — —. h

Тірек қабырға мен дәнекерленген қосылысты есептеу кәдімгі арқалықтардағыдай жүргізіледі.

Икемді қабырғалары арқалықтағы белбеулер тек қысу кезінде ғана емес, сонымен қатар қабырғаның кернеулігінен иілу кезінде де жұмыс істейді, сондықтан иілетін және бұралатын жоғары қаттылықты белбеудің көлденең қималарын қолдануға кеңес беріледі.



2.32-сурет. Иілген және қалыпталған элементтерден жасалған арқалықтардың конструкциясы

Технологиялық жағынан болат жолақты және кең жолақты таврлардан жасалған белбеулі көлденең қималар қолайлы; едәуір жүктемелер кезінде жылжымалы немесе иілген арнадан немесе кең жолақты қос таврлардан дайындалған белбеулерді пайдалануға болады (2.32-сурет).

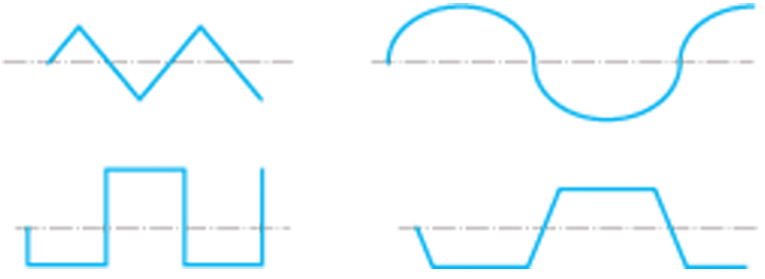
Қосымша арқалықтардан жергілікті жүктемелерді қабылдау үшін және бөліктің ұзындығын шектеу үшін кәдімгі арқалықтардағы сияқты қолданысы бар, қаттылық қабырғалы арқалықтар жиі қолданылады.

Нақты арқалықтарда қабырғаның қалыңдығы 2 — 4 есе азаяды, жұмыстың сынидан тыс кезеңі пайдаланылады, қабырғаларды гофрлеу немесе қабырғасында тесіктері бар (ойықталған қабырға) арқалықтарды дайындау арқылы жергілікті орнықтылық артады.

Гофрленген қабырғалы арқалықтар. Арқалықтардың металды қажетсінуін төмендетудің бір жолы – олардың қабырғаларын гофрлеу. Қалыпты арқалықтарда қабырғалардың қалыңдығы, әдетте, беріктік шартымен емес, жергілікті орнықтылық талаптарымен анықталады. Көлденең қабырғаларды орнату қабырғаның қалыңдығын азайтуға мүмкіндік бере және бір мезгілде арқалықтардың бұралу қаттылығын арттыра отырып жағдайды жұмсартады, себебі қабырғалар диафрагмалардың рөлін атқарады және көлденең қима контурының өзгермейтіндігін қамтамасыз етеді.

Гофрленген қабырғалардың икемділігі 300... 600 құрауы мүмкін, сонымен қатар қабырға неғұрлым жұқа болса, оны гофрлеу соғұрлым жеңіл болады.

Гофрленген қабырғаның қалыңдығы 2,8 мм-ге дейін қабылданады, бұл қабырғалардың жұқа болуымен анықталған барлық артықшылықтарды қамтамасыз етеді.



2.33-сурет. Қабырға арқалықтары гофрлерінің типтері

Қабырғаларды дайындауда қосымша технологиялық операция – гофрелу пайда болады, белдеме жіктерді дәнекерлеу біршама күрделенеді, бірақ қабырға қалыңдығының азаюы және қатайту қабырғаларының едәуір санын азайту ақыр аяғында, арқалықтарды дайындауға кететін еңбек шығындарын 15 ... 25%-ға азайтуға әкеледі. Дайындаудың еңбекті қажетсінуі және металды жұмсауы бойынша қатайту қабырғалары санының күрт азаюының, арқалықтардың жоғары бұрау қаттылығының және қабырғаның жоғары жергілікті орнықтылығының арқасында гофрленген қабырғалы арқалықтар икемді қабырғалы арқалықтарды ұтады.

Гофрленген арқалық үшін сындарлы шешімін таңдағанда жүктеме астында арқалықтың кернеулі-деформацияланған күйін ерекшеліктерін, сонымен қатар технологиялық талаптарға ғана емес ескеру қажет. ең қарапайым және үшбұрышты бедері бар қабырғалардың өндірісінде өндірілген, бірақ қабырғалары төзімді толқынды бедері бар. Практика сондай-ақ гофрленген тақталардың жолақтарын пайдалану болып табылады (2.33-сурет).

Белдеуін гофрленген қабырғасына келіп тіреледі талия сынған және толқынды желілерінде жіктердің арналған стендтермен бар арнайы бағыттарын ұйымдастыру кәсіпорындарға орынды гофрленген қабырғалары арқалықтың өндірісі.

Қазірдің өзінде гофроқабырғалар бірінші сынақ арқалықтар стресс және қабырға аймақтардың, атап айтқанда, мемлекет анықтады: қалыпты кернеулер көлденең өте аз жұқа қабырға бедері қаттылық бастап, тек белбеу қабырғасында дамыту және тез дерлік нөлге дейін төмендейді; Тангенттік кернеулер қабырға биіктігі бойынша біркелкі бөлінеді.

Гофрленген қабырғалы ұзындықтар икемді сатысында едәуір қалыңдығымен икемді қабырғалы арқалықларға қарағанда ұзағырақ. олар қабырғаның ұшақ иілу бастан емес, өйткені гофроқабырғалар, сондай-ақ, ең үздік жағдайларда жұмыс бар белбеулер арқалықтардың.

Бедерлі қабырғалары арқалықтар парақ белбеу бар, әдетте, I-бөлім жобалау, және (икемді қабырғалары арқалықтарға қарағанда) иілу және бұралу жоғары қаттылығы аймақтарын талап етпейді; белбеу қимасы жеткілікті металл үнемдеуді do¬polnitelnuyu қамтамасыз иілу кезінде нысаны, сәйкес ұзындығы ені және айнымалы дамыған болады.

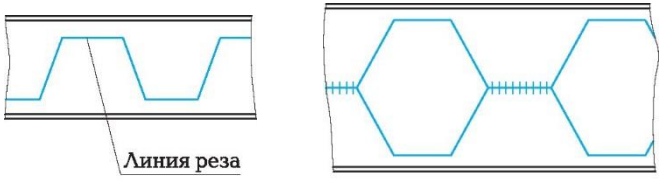
Қолдану аясы олар кран құрылымдарда және бұралу арқалықтардың өсті қаттылық қажет ететін барлық басқа жағдайларда пайдалы икемді қабырғалары шұғылалы қарағанда кеңірек гофроқабырғалар арқалықтардың.

Онда бедерлі қабырғалары арқалықтың талдау жоқ ұсынымдар қазіргі уақытта, бірақ зерттеу нәтижелері бізге осындай арқалықтардың инженерлік есептеу жеткілікті сенімді әдісін салу мүмкіндік береді. Гофрленген қабырғалы арқалықтарды есептеудің ең маңызды ерекшеліктері қабырғалардың жергілікті тұрақтылығын тексеруге

қатысты. қабырға немесе бір жарым-бұдырланған тегіс тақтаға ішінде немесе бірнеше бедері аясында тұрақтылығын жоғалтады. Соңғы жиі қабырғалық тұрақтылықтың жалпы жоғалуы деп аталады.

Гофрленген қабырғалы арқалықтың сығылған белдігі едәуір жалпақ қиыққа тіреле отырып, әдеттегі арқалыққа қарағанда жақсы жағдайда жұмыс істейді (2.33-суретті қараңыз), бірақ гофрдің ұшар басындағы белбеудің еркін асылмасы жалпақ қабырғалы арқалықтан үлкенірек, ал шектес учаскелерде бұл асылма азырақ; Белбеудің қысылуының жоғары дәрежесі сығылудың жоғары қысымды кернеулерін қамтамасыз етеді.

Ойықталған қабырғалы арқалықтар. Металды пайдалану тиімділігін жоғарылату ниеті XX ғасырдың басында инженерлерді икемді элементтердің жұмысына жеткізді, бұл өз кезегінде металлургияны қолдану ауқымын кеңейтуге мүмкіндік беретін түпнұсқа идеяға әкелді.



а *б*

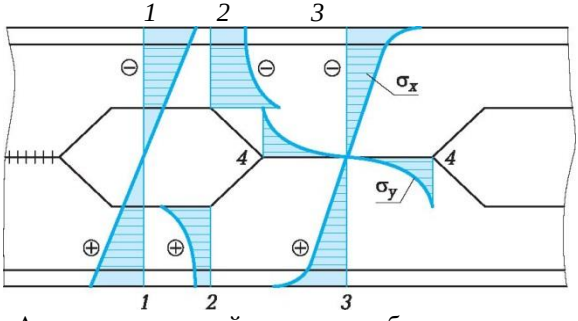
2.34-сурет.Ойықталған қабырға арқалығын орындау схемасы:
Кесік сызығы
а — жайма қабырғасын қоставры арқалық түрінде кесу; *б* — жалғастырғыштарды үйлестіру және дәнекерлеу

Түпкі нәтиже арқалық биіктігі ұлғаюына әкеледі және бөлім материал қайта бөлу мүмкіндік береді, ол перифериялық талшықтар (белбеулер) жақын және айтарлықтай инерция сәттен және қарсылық сәттен-ақ көлденең қимасы сияқты геометриялық сипаттамаларын арттыру байыту. Алғашқы сындарлы пішін қалыптасады - қабырғадағы терезелері бар арқалық.

Бастапқы бөліктің биіктігінің өзгеруі оның қарсыласу сәтін 1,5 есе және инерция сәтінен 2 есе артады. Арқалықтың көпшілігі үшін қандай да бір қауіп төндіреді жоқ екенін орталық аймағында қабырғаны пайдаланатын бөлім (30 ... 40% қабырға материалы). кәдімгі жылжымалы арқалықта кем дегенде 20.30%-ға дейін осындай арқалықтар металл ағынының жылдамдығы, 10,18% -ға дейін құнын төмендету, дәнекерлеу сомасын және қайта өңдеу жөніндегі операцияларды айтарлықтай аз күрделілігін азайту арқылы 25.35% төмен тесілген өндіру дәнекерленген композициялық I-арқалық арқалықтарды күрделілігі салыстырғанда: прокат және төмен дәнекерленген бастапқы кесу үшін қосымша еңбек шығындарын қажет етеді.

Қабырғадағы саңылаулар арқалық қималарындағы кернеулі күйдің

көрініс өзгертеді. Егер арқалық белбеудеріндегі қалыпты кернеулердің саңылаулардың ортасымен бөлінуі сызықтыққа жақын болатын болса, онда саңылаулардың тораптық аймақтарында қалыпты кернеулердің эпюрлары қисық сызықты, бұл кернеулер концентрациясының салдарынан болған (2.35-сурет). Қалыпты кернеу диаграммасының sx-дің кейбір қисық сызығы шекараның (бөлімнің) аймағында байқалады. Қалыпты кернеулер бөлімнің 4 - 4 бөлімінде пайда болады. Мұның бәрі тесіктердің жанындағы кернеулердің шоғырлануын көрсетеді. Көп жағдайда материалдың пластика қорлары стресс-концентраторлардың әсерін тегістеуге жеткілікті, ал пучка тіреуінің беріктігі айтарлықтай әсер етпейді. Дегенмен, пластикалық деформациялар дамыған кезде циклды немесе соққы әсері, әсіресе төмен температуралы жағдайларда, тесіктердің бұрыштарында пайда болуы мүмкін екенін ескеру керек.



2.35-сурет. Арқалықтардың ойықталған қабырғаларында кернеулерді бөлу a_x, s:
1 — *4* — қималар номері; «+» белгісі — созылу кернеуі; «-» белгісі — сығылу кернеуі

Перфорацияланған қабырғалары бар сәулелердің құрылымдық шешімдері қабырғалық кесу схемаларының өзгергіштігімен анықталған үлкен әртүрлілікпен ерекшеленеді. Кернеулердің шоғырлануын төмендететін тесіктер қисық сызықты кескіндермен алынады. Қабырғаларды кесудің басқа да көптеген нұсқалары бар, олар белгілі бір қадір-қасиетке ие.

Бөлудің тұрақтылығын дәл тексеру өте күрделі міндет. Перфорацияланған қабырғалары бар пучкалар үшін тұрақтылықтың жоғалуы сипаты белгілі бір және қайталанатын эксперименттерде қайталанады, онда бөліктің тұрақтылығын жоғалтқан. Пропеллердің тұрақтылығымен бөлікте пропеллер тәрізді бұралған. Бұл кескіндеме күштерінің әрекеті астында фильм екі қиылысқан диагональды жолақтар

сияқты жұмыс істейді, олардың біреуі созылған, екіншісі қысылған. Ең үлкен стресс шұңқырдың көлбеу бөліктерінің шеттерінде байқалады.

Перфорацияланған қабырғалары бар сәулелердің жалпы тұрақтылығын тексеру дәстүрлі сәулелер үшін бірдей сынақтан ерекшеленбейді. Бұл жағдайда геометриялық сипаттамалар апертуралы секция үшін есептелуі керек.

Арқалықтың иілген жерлері саңылаулармен осалданған қиманың инерция моментін ескере отырып тексеріледі..

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Арқалық конструкциялар қандай параметрлермен сипатталады?
2. Арқалықтарды жобалауға қандай негізгі талаптар қойылады?
3. Арқалық қималарының өлшемдерін іріктеу қалай жүзеге асырылады?
4. Арқалықтың биіктігі қалай анықталады?
5. Қимасы симметриялық емес арқалықтардың өлшемдері қалай анықталады?
6. Дәнекерленген арқалықтардың қималарын өзгертудің қандай нұсқалары бар?
7. Кесудегі арқалықтардың беріктігін тексеру қалай жүргізіледі?
8. Арқалықтың жалпы орнықтылығын қамтамасыз ету шартының мәні неде?
9. Қандай жағдайлар арқалықтың жергілікті орнықтылығын анықтайды?
10. Арқалық қабырғаларының жергілікті орнықтылығы қандай әдістермен қамтамасыз етіледі?
11. Арқалықтың қатайту қабырғаларының қабырғасын бекітудің қандай схемалары қолданылады?
12. Арқалық қаттылығының тірек қабырғалары қандай қызмет атқарады?
13. Арқалықтың белдеулік жіктері беріктігінің шарты неде?
14. Арқалықтардың монтаж және заводтық жіктерін жобалаудың реттілігі қандай?
15. Арқалықтың тірек бөліктерін жобалау қалай жүзеге асырылады?
16. Қорапты қима арқалығының жұмыс жасау схемасы қандай?
17. Қорапты арқалық қималарының өлшемдерін анықтау әдістерінің негізгі қағидалары қандай?
18. Қорапты арқалықтардың дәнекерленген жіктерінің беріктігін есептеу қалай жүзеге асырылады?
19. Арқалық конструкцияларды оңтайландырудың критерийлері қандай?

20. Жұқа қабырғалы арқалықтарды жобалау және есептеудің ерекшеліктер неде?
21. Гофрленген қабырғалы арқалықтарды жобалау ерекшеліктері қандай?
22. Ойықталған қабырғалы арқалықтарды жобалау ерекшеліктері неде?

3-тарау

ДӘНЕКЕРЛЕНГЕН БАҒАНАЛАР МЕН ТІРЕКТЕР

3.1. БАҒАНАЛАРДЫҢ ЖАЛПЫ СИПАТТАМАСЫ

Жоғарыда жатқан конструкциялардан (арқалықтар, фермалар және т.б.) іргетасқа жүктемені беретін бойлық элемент *бағана* деп аталады.

Бағаналарда үш негізгі конструкциялық бөлік ажыратылады (3.1-сурет): жоғарғы — 1 жүктемені қабылдайтын баулықтар; орта — 2 жүктмені көтеретін сырық; төменгі — бағананың қысымын 4 іргетасқа беретін 3 негіз.

Жүктелу схемасына байланысты орталықтан сығылған, орталықтан тыс сығылған және сығылған-иілген бағаналар болып бөлінеді.

Қазіргі уақытқа дейін барлық қолданыстағы беріктікті есептеу нормаларына тән әртүрлі қатынастармен sв-ны sх-ға материалдар – әртүрлі типті (сынықты) конструкциондық материалдар үшін беріктік запасының бірдей коэффициенттерін белгілеу негізгі кемшілік болып отыр, конструкциондық материалдардың негізгі механикалық қасиеттерін ескере отырып, рұқсат етілетін кернеулерді және беріктік запасының коэффициенттерін анықтау үшін аналитикалық шешімдер табылған жоқ. МЕМСТ 14249—80 сәйкес тек аустениттік болат үшін тұрақсыздық шегі (шт = 1,3) бойынша беріктік қоры коэффициентінің аз мәнін қолдану рұқсат етіледі.

Рұқсат етілетін кернеулер бойынша есептеудің негізгі кемшілігі, сондай-ақ беріктік запасының жалпылама сипаты болып табылады. Бір ғана коэффициенттің конструкция қауіпсіздігіне байланысты алуан жағдайларды шынайы көрсетуге мүмкіндігі жоқ. Сонымен қатар, рұқсат етілетін кернеулерді анықтау қолданыстағы әдістері сәйкес емес, өйткені материалдың илемділік және төзімділік резервтерін ескермейді.

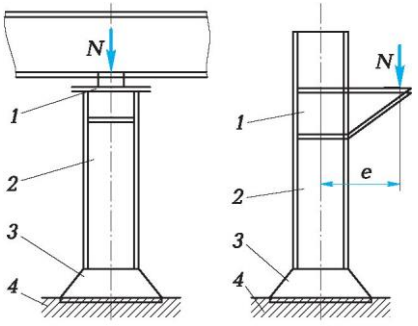
Сондықтан конструкцияны дайындау кезінде пластикалық деформациясы туындауын шындығында болдырмау іс-жүзінде мүмкін емес, материалдың жұмысы туралы негізгі алдыңғы шарттары тек серпімді сатысында мүлдем шартты болады. Рұқсат етілетін кернеулер бойынша есептеу беріктіктің созылу мен иілу элементерінің нақты қоры әртүрлі болуына әкеледі. Конструкцияның ең жоғарғы жұмыс істеу

қабілеті сол немесе өзге кернеулер жетістіктерімен анықталмайды, ал конструкция ары қарай жүктеме өсуін қабылдауға қабілетті емес болған жағдайдағы жетістіктерімен анықталады .

Беріктік запасының коэфициенттерін жүктеу жағдайының үш түріне қатысты таңдалған: статикалық, ауыспалы — нөлден ең жоғарғыға дейін, ауыспалы — ең көп оңнан теріс анықталған шамаға дейін. Конструктор беріктік запасының коэффициенттерін өзінің жеке тәжірбиесін немесе конструкция жасаған ұйымның тәжірбиесін негізге ала отырып таңдады. Қазіргі уақытта коэффициент сенімділігі мен беріктік запасының коэффициентін қолдана отырып, тек рұқсат етілетін есептік кернеулерін анықтауға ғана ұмтылмайды, сонымен қатар конструктивтік, технологиялық және материалтану

Орталықтан сығылған бағаналарда (3.1-сурет, а) жүктеме сырықты бойлай немесе оған қатысты симметриялы жүктеледі.

Дәнекерленетін жіктің типі дәнекерленетін бөлшектер жиектер көлденең қимасының формасы және оны орындау технологиялық



а *б*

3.1-сурет. Бағаналардың негізгі конструкциялық бөліктері:
а — орталық сығылған; *б* — орталықтан тыс сығылған; *1* — баулық; *2* — сырық; *3* — табан; *4* — іргетас; *N* — бойлық күш; *е* — эксцентриситет

ерекшеліктер қосылыстар типімен анықталады. Сол немесе өзге қосылыстар типін таңдау конструкцияны белгілеуге, жұмыс жағдайына, технологиялық мүмкіндіктер мен дәнекерленіп қосылған металсыйымдылықтарға байланысты болады.

Қосылыстардың конструктивтік формасы, өлшемі мен сапасы дәнекерленген конструкцияның жұмыс қабілеттілігін анықтайтын негізгі белгілері болып табылады.

Дәнекерленген қосылыстардың негізгі типтері түйіспелі, бұрышты, айқастырғыш және таврлық қосылыстар болып саналады; осы қосылыстардың конструктивтік элементтері және олардың өлшемдері

стандартқа сәйкес анықталады.

Түйіспелі қосылыстар — бұл бір жазықта немесе бір бетте орналасқан екі элементтің дәнекерленген қосылысы, түйіспелі қосылыстар жүктеу түрлерінің барлығында өте қарапайым, сенімді және жұмысқа қабілетті, сондықтан оларды дәнекерленген конструкцияның аса жүктелген және жауапты түйіндерінде қолданады.

Қосылатын элементтердің қалыңдығы мен дәнекерлеу әдісіне байланысты қосылыстарды жиектері өңдеуге жатады және өңдеуге жатпайды деп ажыратуға болады. Қосылыстардың түйіспелі жіктер формасы қолмен, сондай-ақ механикаландыру дәнекерлеу кезінде де шамамен бірдей.

Айқастырғыш қосылыстар дәнекерлеу кезінде қолданылатын әдістеріне байланысты көптеген көптүрлі конструктивтік формамен ерекшеленеді. Бұрыштық жіктер бір табақтың (дөңгелек немесе сопақтау) саңылау контурында немесе айқастырылған жиектерінде қолданылады. Элементтің беті бойынша жапсырылатын жіктер қосылысының доғалық немесе байланыстырғыш дәнекерлеумен орындалған жіктері үзілісті немесе үзіліссіз болуы мүмкін.

Айқастырғыш қосылыстардың әр түрлілігін жапсырмамен қосу болып табылады, олар дәнекерленген түйіндер үшін тән емес, бірақта кейбір жағдайларда оларды екі табақты қосу үшін қолданады (мысалы, эксцентриситет қосымшалар күшін алып тастау үшін екі жақты жапсырмалар, түйіспелі қосылыстарды күшейту үшін — бір жақты жапсырмалар пайдаланылады). Осындай қосылыстар технологиялық емес, сондықтан жапсырманы орнатар алдында дәнекерлеу жіктерін өңдеу қажет.

Айқастырғыш қосылыстар дәнекерлеу кезінде қолданылатын әдістеріне байланысты көптеген көптүрлі конструктивтік формамен ерекшеленеді. Бұрыштық жіктер бір табақтың (дөңгелек немесе сопақтау) саңылау контурында немесе айқастырылған жиектерінде қолданылады. Элементтің беті бойынша жапсырылатын жіктер қосылысының доғалық немесе байланыстырғыш дәнекерлеумен орындалған жіктері үзілісті немесе үзіліссіз болуы мүмкін.

Айқастырғыш қосылыстардың әр түрлілігін жапсырмамен қосу болып табылады, олар дәнекерленген түйіндер үшін тән емес, бірақта кейбір жағдайларда оларды екі табақты қосу үшін қолданады (мысалы, эксцентриситет қосымшалар күшін алып тастау үшін екі жақты жапсырмалар, түйіспелі қосылыстарды күшейту үшін — бір жақты жапсырмалар пайдаланылады). Осындай қосылыстар технологиялық емес, сондықтан жапсырманы орнатар алдында дәнекерлеу жіктерін өңдеу қажет.

Бұрыштық маңдайшалы жіктермен жүзеге асырылатын жапсырмалы қосылыстар түйіспелі қосылыстардан айтарлықтай айырмашылығы жапсырмалы қосылыстар өзінің құрылымы бойынша тереңдігін

балқытуды ұлғайту есебінен жақсаруы мүмкін және оның беріктік сипаты түйіспелі қосылыстың сенімді түрінің ең аз деңгейінде болады.

Зерттеулер нәтижесі бойынша тек қанаттық бұрыштық жіктерді қолданған жағдайда, сондай-ақ қанаттық және маңдайшалы бұрыштық жіктер комбинациялары жаспырмаға күш жұмсау кезінде ұқсас қосылыстарда кернеудің бөліну шарттарында айтарлықтай жетілдіру жүрмейтінін және олардың барлық құрылымдық әр түрлілігінде шамамен бір және сол төменгі деңгейде қалатынын көрсетті. Осы себепке байланысты жапсырмалы қосылыстарда, сондай-ақ барлық басқа айқастырылған қосылыстарда тербеліс жүктемені қабылдайтын құрылымдарда қолдануға кеңес бермейді. Кернеудің біркелкі бөлінбеуі, сондай-ақ таврлы қосылыстар жіктерінде де орын алады және олардың негізгі металмен түйіндесу формасы мен көрінісіне тәуелді болады.

Айқастырылған қосылыстардың бұрыштық жіктері әдетте күрделі кедергі жағдайда жұмыс істейді (ості созу – иіліспен және қысылуды кесумен үйлестіріледі).

Осы уақытқа дейін олар айтарлықтай кернеудің концентрациясы салдарынан төмен беріктілік сипатта деп саналды, өйткені олардың есептік кедергісі ось күштерімен жасалған түйіспелі қосылыстарға қарағанда аз деп қабылданған. Соңғы зерттеулер бұрыштық жіктермен жасалған қосылыстардың шектік жағдайы ретінде қирату жағдайлары қабылдануы мүмкін деп көрсетті. Бұл жіктердің жеке учаскелерінде жоғары деформацияны жіберуге және қосылыстардың нормативтік кедергісін тұрақсыздық шегі бойынша емес, ал балқытылған метал үзіліс беріктігінің шегі бойынша орнатуға ықпал етеді. Лш бұрыштық жіктер қалыңдығы ($8 < 4$ мм қосылатын элементтердің ең кіші қалыңдығымен бөлшектердегі жіктерден басқа) 4 мм кем емес және 1,28 артық емес болуы тиіс.

Бұрыштық жіктердің ең кіші есептік ұзындығы норма бойынша 40 мм кем емес болуы тиіс. Конструктивтік бұрыштық жіктерінің қима (катет) өлшемдері дәнекерленетін элементтің ең үлкен қалыңдығына байланысты орнатылады, сондықтан ол қосылыс қаттылығы мен дәнекерлеу кезінде металды салқындату жылдамдығын анықтайды.

Эксцентриситеттік әсер ететін күштермен туындаған иіліс моментіне ықпал етуді төмендету үшін, нормамен талап етілетін айқастыру өлшемі (кенермесі) қосылатын табақтардың ең кіші жұқалығының бес қалыңдығынан кем емес болады. Алайд, тағы да қосылыстардағы иілістер жүреді және өйткені дәнекерлеу кезінде 0 бұрыштық деформациясы туындайды, табақтар иілетін болады. Қосылатын табақтардың қалыңдығы бірдей болған кезінде қосымша кернеулер үлкен емес және олармен әсіресе, егер табақтар дәнекерлеу кезінде бір біріне тығыз жапсырылған болса елемеуге болады.

Нормамен дәнекерленетін қосылыстар екі маңдайшалы жіктермен айқастырылғаны, сәйкес электродтарды қолданып қолмен дәнекерлеумен

орындалғаны, негізгі металмен беріктігі тең келетіні, егер дәнекерленетін элементтің барлық қалыңдығы бойынша маңдайшалы жіктер қондырылған және олардың ұштары қосылыстар шегінен шығарылғаны белгіленеді.

Осындай бекітулер дәнекерленетін табақтардың қалыңдығы бірдей кезінде қабылдануы мүмкін.

Байланыстырушы дәнекерлеу көмегімен аралық қосылыстарды, сондай-ақ айқастырмалы немесе жапсырмалы нүктелі қосылыстарды жүзеге асырады.

Байланыстырушы дәнекерлеу кезінде түйіспелі қосылыстардағы ерекшеліктері дәнекерлеу кезінде шөгумен туындаған түйіспелі қалыңдау жерлерінің бар болуы саналады. Байланыстық дәнекерлеумен орындалған түйіспелі қосылыстарды есептеу іс жүзінде жүргізілмейді, өйткені түйіспелі дәнекерлеу беріктігі негізгі метал беріктігіне тең деп қабылданғандықтан.

Байланыстық нүктелі дәнекерлеумен орындалған дәнекерленетін қосылыстар балқытылып дәнекерлеумен орындалған қосылыстардан айырмашылығы күш жұмсаудың үлкен бірқалыпсыздығы мен дәнекерлеу нүктесіндегі кернеудің концентрациясы шарасыздық болып табылады.

Жіктік (аунақшалы) дәнекерлеумен орындалған қосылыстар беріктігі негізгі метал беріктігінің шамамен 0,9 құрайды.

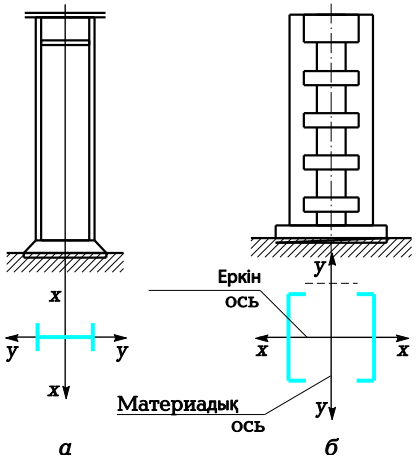
Нүктелі немесе жіктік дәнекерлеумен орындалған айқастыру қосылыстарды есептеу күрделі кернеулік жағдай салдарынан айтарлықтай қиыншылықтарды тудырады. Сондықтан қабылданған есептеу схемалары тым шартты болып табылады.

Қосылыстар нүктесінің орналасуына байланысты бір- және көп қатарлы болады. Екі табақтан айқастырылған нүктелі қосылыстар әдетте бір қиықты, ал үш дәнекерленген табақтар қосылыстары екі қиықты деп атау қабылданған.

$p > 1$ кезінде p коэффициенті 1 (бір санына) жақынырақ болса соғұрлым конструкция жақсы жұмыс жасайды. p коэффициенті әрбір қосылыс түрі үшін тәжірбиелі жолмен анықталады. Айнымалы жүктеу кезінде жіктердің тамырлары толығымен пісірілген түйіспелі жіктермен табақтардан дәнекерленген конструкциялармен, сондай-ақ автоматты түрде ($p=1,1$) дәнекерлеумен орындалған үзіліссіз бойлық (белдік) жіктермен жұмыс істеу өте тиімді.

Негізінде бұрыштық жіктермен қосылған, кернеудің ($p = 1,7...3,5$) жоғары концентрациясын беретін, дәнекерленетін конструкциялар үшін қолданатын, айнымалы (дірілдік) жүктеме кезінде жұмыс істейтін профильдік илемнен жасалған дәнекерленген торлы конструкциялар лайықты емес. Дәнекерленетін қосылыстар конструкциясында төзімділік тек негізгі металдың бастапқы қасиеттерімен ғана емес, сонымен қатар оның жіктер аймағының төңірегінде анықталады. Осыдан басқа ережеге сүйене отырып дәнекерленетін конструкцияларда қалдық дәнекерлеу

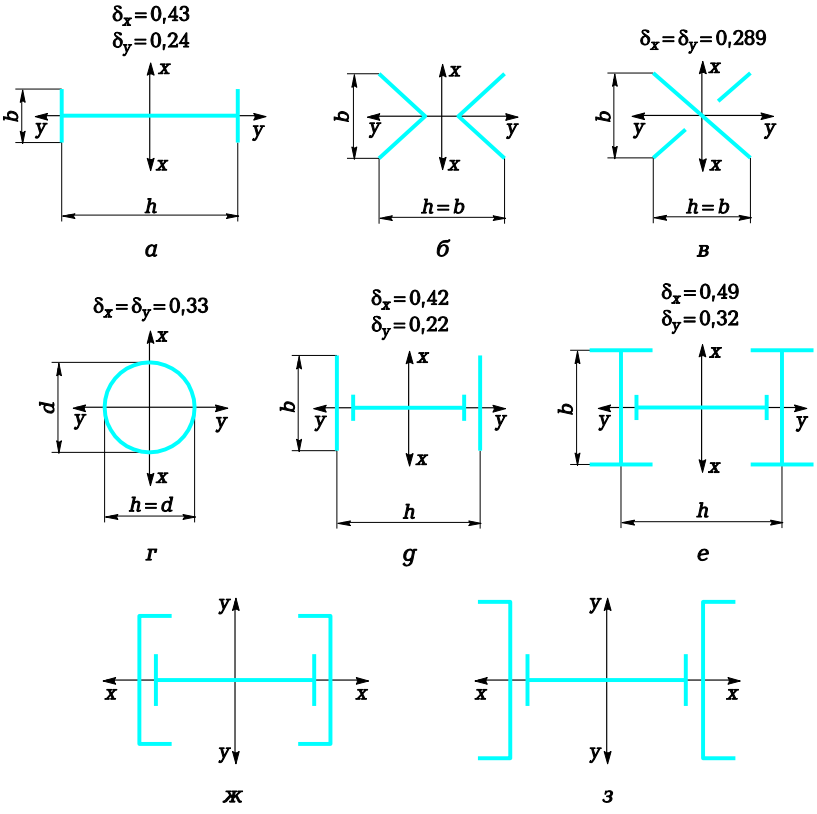
кернеулері орын алады. Сондықтан дәнекерлеу конструкциялар төзімділігін бағалау кезінде олардың ықпал етуі де ескерілуі тиіс.



3.2-сурет. Бағаналардың тұтас (а) және өтпелі (б) сырықтары

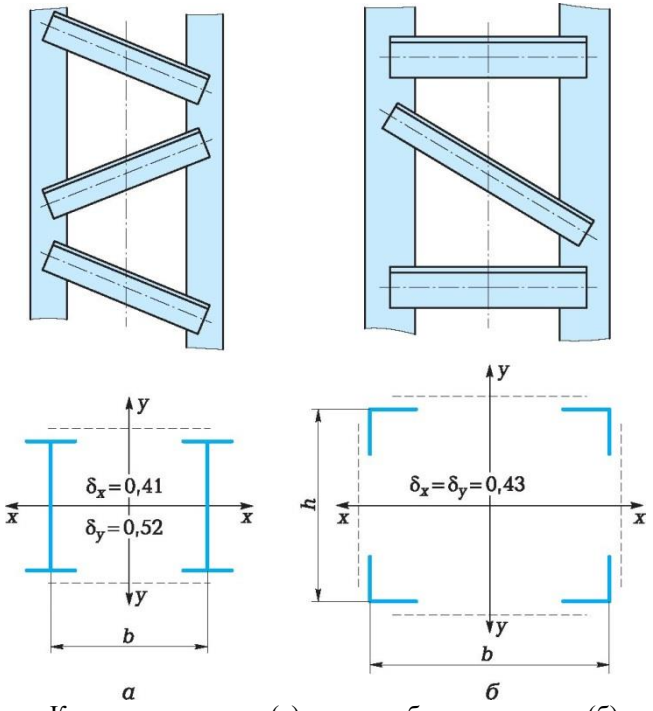
Тұтас дәнекерленген орталықтан сығылған бағаналардың қималары 3.3-суретте бейнеленген қима тәрізді болуы мүмкін.

Екі жайма бұрыштан (3.3, *б-сурет*) немесе үш табақтан (3.3, *в-сурет)* алынуы мүмкін айқыш қима дайындауда беріктігі бірдей және қарапайы болып табылады. Алайда айқыш қималы бағаналарда арқалықтарды бекіту өте қиын.



3.3.-сурет. Орталықтан сығылған бағана сырықтары қималарының кең тараған типтері (а—з):

b — қиманың ені; *h* — қиманың биіктігі; *d* — сырықты бағананың диаметрі; S_x, 8_y — бағана қималарының талап етілетін биіктігі мен енін анықтауға арналған коэффициент



а *б*

3.4-сурет. Қос таврлардан (а) және бұрыштардан (б) тұратын орталықтан сығылған бағаналардың өтпелі сырықтарының қималары

Бағаналардың биіктігі артқан сайын олардың көлденең қималарының өлшемдері де артады, ал өтпелі бағаналар металлды жұмсау жағынан барынша үнемді болады. Өтпелі бағананың сырығы тор арқылы өзара байланысатын екі немесе одан да көп тармақтардан тұрады (3.2-суретті қараңыз, б). Бірдей беріктікке тармақтарды талап етілетін қашықтыққа жылжыту арқылы қол жеткізіледі.

Швеллерлерден тұратын, екі тармақты орталықтан сығылған бағаналар (3.3-суретті қараңыз, г) немесе үлкен жүктеме кезінде қос таврлы бағаналар (3.4-суретті қараңыз, а) едәуір кең тараған. Швеллерлерді ішіндегі сөрелермен бағыттаған тиімдірек, себебі бұл жағдайда тор енінен аз болып көрінеді.

Бұрыштардың төрт тармақтағы қимасы (3.4-сурет, б) аз жүктелген жоғары бағаналарда қолданылады, яғни тармақтар қимасының ауданы шағын болған кезде сырықтың айтарлықтай қаттылығын қамтамасыз ету қажет.

Байланыстыратын жұқа тақтайлар ретінде (3.3-суретті қараңыз, б) қиғаш тіреусіз торы бар өтпелі бағаналарды дайындау едәуір оңайырақ. Дегенмен, қималардың айтарлықтай жүктемелері мен габаритті өлшемдерінде жұқа тақтайлар мен тармақтардың деформациялануына байланысты мұндай конструкциялар жеткіліксіз болып қалады.

3.2. ОРТАЛЫҚТАН СЫҒЫЛҒАН БАҒАНАЛАРДЫҢ СЫРЫҚТАРЫН ЕСЕПТЕУ ЖӘНЕ КОНСТРУКЦИЯЛАУ

Конструкция, көпірлі кран, құрылыс конструкция) құрамында кездеседі және негізінде осы конструкциялардың элементі ретінде және қолданыстағы арқалыққа жүктеме беретін көлденең иілісте жұмыс істейді; кейбір конструкцияда бұралу, қисық иіліске немесе бойлық күш беруге жұмыс істейді. Біраралықты (кесілетін) арқалықтар олардың оңай дайындау және жинақтау, жұмысы анықталғандығына байланысты ең көп тараған.

Болаттық арқалықтар илемді және құрамалы болады. Құрамалы арқалықтар илемді арқалық қаттылық және тұрақтылық, беріктік жағдайды қанағаттандырмайтын немесе илемді арқалықтарды қолданған кезінде металдың елеулі артық шығынына әкеп соқтыратын кезде қолданылады. Үлкен аралықтарда және жүктемелер талап етілген кедергі моменті > 2 560 см3 болған кезде илемді түрінің жиыны шектеулілігі салдарынан құрамалы арқалықтарды жобалайды және дайындайды — дәнекерлеу немесе тойтарылған. Илемді арқалықтармен салыстырғанда құрамалы арқалықтардың бірқатар артықшылығы бар: кернеуді тым бірқалыпты бөлу, арқалыққа форма беру мүмкіндігі, конструкцияның аса сәйкестілікке белгілеу, келісімді сыртқы түрі, массаның аз бөлігі.

Жобаның негізгі талаптарын күшті қанағаттандыратындарын қиманың мүмкіндік типтерінен таңдайды: металды үнемдеуді қаматамсыз ететін, көп еңбек қажет етуді төмендететін, пайдалануға ыңғайлы. Арқалықтың салмақ түсіретін қабілеттілігіне әуелгіде бар болғаны белдіктің қаттылық иіліс шамасы (немесе қима түрі), содан кейін қабырға мен белдіктің метал беріктігі әсер етеді.

Алюминий қорытпадан арқалықтар дайындау серпімділік модулінің (болаттың серпімді модулінің мәні шамамен 0,3) төмен мәні салдарынан мақсатқа лайықты емес. Осы жағдай оларды айтарлықтай қаттылықпен қаматамсыз етуге тиіс жағдайда шиеленістіреді, ал көп есе қайталанатын жүктеме жағдайда төзімділік шегінің жоғары емес мәнін пайдалануды шектейді.Сондықтан атап айтқанда,тек ерекше жағдайларда (мысалы, агрессивті ортада болған жағдайда немесе сейсмикалық ауданда құрылыс салукезінде) жалпы салмақ түсетін алюминий конструкциялар мен арқалықтарды қолданады.

Арқалықтың жұмыс қабілеттілігіне қойылатын талаптар конструкция элементінің беріктігіне тең және тұрақтылыққа тең ең жоғары принциптерді сақтау, сондай-ақ талап етілген қаттылықты (мысалы, белгіленген нормамен арқалықтың иілімі анықталған шамадан аспауы тиіс) қамтамасыз ету кезінде қол жетімді болады. Қаттылық және тұрақтылық, беріктік талаптарын қанағаттандыра отырып, арқалықтар бір уақытта кіші салмақты, жоғары технологияда дайындалған және ұзақ мерзім пайдалануға жарамды болуы тиіс.

Иіліс кезінде қима формасы айтарлықтай рөл атқарады, өйткені арқалық беріктігі W кедергі моментіндегі мәнімен сипатталады, ол қима өлшемдеріне, сондай-ақ көрінісіне байланысты болады.Кедергі моментінің үлкен мәнін шағын немесе үлкен кезінде — шағын аудан болғанда алуға болады. Металдың шығыстары мен иілістеріне аса қолайлы жұмыс тұрғысынан бірінші нұсқа тиімді екені анық, бірақ ол әрқашанда конструктивті мүмкін емес.

Арқалықтар сияқты бағаналарды есептеу қималарды алдын ала іріктеуді және оларды түбегейлі тексеруді қамтиды. Тұтас дәнекерленген бағаналардың *сырық қималарын алдын ала іріктеу* келесі тәртіпте жүзеге асырылады.

1. Есептелген сығатын жүктемені анықтайды.
2. Негіздің және баулықтардың болжалды конструкцияларына байланысты бағананың есептелген схемасын анықтайды.
3. Көлденең қиманың талап етілетін ауданын анықтайды

$$\frac{N}{jR'} \qquad (^{3Л})$$

бұл жерде N — бағанадағы есептелген бойлық күш.

Формулаларды (3.1) пайдалану оған біреуін біреуі арқылы беруге болмайтын A_{xp} және j белгісіз шамаларының кіретіндігімен қиындайды. Бұл жағдайда көлденең қиманы іріктеу бірінші жақындауда бойлық иілу коэффициентінің j0 = 0.7 ... 0.9 мәнін бере отырып, тізбекті жақындау әдісімен жүзеге асыруға тура келеді.

3.1-кесте. Тұрақты қиманың орталықтан сығылған сырықтарына арналған есептелген ұзындықтың коэффициенті

Сырықтың ұштарын бекіту		Есептелген ұзындықтың коэффициенті m
жоғарғы	төменгі	
Топсамен	Топсамен	1,0
	Қатты	0,7
Қатты		0,5
Қысу		1,0
Бекітілмеген		2,0

4. Инерцияның талап етілетін радиустарын анықтайды

$$i? = l0x10;\ \phi = l0y10, \qquad (3.2)$$

бұл жерде 1_{0x} и l_{0y} — негізгі жазықтықтардағы сырықтардың есептелген (келтірілген) ұзындықтары x; 1_0 — сырықтың j0 қабылданған мәніне сәйкес келетін икемділігі.

Бағаналардың немесе тіректердің икемділігін анықтау үшін қажет олардың есептелген ұзындығы келесі формула бойынша есептеледі

$$I0 = ml, \qquad (3.3)$$

бұл жерде m — бағаналардың (тіректердің) ұштарының бекітілу жағдайына тәуелді есептелген ұзындықтың коэффициенті (3.1-кесте); *l* — бағананың немесе оның жекелеген учаскесінің ұзындығы.

Бағананың жоғарғы ұшын бекіту жоғарыда көрсетілген арқалықтарды тіреген немесе арқалықтарды бұрылыстағы бұрыштан бекітілген бүйірден икемді бекіткен – арқалықтарды бағанаға қатты бекіткен кезде қабылданады.

Бағананың төменгі ұшын бекіту – негізі жонылған ағаш болып,бағана негізі екі анкерлі бұрандасы бар таратушы конструкциямен бекітілген кезде шарнирлі бекіткішпен, бағанның негізін төрт бұрандадан кем емес таратқыш конструкциямен бекіткен кезде қатты бекіткішпен қабылданады.

5. Инерция радиустарының қима конфигурацияларына жуық

тәуелділігін пайдалана отырып,

$$i_x = S_x h;\ i_y = S_y b, \tag{3.4}$$

қиманың талап етілетін ені мен биіктігін анықтайды

$$^{h}\text{хр} = \text{X} /^{S}\text{x} ;\ ^{b}\text{тр} = \wedge /^{S}y. \tag{3.5}$$

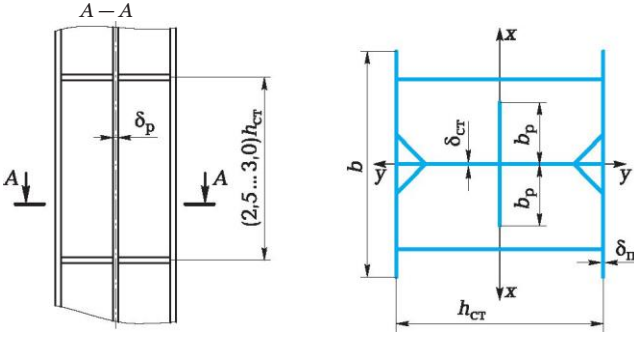
Тұтас бағаналардың кейбір қималарына арналған 8_x және 8_y коэффициенттерінің мәндері 3.3 және 3.4-суреттерде берілген.

$$A_{\text{п}} = 0{,}8A_{\text{тр}}. \tag{3.6}$$

Онда қабырғаның қалыңдығы келесіні құрауы тиіс

$$S_{\text{СТ}} = A_{\text{СТ}}/h_{\text{СТ}} \sim 0{,}2A_{\text{Тр}}/h_{\text{СТ}}. \tag{3.7}$$

$$Д_{\text{т}}/S_{\text{СТ}} < 40\ JEJR + 0{,}4\text{l} < 75. \tag{3.8}$$



3.5-сурет. Бағана сырықтарының есептелген геометриялық сипаттамалары

$$\frac{\text{Фо} + \text{jl}}{\text{Ф} = \text{—}_{I}\sim},$$

осылайша екінші жуықтауды жүзеге асырады.

1. Түзетілген қима келесі формула арқылы тексеріледі

$$s = \text{N/фАбрутто)} < mR, \qquad (3.10)$$

бұл жерде j — бойлық иілу коэффициентінің ақырғы мәні(оны анықтау үшін кейде үшінші жуықтау да қажет болады).

Қазіргі уақытқа дейін барлық қолданыстағы беріктікті есептеу нормаларына тән әртүрлі қатынастармен sв-ны sх-ға материалдар – әртүрлі типті (сыныпты) конструкциондық материалдар үшін беріктік запасының бірдей коэффициенттерін белгілеу негізгі кемшілік болып отыр, конструкциондық материалдардың негізгі механикалық қасиеттерін ескере отырып, рұқсат етілетін кернеулерді және беріктік запасының коэффициенттерін анықтау үшін аналитикалық шешімдер табылған жоқ. МЕМСТ 14249—80 сәйкес тек аустениттік болат үшін тұрақсыздық шегі (шт = 1,3) бойынша беріктік қоры коэффициентінің аз мәнін қолдану рұқсат етіледі.

Рұқсат етілетін кернеулер бойынша есептеудің негізгі кемшілігі, сондай-ақ беріктік запасының жалпылама сипаты болып табылады. Бір ғана коэффициенттің конструкция қауіпсіздігіне байланысты алуан жағдайларды шынайы көрсетуге мүмкіндігі жоқ. Сонымен қатар, рұқсат етілетін кернеулерді анықтау қолданыстағы әдістері сәйкес емес, өйткені материалдың илемділік және төзімділік резервтерін ескермейді.

Сондықтан конструкцияны дайындау кезінде пластикалық деформациясы туындауын шындығында болдырмау іс-жүзінде мүмкін емес, материалдың жұмысы туралы негізгі алдыңғы шарттары тек серпімді сатысында мүлдем шартты болады. Рұқсат етілетін кернеулер бойынша есептеу беріктіктің созылу мен иілу элементерінің нақты қоры әртүрлі болуына әкеледі. Конструкцияның ең жоғарғы жұмыс істеу қабілеті сол немесе өзге кернеулер жетістіктерімен анықталмайды, ал конструкция ары қарай жүктеме өсуін қабылдауға қабілетті емес болған жағдайдағы жетістіктерімен анықталады .

Беріктік запасының коэфициенттерін жүктеу жағдайының үш түріне қатысты таңдалған: статикалық, ауыспалы — нөлден ең жоғарғыға дейін, ауыспалы — ең көп оңнан теріс анықталған шамаға дейін. Конструктор беріктік запасының коэффициенттерін өзінің жеке тәжірбиесін немесе конструкция жасаған ұйымның тәжірбиесін негізге ала отырып таңдады. Қазіргі уақытта коэффициент сенімділігі мен беріктік запасының коэффициентін қолдана отырып, тек рұқсат етілетін есептік кернеулерін анықтауға ғана ұмтылмайды, сонымен қатар конструктивтік, технологиялық және материалтану – әртүрлі факторларды ескереді.

Егер қазіргі уақытта жеке оқиғаларда есептеу кезінде дайындау технологиясының әсер етуін ескеруге ұмтылады, онда оны рұқсат етілетін кернеулерде, шектік жүетемеде түзету коэффициенттерін енгізумен орындайды. Осындай тәсілдер материалды артық жұмсауға әкеледі, сондықтан бұл коэффициенттерді (әдетте төмендететін) олар керек емес жерде де қолдануға тура келеді және олар сенімділік кепілдеме бермейді, өйткені конструкция және оның дәнекерленген қосылыстар жұмысының барлық көптүрлі нақты жағдайларын ескеруге ықпал етпейді.Сондықтан технологиялық факторлар ескерілетін тұрақтылық пен беріктіктің нақтыланған есептеу әдістері қажет.

Есептеу әдістерін жетілдіру қортындысы жүктеменің анағұрлым қауіпті тіркеулерін анықтау, конструкция элементтері үшін тиімді материалдарды таңдау, есептегіш техниканы және т.б.ұ. техниканы пайдалану, конструкция схемасының негізделген есептеулерін қолдану болып табылады. Дәнекерленген қосылыстарды жетілдірудің басты бағыты қосылыстардың көтергіш қабілетті мен сенімділігі және дәнекерленетін элементтердің, оларды орындауға ең аз мөлшерде шығындар жұмсау кезінде қажетті деңгейде қаматамасыз ету болып табылады.

Көрсетілген міндетті шешу кезінде айтарлықтай маңызды мәселелердің бірі дәнекерленген қосылыстарды есептеуде олардың есептік кедергісін белгілеуді есепке алып тәсілдерді жетілдіру болып табылады.

Әсер етудің материал кедерегісінен айырмашылығы, әдетте кездейсоқ сипаты бар, сондықтан жалпы конструкцияны есептеу ықтималдық әдістерін қолдана отырып сенімділік теориясының пәнін ұсынады. Конструкцияны инженерлік есептеуінің түпкі нәтижесі белгіленген мерзім бойына сенімді қызмет көрсете ала ма деген мәселенің шешуі болуы тиіс, сондықтан конструкцияның сенімділк теориясын дамыту қажет.

Дегенмен «сенімділік теориясы» термині 1950 жылдардың ортасында пайда болды, сенімділікті есептеудің мәні бұрыннан инженерлермен жүргізіледі. Рұқсат етілетін кернеу және беріктік запасының коэффициенті бойынша конструкцияны есептеу механикалық сенімділікті бағалау (немесе қамтамасыз ету) жартылай эмпириялық әдістерді білдіреді.

Барлық есептеулерде дәнекерленген конструкцияның ұзақ мерзімділігі уақытының факторлары елеулі рөл атқаруы тиіс. Осы факторларды есепке алмаса конструкцияны беріктікке есептеу барысында, онда барлық пайдалану мерзімі бойына физикалық және инженерлік мәнінен айырылады. Конструкция уақытпен пайдаланылады, одан тыс жерде пайдаланылмайды. Уақытта жүктеме өзгереді, уақытта пластикалық деформацияны жинақтау, қажалу зақымдары, коррозиялық тозу және т.б. процестер жүреді. Уақыт

факторын есепке алмаған есептеу әдістеменің авторлары ескертпенің тұтас жүйелерін және эмпириялық коэффициенттерін енгізуге мәжбүр.

Конструкцияның инженерлік есептеуінің түпкі нәтижесі белгіленген мерзім бойына сенімді қызмет көрсете ма деген мәселенің шешуі болады; сондықтан конструкцияның сенімділік теориясын дамыту қажет.

Бірақ әлі күнге дейін консрукцияның сенімділік міндеттерін шешу үшін толық көлемдегі қажетті ақпараттар жоқ. Сыртқы әсер етулер туралы және жүйелердің қасиеттері туралы кең таралған статистикалық мәліметтер талап етіледі.

Форма бойынша конструкцияны есептеудің қолданыстағы нормалары детерминистикалық болып табылады. Есептеу қатаң берілген жүктемелердің кейбір әрекетінен туындайтын күшті, кернеуді, деформацияны және басқа факторларды есептеуге және осы факторларды материалдар мен конструкцияның тұрақты сипатынан тәуелді мәндерімен салыстыруға әкеледі. Барлық осы детерминистикалық мәндердің шартты, номиналды сипаттары бар.

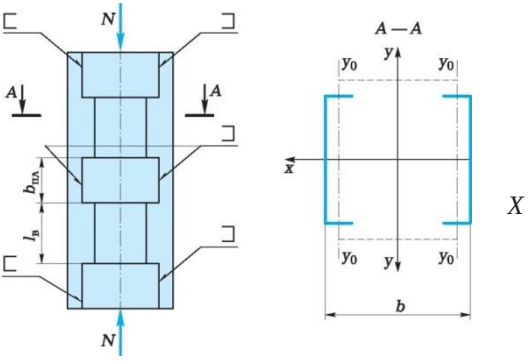
Шын мәнінде қажетті параметрлер запасының коэффициент жүйесін енгізу жолмен ескерілетін кездейсоқ шамалар немесе кездейсоқ функциялар болып табылады.

Конструкцияның есептеу нормасында запас коэффициенттерінің ішінен материалдың механикалық қасиеттерінің өзгергіштігін, жүктемелердің өзгергіштігін, сондай-ақ конструкцияның жұмыс жағдайын ескеретін коэффициенттерді бөлу жолымен сараланған.

Енсіз жұқа тақтайшалы (қиғаш тіреусіз торы бар) сырықтардың екі жазықтықта (рис. 3.6) *келтірілген икемділігі* мына формуламен анықталады

$$\lambda_{\text{пр}} = \sqrt{\lambda_y^2 + \lambda_в^2}, \qquad (3.11)$$

бұл жерде $X_в$ — жекелеген тармақтардың икемділігі, $X_в = 7_в/г_в$; $1_в$ — енсіз жұқа тақтайшалар арасындағы қашықтық; $г_в$ — меншікті y_0, $г_в = J\text{^}A\text{^}$ осіне қатысты тармақ қималары инерциясының радиусы



3.6-сурет. Түзу торлы сырықты есептеу

$$1 \quad пр = V l^2 + 1в(0,7 + К),$$

бұл жерде

$$К = 1вЕвЬ/Ц_{П}лЕ_{П}ла),$$

бұл жерде J және J_{aA} — тармақтардың және сәйкесінше, енсіз жұқа тақтайшалардың инерция моменті; $Е_в$ және $Е_{пл}$ — тармақ материалдарының және сәйкесінше, жұқа тақтайшалардың иілгіштігінің модулі; *Ь* — тіректің ені; *а* — жұқа тақтайшалардың өлшемі.

Сырықтың айтарлықтай орнықтылығын қамтамасыз ету үшін жұқа тақтайлардың қаттылығы тармақтардың қаттылығынан асып түсуі тиіс. Биіктігі мен ені айтарлықтай үлкен бағаналар үшін бұл шарт жұқа тақтайларды айтарлықтай ауырлату қажеттігіне әкеледі, сондықтан енсіз жұқа тақтайшалы өтпелі сырықтар жаппай көрсеткіштері бойынша белбеулері тормен байланыстырылған сырықтарға жол береді.

Келтірілген икемділік:

торлы екі тармақтан тұратын сырықтар үшін (3.2-кесте)

$$1 \text{ пр} = yjl \text{ У} + kA/A_p; \qquad (3.12)$$

торлы төрт тармақтан тұратын сырықтар үшін

$$^1 \text{ пр} = \ + {}^A (^{к}1/^A p1 + *2/^A p2), \qquad (3.13)$$

бұл жерде — бүкіл сырықтың ең жоғарғы икемділігі; А — бүкіл сырық қимасының ауданы; $А_{р1}$ және $А_{р2}$ — орнықтылығын жоғалту ықтималдығымен жазықтықтарда жатқан торлардың қиағш тіреуішті қималарының ауданы; k_1 және $к_2$ — қиғаш тіреулер мен тармақтар арасындағы бұрыштарға тәуелді коэффициенттер, $к_1 = к_2 = 45$; $к_1 = к_2 = 31$; $к_1 = к_2 = 27$ сәйкесінше, а = 30°; а = 40°; а = = 45...60° болған кезде.

Өтпелі бағаналар тіректерінің ені беріктігі бірдей шартқа байланысты анықталады

А-р = *К*-

Егер $1_{пр} < 1_x$, болса, онда кернеулерді тексеру талап етілмейді, $1_{пр}$ мәні кесте бойынша анықталады.

3.2-кесте. Келтірілген иілгіштіктің мәні $X_{пр}$

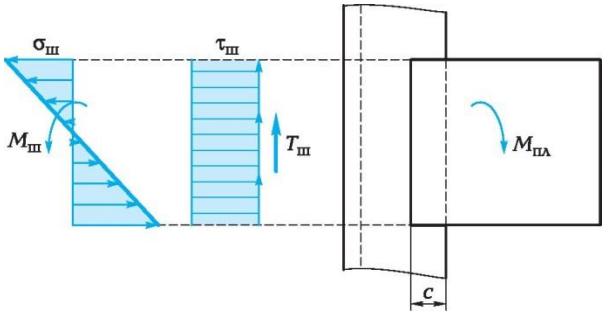
Қима	Қосылыс	^{X}пр
'	Енсіз жұқа тақтайшалармен	*yjXy* $+^{12}$, бұл жерде *Xy* — *Xy* — *y*—у осіне қатысты бүкіл сырықтың икемділігі; X_1 – дәнекерленген енсіз жұқа тақтайшалар арасындағы учаскелерде *1 — 1* осіне қатысты жекелеген тармақтың икемділігі
У	Тормен	*y1*^{X} У + *1 A/Apl', бұл жерде *к*$_1$ — 1-тордың және тармақтың көлбеулену бұрышына тәуелді коэффициент; *A* — бүкіл сырық қимасының ауданы; A_{p1} — *1—1* жазықтығында жатқан
у 1	Енсіз жұқа тақтайшалармен	VX^TxfTxf, бұл жерде X — бүкіл сырықтың ең үлкен икемділігі; X_2 - *2—2* осіне қатысты тармақтардың икемділігі
	Тормен	^^{X} У + А (/Ар1 + ^{к}2/^{А}р2)' бұл жерде *к*$_2$— 2-тордың және тармақтың көлбеулену бұрышына тәуелді коэффициент; A_{p2} — *2—2* жазықтығында жатқан тордың қиғаш тіректері сырықтарының ауданы
L в 1 У 1 1 **J**		

Байланыстыратын тор мен орталықтан сығылған жұқа тақтайлар бойлық иілу кезінде сырықтың қисаюы салдарынан пайда болатын көлденең күшке Q есептеледі. Шартты бойлық күш

$$Q^{\wedge} = 7{,}15 \cdot 10^{6}(2\,330 - E/R_y)N/j.$$

Көптеген эксперименттер негізіндегі нормалар брутто сырығы қимасының ауданына байланысты эмпирикалық түрде көлденең күшті анықтауға мүмкіндікт береді, мысалы Р = 210 МПа, Q = 200 А болат үшін,

Р = 380 МПа, Q = 500 А болат үшін, R = 530 МПа болат үшін (Q = 700А (Q мәні ньютондармен беріледі, А қимасының ауданы – шаршы сантиметрлермен); Q аралық мәндері интерполяциямен анықталады.



3.7-сурет. Енсіз жұқа тақтайшалардың бұрыштық жапсарларының беріктігін есептеу:

$M_{пл}$ — жұқа тақтайшаға әсер ететін иілгіш момент; $M_{ш}$ — дәнекерленген жіктегі иілгіш момент; $T_{пл}$ — жұқа тақтайшаға әсер ететін бойлық күш; $T_{ш}$ — дәнекерленген жікке әсер ететін бойлық күш; $о_{ш}$ — дәнекерленген жікте $M_{пл}$ моментінде туындаған қалыпты кернеулердің эпюрасы; $т_{ш}$ — дәнекерленген жіктегі кесу кернеулерінің эпюрасы; *с* — жұқа тақтайшаны сөремен жалғастыратын айқассалындардың шамасы

Егер *Q* > Q^ болса, онда өтпелі орталықтан тыс сығылған элементтердің тармақтарын енсіз жұқа тақтайшалармен жалғастыруға кеңес берілмейді.

Енсіз жұқа тақтайшадағы кернеу

$$_{s} = M /W < R$$
пл пл

Швеллерлердің сөрелерімен жалғастырылған жұқа тақтайлардың бұрыштық жіктерінің беріктігі төмендегі формула (3.7-сурет) бойынша тексеріледі

$$smax = = V(M_{nA}/W_{m})^{3} + (Q / A_{ш}) < Ц .$$

3

Формуланың қорытындысы (3.11) қатты жұқа тақтайлардың бар болуы туралы болжамға негізделгендіктен, олардың ені $Ь_{пл}$ айтарлықтай үлкен болып алынады. Дәнекерленген бағаналарда

$$1_в = 800 \text{ мм}; Ь_{пл} = (0{,}5 \ldots 0{,}75)b.$$

Енсіз жұқа тақтайшалардың $8_{пл}$ 6.12 мм шегінде белгіленеді. Егер жұқа тақтайлардың меншікті қаттылығының (1 м ұзындыққа);$_{пл}$ тармақтың меншікті қаттылығына қатынасы болса, онда жұқа тақтайлардың деформациясын елемеуге болады. Бұл жерде ;$_{пл}$ = $J_п Jl_{пл}$; $1_{пл}$ — жұқа тақтайларды тармақтарға бекітуге арналған плюс 40... 60 мм швеллер баспақтары арасындағы қашықтыққа тең жұқа тақтайлардың ұзындығы;$_в$ = jy^{iBeA}/l_s; $J\wedge^{1BeA}$ — y—y осіне қатысты швеллер инерциясының моменті. Жұқа тақтайлардың инерция моменті

$$J_m = (\S шA^3 л)/12.$$

Дәнекерленген бағаналарда жұқа тақтайлар айқассалын тармақтарына бекітілген және бұрыштық жіктермен дәнекерленеді. Жұқа тақтайлар әдетте c = 20.30 мм қашықтықтағы тармақтарға бекітіледі.

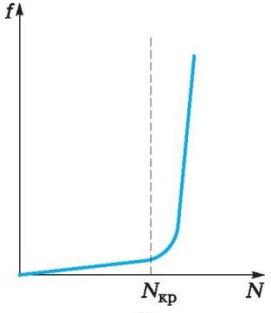
3.3. ОРТАЛЫҚТАН ТЫС СЫҒЫЛҒАН БАҒАНА

мұнда 1 – енсіз жұқа тақтайшалардың қадамдары; $Q_в$ - тармақтағы бойлық күш (енсіз жұқа тақтайшалардың параллель жазықтығы).

Бағананың бірдей тармақтарында бойлық күш олардың арасында бір-біріне бөлінеді, әр түрлі тармақтар – тармақтардың жазықтығына перпендикуляр осіне қатысты тармақтардың инерция моменттеріне пропорционалды.

Жүктеменің сыни мәніне ($N \wedge N_{RF}$) жеткен кезде, f иілістері, игіш моменттер мен кернеулер (3.8-сурет) жылдам артады; бұл көтеруші қабілеттің жоғалуына әкеледі (екінші түрдегі орнықтылықтың жоғалуы деп аталады).

3.8-сурет. Сырықтың көтергіштік қабілетті жоғалту шарты:



б

а — жүктелу схемасы; *б* — *f* беріктіктің *N* салынатын жүктемеге тәуелділігі; *е* — N жүктеме әрекетінің иіні; *N*^ — жүктеменің сыни мәні

бұл жерде *N*-^ — бағананың бүкіл қимасының орталық осьтері мен қарама-қарсы қарастырылып отырған жекелеген тармақтың (3.9-сурет) арасындағы қашықтыққа жұмсалатын күш; b_0 — тармақтың орталық осьтері арасындағы қашықтық.

Симметриялық қимада $y_в = b_0/2 = Ь_н/2$, асимметриялық қимада — қашықтық тармақтың кран асты арқалықтарына дейін $y_{2в}$ “ $(0,4...0,6)Ь_н$, қашықтық сыртқы тармаққа дейін $y_{1в} = (0,6...0,4)Ь_н$, бұл жерде $Ь_н$ — бағана тармағының осінен тармақтың кран асты арқалықтарына дейінгі қашықтық.

$$\Lambda_{тр} = \frac{N_в}{\varphi R} \qquad (3.15)$$

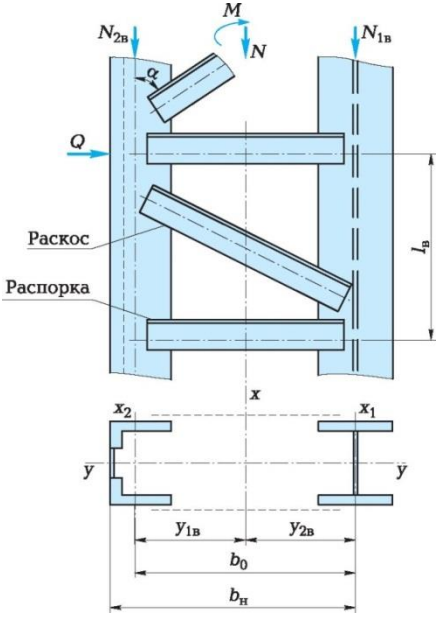
1. Тармақтың қималарын құрастырады.

1. Бүкіл қиманың ауырлық орталығының белгіленген жағдайына байланысты тармақтардағы бойлық күштердің мәндерін анықтайды.

2.

$$\sigma = M/(\phi A бру_{ТТО}) < R$$

формуласы бойынша



3.9-сурет. Бағана сырықтары тармақтарының жүктелу схемасы:
Қиғаш тірек
Кергі

N — бағандағы сығуу күші; N1B және N2B — бағанның 1 және 2-тармақтарындағы сығушы күштер; Q — кергідегі сығушы күш; M — бағандағы иілгіш момент; $l_в$ — іргелес кергілердің осьтері арасындағы қашықтық; a — бағана тармағының осіне қатысты кергінің көлбеу бұрышы; b_0 — тармақтардың орталық осьтері арасындағы қашықтық; $b_н$ — тармақтың осінен кран асты тармақтарына дейінгі қашықтық; $y_{1в}$ және $y_{2в}$ — бағанның x осінен тиісті тармақтар қимасының ауырлық центрі арқылы өтетін оське дейінгі қашықтық

Конструкцияны егжей-тегжейлі зерттеу жүргізілген жұмыстар бірнеше факторлардың кездейсоқ сәйкес келу нәтижесінен апаттар туындайтынын көрсетті: нашар жағына қарай жүктеменің ауытқы, материалдың механикалық қасиеттерінің төмендеуі, қолайсыз жағдайларды пайдалануы, есептеу схемасының дәлсіздіктері және т.б. Конструкция жұмысына ықпал ететін статистикалық есепке алу өзгерткіштік мәні Н.С.Стрелецкий басшылығымен отандық ғалымдармен әзірленген шектік жағдайы бойынша есептеу әдісінде өз орнын тапты.

Қазіргі уақытта шектік жағдайы бойынша есептеу әдісінің көмегімен барлық өндірістік және азаматтық ғимараттарды, көпірлерді, сондай-ақ жинақтау (машина жасау конструкция саласына жататын түйіндер мен бөлшектерді қоспағанда, әлі бұрынғы рұқсат етілетін кернеулер бойынша есептелінетін) құралдарды есептейді.

Конструкцияның немесе бөлшектердің осындай қауіпті немесе қажетсіз жағдайлары болады,оларды пайдалану мүмкін емес. Осындай жағдайларды шектік жағдай деп атауға болады. Техникада шектік жағдайлары ретінде оны қирату, элементің тұрақтылығын жоғалту, рұқсат етілмеген шамадағы және басқа да бірқатар деформациялар немесе орын ауыстырулар материалдың тұрақсыздық шегіне қол жеткізуін қабылдайды.

Шектік жағдай конструкция материалының қасиеттері мен механикалық және физикалық, химиялық пайдалану факторына байланысты ажыратылады. Осы әртүрлілікке байланысты аралық жағдайын, форманың шектік жағдайын жоғалтуды қоса алғанда келесі тән шектік жағдайлары мен олардың белгілерін бөлуге болады:

- илемділік материалдан жасалған иілмелі арқалықтар соңғы талшықтарда тұрақсыздық немесе кернеуді біркелкі емес бөлу кезінде дөңгелек сырықтың бетінде бұрау кезінде материалдың тұрақсыздығы басталады;
- қарастырылып жатқан элементтің геометриялық өзгермеуін жоғалтуға әкелетін және оны қозғалмалы жүйеге айналдыратын пластикалық деформацияны макроскопиялық облысында тарату;
- сырғығыштық, илемділік салдары; тұтастығын жоғалтудың шектік жағдайы;
- тұрақсыздықтан озық омырылғыш қирау жарықтарының пайда болу;
- қажулық жарықтардың пайда болуы.

Конструкцияны есептеу оған қолданыстағы жүктемелердің күшін анықтаудан және көрсетілген шектік жағдайы тобының есептік шарттарын қамтамасыз ететін көлденең қима элементтерінің қажетті өлшемдерін белгілеуден тұрады.

Шектік жағдайын есептеу барысында жүктеме туралы мәліметтерді басшылыққа алады және осы кернеулер кезінде беріктік сипаттамасы

бойынша туындайтын эксперименттік деректерді пайдаланады. Шектік жағдайды болдырмау үшін беріктік запасының коэффициенті тағайындалады немесе кездейсоқ оқиға сияқты шектік жағдайының аз ықтималдығы қалыптастырылады.

Есептеудің кез келген әдісі сол немесе өзге шектік жағдайымен жүргізіледі. Алайда егер рұқсат етілетін кернеу бойынша есептеу кезінде шектік жағдай критерий ретінде көтергіш қабілетін қирату немесе жоғалту болып табылады, онда шектік жағдайды есептеу кезінде өзге принципті конструкцияны пайдалануды тоқтату критерийі. Осындай критерий айтарлықтай кең ұғымды, өйткені пайдалануды тоқтату әртүрлі жағдаймен, оның ішінде көтергіш қабілетін жоғалтумен де туындауы мүмкін. Бұйымның беріктік сипаты мен конструктивтік формасынан басқа пайдалану критерийі конструкцияның тағайындау мен жауаптылық сияқты сипаттарын, оны пайдалану ұзақтығы мен шарттарын, экономикалық түсініктерді және т.б. қамтиды. Нәтижесінде мұндай критерийлер анағұрлым икемді және жан-жақты болып көрінеді.

Өзінің табиғаты бойынша кездейсоқ, нормада ұсынылған кейбір нормативтік мәнімен, ал олардың өзгергіштік сәйкестік коэффициенттерімен ескерілетін ықпал етуі барлық бастапқы шамалар шектік жағдайы бойынша есептеудің тән ерекшеліктері табылады.

Шектік жағдайы бойынша есептеудің мақсаты — конструкцияның барлық қызметтік мерзімі бойына пайдалану кезінде шектік жағдайына түсуге жібермеу болып табылады.

Әрбір тармақтың орнықтылығы орталықтан сығылған сырық сияқты тексеріледі. Бұл жерде $А_{брутто}$ — брутто бүкіл сырық қимасының ауданы. ф коэффициенті икемділіктің екі мәнінен ең көп мәнге байланысты кесте бойынша $1_в$ және $1_у$ мәндерін қабылдайды.

3. Тор элементтерінің қимасын іріктейді. Қиғаш тіреулерді көлденең күшке есептейді. Қиғаш тіреулерді көлденең күшке немесе $1_{пр}$ = 150 шекті икемділігіне байланысты есептейді.

4. Формула бойынша келтірілген икемділік анықталады

^{1} пр = Т^ГТмбрутто/^, (^{3}лб)

бұл жерде k — тордың қиғаш тіреулерінің көлбеу бұрышына тәуелді коэффициент; $А_р$ — тордың екі қиғаш тіреуіндегі қиманың ауданы.

M_x ең көп игіш моменті әрекетінің жазықтығындағы шартты келтірілген икемділікті анықтайды

$$_{x\,\text{у.пр}} = \lambda_x \sqrt{\frac{R}{E}} \qquad (3.17)$$

5. Салыстырмалы эксцентриситет есептеледі, бұл жерде e_x —*x*, e_x = = M_x/N осіне қатысты бойлық күштің эксцентриситеті; p_x — өзекті қашықтық, $p_x = {}^{\wedge}{}_X/A_{\text{брутто}}$, орташа p_x = = 0,45b; *b* — қиманың биіктігі; $y_{\text{сж}}$ — бүкіл қиманың ауырлық орталығынан біршама сығылған тармақтың ауырлық орталығына дейінгі қашықтық (бірақ тармақ қабырғасының осіне дейінгі қашықтықтан кем емес); J — *x* осіне қатысты бүкіл қиманың инерция моменті.

6.

$$s = \frac{N}{\Phi_{\text{вн}}\,{}^{\wedge}{}_{\text{б рутто}}} < R \qquad (3.19)$$

формуласы бойынша M_x игіш момент әсерінің жазықтығындағы бірыңғай құрамдас сырық ретінде бағананың беріктігі тексеріледі.

Ауданның негізгі бөлігі бейтараптылық сызықтан мүмкіндігінше алыс қашықтыққа орналасқан көлденең қима формалары тиімді. Осы жағдайды бірінші кезекте екітаврлы қималы арқалықтар қанағаттандырады: оларда бейтараптылық белдік қабатарынан алыс қашықтықта металдың негізгі салмағы шоғырланған. Тікбұрышты қималар, әсіресе бейтараптылық осі (Wy<Wx) бойына созылған тіпті тиімді.Иіліске жұмыс істейтін конструкция ретінде арқалықтар қимасының тиімді өлшемі W/A қатынасы неғұрлым жоғары болса, соғұрлым қима материал шығыны бойынша үнемді болады (A — көлденең қиманың ауданы); көлденең иіліске жұмыс істейтін профилдің үнемді критерийі үшін ю = W/A3 өлшемсіз меншікті кедергі моменті немесе h = (W 2/A3)1/3 өлшемсіз арақатынасы қабылданады.

Берілген жүктеме кезінде арқалықтың анықталған арақатынас өлшемдері үшін қысылған белдік горизонталды бағыт жағына шығуға ұмтылады, ол өзімен арқалықтың бұралуы мен қиманың бұрмасын ала кетеді (2.9-сурет). Жазықтықта арқалықтың ең үлкен қаттылығы иіліс жұмысы орнына кейбір қималарда қисық иіліске жұмыс істей бастайды, ол бірден деформацияның өсуін және ары қарай арқалықты қиратуды тудырады. Бұл жоғарғы жұқа қабырғалы екітаврлы арқалықтарда ғана емес, сонымен қатар кез келген көлденең қимасы бар жұқа қабырғалы арқалықтарда да байқалатын құбылыс арқалықтың жалпы тұрақтылығын жоғалту деп аталады. Арқалықтағы тұрақтылықты жоғалту моментіне сәйкес жүктеме мен қалыпты кернеу сыни (қауіпті) деп аталады.

Арқалық қимасының вертикалды жазықтығында иілістің әсер етуімен негізгі бойлық кернеулер пайда болады

Арқалыққа жылжымалы жүктеме әсер еткен кезінде жоғарғы белдік

$$\frac{\text{Му}}{J_x}$$

және қабырғаның жоғарғы бөлік жұмыстарының қалыпты жағдайларын қамтамасыз ету қажет, яғни кран астындағы рельстерін арқалықтың қабырға осі бойынша дәлма-дәл орналастыру керек. Қолданыста пайдаланып жүрген конструкцияларда шоғырланған және оларға жақын жүктемелерді қабылдайтын, мысалы әртүрлі түрдегі кран астындағы конструкцияларда жазық қабырғасы ортасынан жүктеме әсер ететін сызықтарды ығыстыру тіпті ықтималды болып табылады, яғни е біршама эксцентриситетпен оның қосымшасы. Арқалық осінен рельсті ығыстыру кезінде белдіктің бұралуы және қабырғаның иілуі байқалады, ол окр мәнін төмендетеді. Ашық профиль үшін белдіктің негізгі деформациясымен бұралуы, қабырғаның бір жартытолқынды бойынша иілуі жүреді. Тұйық қима үшін белдік тілім контуры бойынша иіледі, ал қабырға екі жартытолқын бойынша өзінің жазықтығында иіледі. Қабырғаның қысылған жағында жарықтар пайда болуымен сиапталады, өйткені қабырғаның жоғарғы бөліктерінде эксцентриситеттен қысылатын кернеулерді қысу кезінде тұрақтылық шегі көп және қысу пластикалық деформациясы пайда болады. Кранды қозғалту кезінде қабырға мерзімді жүктеледі, онда қысу және созу кернеулері дамиды.

Жоғарғы белдік бойынша жүктеу кезінде ерікті жатқан арқалықтың тұрақтылығын арттыратын негізгі шаралар соңғы даму болып табылады. Қысылған белдік созылған белдікке қарағанда арқалықтың симметриялы вертикалды осіне қатысты үлкен инерция моментімен жасалады. Сондықтан симметриялы емес арқалықтар симметриялы арқалықтарға қарағанда кең дамыған жоғарғы белдікпен орнықты болады.

Күш *е* эксцентриситетімен салынған кездегі орталықтан тыс созылған элементтер үшін:

$$s = N/Анетто + (Ne)/ ^нетто, \qquad (3.20)$$

бұл жерде $А_{нетто}$ — нетто сырығы қимасының ауданы; $ТУ_{нетто}$ — сығылған талшық үшін игіш момент әрекеті жазықтығындағы неттоның кедергі моменті.

(е + f), бұл жерде *е* — бастапқы эксцентриситет. Орталықтан тыс сығылған сырықтың беріктігі келесі формула бойынша тексеріледі

$$S = Л/А_Не_{ТТ}оН1 + еА_Не_{ТТО}/^_Не_{ТТО}) < W^R. \qquad (3.21)$$

3.4. БАҒАНАЛАРДЫҢ АРҚАЛЫҚТАРЫ МЕН БАУЛЫҚТАРЫ

Дәнекерленген барабандар (әдетте, цилиндр тәрізді) диаметріне байланысты жайма профильдерден (құбырлар, табақтар) дайындалады. Барабанның ұзындығы оның қолданысына байланысты болады және 3,0 ...3,5 диаметрді құрайды. Егер 8 барабан қабырғасының қалыңдығы көрсетілмеген болса, оны эмпирикалық формула бойынша белгілейді 8 = 0,0Ш + 0,3 см, бұл жерде *D* — барабанның сыртқы диаметрі, оны стандартты өлшемге дейін дөңгелектейді, содан кейін есеппен тексереді.

Цилиндрлік барабан арқанның керілу әсерімен сығылудың, бұралудың және иілудің күрделі кернеуін сезінеді.

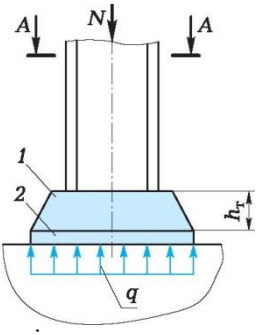
Ұзындығы L <3D барабандарда бұрау және иілу кернеулері, әдетте сығу кернеуінен 10,15% аспайды. Бұл жағдайда барабан тек оның сыртқы бетіне біркелкі бөлінген қысыммен жүктелген сақина ретінде сығылуға ғана есептеледі (6.1-сурет, б).

Бағаналардың негізін есептеу келесі тәртіпте жүргізіледі.

1. Тіреу тақтасының талап етілетін ауданы табылады

$$AP > N / RM,$$

бұл жерде *N* — бағанадағы есептелген күштер; RM — іргетас материалының жапсырылған жеріне есептелген кедергі (кестеленген шама).



3.10-сурет. Бағаналардың тірегі:
1 — траверс; *2* — тіреу тақтасы; *3* — анкерлі бұрандалар; *N* — бағанадағы есептелген күштер; $Л_т$ — траверстің биіктігі; *q* — бағана іргетасының реакциясы

. Әдетте, тақтаның қалыңдығын $8_{пл}$ 16... 40 мм шегінде белгілейді.

3. Траверстің тармақтарын бағананың сырығына бекітетін дәнекерленген жіктердің талап етілетін ұзындығын табады:

$$X\ 1^{m}ш > N/(рЛшя;)$$

және траверстің биіктігін анықтайды

бұл жерде *n* — дәнекерленген жіктер саны.

$Л_т$ бұрыштық жіктердің қалыңдығын $8_т$ траверс табағының қалыңдығынан 1,2 көп емес қабылдайды, ол өз кезегінде 10 . 16 мм шегінде белгіленеді.

Бірінші жағдайда есептеудің реттілігі мынадай.

$$Лш^{р} > V/(0,7^{\wedge}\ 1шЩ) = V/[1,4(Ьр - 1)R;], \qquad (3.22)$$

бұл жерде *V* — бір арқалық тірегінің реакциясы.

1. Жапырылудағы беріктіктің шартына байланысты, қабырғаның талап етілетін қалыңдығы анықталады

$$5т^{р} > V/(Ьр R_{,,}), \qquad (3.23)$$

бұл жерде R_{GH} — арқалық материалының жапырылуға кедергісі.

2.

$$\text{У } 1_{ш}$$
$$йр > \quad ^{\wedge} +1 \qquad (3.24)$$

формуласы бойынша бағана сырықтарына жүктемені беру үшін талап етілетін бойлық жіктердің ұзындығына байланысты $й_р$ қабырғасының биіктігі анықталады.

3. Іріктеп алынған қабырғаны кесуге тексереді:

$$tp = {}^{V} < Rcp, \qquad (3.25)$$
$$^{й}p^{5}\ p$$

бұл жерде $R_{G}p$ — арқалық материалының кесуге кедергісі.

Есептеу нормасы күшінің (кернеу) мәні, нормативтік құжаттар анықтайтын сыртқы әсерлердің шектік мәнінен аспайтын есептеуінде ескерілетін деформация (орын ауыстыру) және жарықтар өлшемі негізгі талаптар болып табылады.

Материалдың механикалық қасиеттерінің статикалық өзгергіштік пен жағдайын бақылауды есепке алу күштері әсер ету арқылы белгіленген нормамен жобаланған материалдың негізгі кедергі параметрі RK нормативтік кедергі болып табылады. Илемділік болаттың нормативтік кедергісі ретінде металға нормативпен орнатылған тұрақсыздық шегінің ең аз бақыланатын (жарамсыздық) мәнін қабылдайды. Тұрақсыздықтың шарты шегі ретінде анық өрнектелген тұрақсыздықтың алаңдары жоқ болса, онда е= 0,2% созу кезінде қалдық салыстырмалық ұзаруға сәйкес о02 кернеуін қабылдайды.

Алюминийлі қорытпаның нормативтік кедергісі ретінде 0,7ов мен от екі шаманың ең аз шамасын қабылдайды.

Шектік жағдайы бойынша есептеу кезінде әр түрлі конструкцияда беріктіктің нақты қорын теңестіру мақсатында нақтылы конструкция жұмысының әртүрлі ерекшелік (m = 0,8...0,9 жұмыс жағдайының коэффициенті) жағдайын және конструкцияның асқынжүк (п = 1,0...1,2 асқынжүк коэффициенті) мүмкіндіктерін, материалдың (к — материалдың біртектілік коэффициенті оның sн нормативтік мәніне от ең аз мүмкіндік мәнінің қатынасы) қасиеттерін ескеретін коэффициенттерді шығарады. m жұмыс жағдайының коэффициенті F күші де, R есептік кедергісі де кірмейтін материал сапасы мен есептемелері ескерілмейтін элементтің жұмыс істеу жағдайына байланысты болады.

Осы коэффициенттер конструкцияның нағыз жұмыс жағдайын анықтау бойынша өзгеруі мүмкін және сонымен қатар басқа коэффициенттер шығарылуы мүмкін.

Сондықтан, қарастырылатын элементте әрекет ететін есептік күштер құрайды

F= nFн,

мұнда, Fн — нормативтік құжаттар бойынша анықталатын

нормативтік жүктемеден болған күш.

Егер созумен жұмыс істейтін металды конструкцияны пайдалану металдың (мысалы, ішкі қысымға ұшырайтын, құбыржолдар, цилиндрлік сыйымдылық және өзге конструкциялар) тұрақсыздық шегіне жеткеннен кейін де мүмкін, онда нормативтік кедергі ретінде ов созу кезінде беріктік шегінің ең аз бақыланатын мәнін қабылдайды.

Материал қасиетінің біртектілігін ескере отырып, нормативтік кедергілер ҚНжҚ II-23—81* сәйкес дәнекерленген және бұрандалық қосылыстар, болаттық илемдер үшін қабылданатын есептік кедергімен ауыстырылады

R= Мн, (1.17)

R есептік кедергі деп түсінуге болады:

қажалу кедергісін бағалау кезінде — элементтің (асимметрия циклін, коэффициенттердің концентрациясы мен жүктеменің өзгеру циклінің санын есепке алумен) төзімділік шегі, қажалу сынағы бойынша біртектіліктің сәйкес коэффициентіне көбейтілген (к = 0,9), шашыранды сынақ нәтижелерін сипатайтын және ум материалы бойынша сенімділік коэффициентіне бөлінген, металдың механикалық қасиеттерін өзгеру мүмкіндігін олардың төмендеу жағына қарай, теріс рұқсаттар стандартарымен орнатылғандардан қима илем алаңдарының азаю мүмкіндігін сипатайтын;

R= = Rn/gu тұрақты кернеулер кезінде беріктікті бағалау кезінде — ум материалы бойынша сенімділіктің сәйкес коэффициентіне нормативтік (ат нормативтік) кедергі қатынасы; көміртекті болат үшін ум = 1,05, төмен қоспаланған болат үшін — ум = 1,1; сондықтан, материал жұмысына қатысты шектік жағдайы оның жүктемені ұғыну қабілетін толығымен жоғалтуды қабылдаған, конструкцияны ары қарай пайдалануға кедергі болатын үлкен пластикалық деформациясы болады; нормативтерге сәйкес қабылданатын конструкцияның жауаптылық дәрежесіне байланысты кейбір жағдайларда, сондай-ақ конструкцияның ус жұмыс жағдайының коэффициенті мен уп тағайындау бойынша сенімділік коэффициентін ескереді;

тұрақтылықты бағалау кезінде — (фб) иілетін немесе (j, фвн) қысылатын элементтердің көтергіш қабілеттерін азаю коэффициентін беріктік коэффициентінің есептік кедергісіне көбейту.

Тұрақсыздық шегі бойынша есептік кедергі 1,025-нен 1,15 дейін тең деп қабылданған болаттың маркасына байланысты ум материалы бойынша сенімділік коэффициентіне от болаттың тұрақсыздық шегінің қатынасы ретінде анықталады. .

Есептік кедергі төменкөміртекті болат үшін 0,9 тең металдың біртектілік коэффициентіне көбейтілген, от тең деп белгілейді; осыдан, есептік кедергі R= 0,9от.

Есептік кедергі мәні кестеленген.

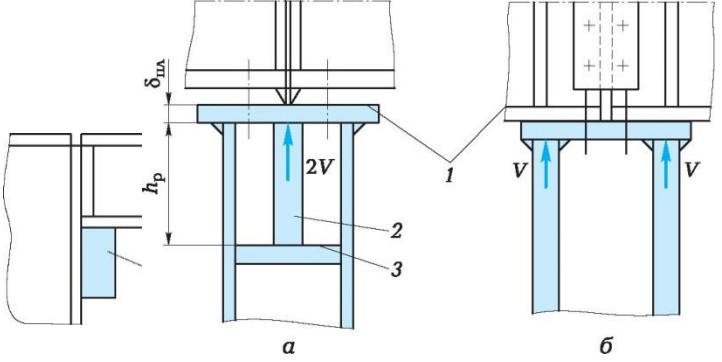
Қарастырылатын элементте ең жоғары ықтимал күші оның ең

төменгі көтергіш қабілетінен кем болуы тиіс. Мысалы, созылу RK нормативтік кедергі материалдан жасалған А көлденең қима ауданымен созылған білік үшін келесі теңсіздікті қанағаттандыруы тиіс

nFн<mkRнA. (1.18)

Рұқсат етілетін кернеулер бойынша есептеу кезінде сол оқиға үшін теңсіздік ұстамды болуы тиіс

3.11-сурет. Арқалықтардың бағаналарға тірелу схемасы:
1 — тіреу тақталары; *2* — баулықтар; *3* — тік қабырға



бұл жерде *b* — бағана (тармақ) сөресінің ені.

3.12-сурет. Арқалықтардың үстелшелерге тірелу схемасы: *1* — тірек үстелшесі

Үстелді бағанаға бекітетін дәнекерленген бұрыштық жіктердегі жанама кернеу мына формула бойынша есептеледі:

$$t_{ш} \quad \frac{1{,}3 \quad N}{{}_{2}рЮш} \pounds [t'j,$$

бұл жерде 1,3 — бойлық жіктер арасындағы *V* реакциясын бөлудің әркелкілігін ескеретін коэффициент; 2 — бойлық жіктер саны; *K* — жік катеті.

Бойлық жіктің талап етілетін ұзындығы

$$l_{ш} \quad \frac{1{,}3\,N}{2pK[t'j} \pounds 50K.$$

Арқалық бұрандалармен бекітіледі және тірек үстелшесінде нық тұрады.

3.5. БАҒАНАЛАР ЖАПСАРЫ

Екі жағдайда бағаналарда түйістерді жасауға тура келеді:

Дәнекерлеу бұйымдарын жасау кезінде олардың спецификалық екершеліктерін ескеріп, әсіресе жауапты белгілеу қажет (металдың құрылымдық және механикалық біртектілік емес дәнекерлеу жіктер аймағының төңірегінде металда дәнекерлеу жіктер технологиялық ақауларының бар болу мүмкіндігі жұмыс кернеуіне қатысты алғанда сәтсіз болжалды болады). Дәнекерлеуден кейін арнайы өндеуден өтпеген бұйымдар үшін қалдық дәнекерлеу кернеуін ескеру қажет.

Дәнекерлеу кезінде қызу дәнекерлеу жүріп жатқан элементтің әртүрлі қималарында біркелкі температураның тарамауы өткір айқындалған жергілікті сипаты болып табылады және жоғары жылдамдықпен жүреді. Элемент нүктелерінде бірнеше уақыт аралығында температураның өзгеруі осы нуктелерде барлық бағытта температуралық деформацияларды тудырады және уақытша кернеулердің туындауына әкеледі. Бірақ, температуралық деформацияны қандай да бір бағытта қыздыруға тыйым салынған болса, онда материалда еуп серпімді деформация және оларға сәйкес s= еупЕ(Т) кернеулер пайда болады, мұнда, Е(Т) — Т осы температура кезінде қалыпты серпімділіктің модулі.

Кернеу – деп өзі әрекет ететін алаңға жататын күштерді айтады. Деформация — сыртқы немесе ішкі күштердің әсер етумен дене формасы мен өлшемінің өзгеруі.

Дәнекерлеу кезінде температуралық өріс шөгу құбылыстарын және деформацияның қарқынды дамуын тудырады. Біркелкі жергілікті

қыздырмау кезінде қосу аймағында бөлшектің қалған бөліктерінде теңгерілген кернеулермен созу, қысу кернеулер пайда болады. Ары қарай салқындату кезінде біркелкі емес көлемді өзгерістер жүреді, бұл пластикалық деформациялау және жіктер аймағында кернеу созуларының пайда болу нәтижесі ретінде болады.

Тілімді түйістіріп дәнекерлеу кезінде пластикалық деформациясы мен кернеулердің пайда болуына және дамыту үшін ықшамды механизмді қарастырайық. Оймен осы тілімдерді жіктер осіне параллель болатын жеке шексіз жіңішке өзектерінің жазықтарына бөлеміз және оның ішіндегі біреуін қыздыру және суыту кезінде деформациялау процесін қарастырамыз. Өзекті қыздыру кезінде шамасы e = aT ұзарады, мұнда a — өзек дайындалған материалдың сызықты ұлғаюының коэффициенті; T — қыздыру температурасы. Өзектің қозғалмайтын қапталдары ұзартуға тойтарыс береді, ол жерде ет сәйкестілік деформациясы кезінде тұрақсыздық шегіне жетпегенше температураны ұлғайтқан сайын артатын қысылу кернеулер пайда болады.

Осы сәттен бастап, яғни егер T >Tт, температураны қыздыру кезінде T1кр мәні қалыпты температураға жеткен уақытқа дейін кернеудің тұрақсыздық шегі тұрақты және тең болып қалады. Содан кейін T = T2кр кезінде кернеу азая бастайды және нөлге жетеді. Деформация T = Tт сәйкестікке байланысты, сол уақыттан көбейе бастайды, ол деформация өзегінде созуды тудырады. Температураны қыздыру T2кр мәніне жеткен сәтте қысылу пластикалық деформациясы епл ең жоғары шегіне жетеді. Ары қарай өзекті салқындату оның беріктік қасиеттерін қалпына келтіруге және созылмалы кернеулердің пайда болуына әкеледі. Созылу кернеуі от тұрақсыздық шегіне жеткенше өседі және суу процесінде өзінің тұрақты мәнін сақтайды. Серпімді пластикалық деформация аймағында, элементте толық салқындағаннан кейін қалыпты температурада тұрақсыздық шегіне тең қалдық созылу кернеуі әрекет ете бастайды. Сондықтан епл жалпы жинақталаған пластикалық деформациясы бұл жағдайда ет көп болады, екеуі арасындағы айырым e созылу пластикалық деформациясының пайда болуына әкеледі.

Қалдық кернеулерінің пайда болуына дәнекерленген қосылыстардың анықталған учаскесінде меншікті көлемде құрылымдар айырымы себеп болады. Осы кернеулер құрылымдық қалдық кернеулер деп аталады, және көптеген оқиғаларда температуралық кернеулермен бірлесіп пайда болады. Мысалы, қоспаланған болаттың суу кезінде мартенситтің пайда болуы көлемнің бірден ұлғаюына байланысты. Осындай құрылымдық түрлену нәтижесінен қалдық кернеулер туындайды.

Конструкцияда немесе элемент конструкциясында, оларға түсірілген беттік немесе көлемдік күштер жоқ болған кезінде болатын кернеулер өзіндік кернеулер деп аталады, олар әртүрлі металл деформациясы салдарынан туындайды, мысалы, құрылымдық түрлендіруден немесе сыртқы күш әсерінен температураның өзгеруі пайда болады.

Дененің өзара теңгерілген бөліктері көлемінен тәуелді болатын өзіндік кернеулерді үш түрге бөлуге болады, I түрі - макрокөлемде теңгерілген кернеулер (дәнекерлеу қосылыста, дәнекерлеу жіктерде), II түрі – металл түйіршігі шегінде теңгерілген кернеулер және III түрі – кристалды торкөздер шегінде теңгерілген кернеулер.

Өзіндік кернеулер пайда болу ұзақтығы бойынша тек дәнекерлеу уақытында болатын уақытша және дәнекерлеуден кейін ұзақ мерзім бойына тұрақты сақталатын қалдық кернеулер болады. Дәнекерлеу қосылыстарда қалдық кернеулерді бөлу өте әртүрлі және реттеу мен нақты топтастыруға келмейді. Түйіспелі жіктер бойындағы қалдық өзіндік кернеулер бірінші кезекте тұрақтылықтың артық немесе кем сипаты болады. Дәнекерлеу жіктеріндегі көптеген қорытпалар үшін созылатын қалдық кернеулердің айтарлықтай қауіпті шамасы тұрақсыздық шегі мәніне жетеді және кейде одан да асып кетеді.

Дәнекерлеумен туындаған конструкция деформациясын ортақ - жалпы конструкцияны дәнекерлеуге тән және жергілікті – бір немесе бірнеше элемент шегінде немесе конструкция элементінің бір бөлігінде пайда болатын деп бөлуге болады. Конструкция дәнекерлеуінде дәнекерлеу доғасына ілеспе жылу әсерінен қайтымсыз шөгу құбылыстары мен пластикалық деформациялармен, сондай-ақ дәнекерлеу кернеулерімен туындайтын қадағаланатын ортақ және жергілікті деформациялар туындайды. Деформациялар дәнекерлеу тәсіліне, қиманың геометрикалық сипатына, конструкциядағы қосылыстар орналасуына, дәнекерлеу қосылыстарды орындау техникасына байланысты болады.

Деформацияларды бойлық және көлденең, иілген, ширатылған, тұрақсыздықты жоғалтқан деп ажыратуға болады.

Бойлық және көлденең деформациялар дәнекерлеу жіктерінің барлық типтерін орындау кезінде пайда болады және дәнекерлеу элементтердің ұзындығы мен ені бойынша өлшемдерді қысқартуды ұсынады. Қалдық бойлық деформациялар дәнекерлеу элементтердің ені мен қалыңдығына, дәнекерлеу тәсіліне, жіктер өлшемі мен өзге факторға байланысты. Соңғы өлшемдер тілімдегі көлденең деформациялар жіктер ұзындығына байланысты болады.

Дәнекерленетін тілімді олардың ені бойынша біркелкі қыздырмау саңылаумен түйіспелі қосылыс орындау кезінде саңылауды жазып көрсетумен тілімдер иіледі. Дәнекерлеу жіктер аймағындағы металдың суу саңылауды жабуға тырысатын тілімді жақындатуға және бұруға әкеледі.

Иілу деформациясы табақтарды, өзектерді және қабықшаларды дәнекерлеу кезінде пайда болады және симметриялы орнатылған жіктерді бір мезгілде орындамаған немесе бір мезгілде толтырмаған білікше жиектерін дәнекерлеу жіктерде бөлшектеумен қиманың ауырлық ортасына қатысты симметриялы емес орналасқан жіктер салдарынан

болады. Қалыңдығы бойынша біртекті емес көлденең пластикалық деформациялар бұрыштық орын ауыстыруды құрады.

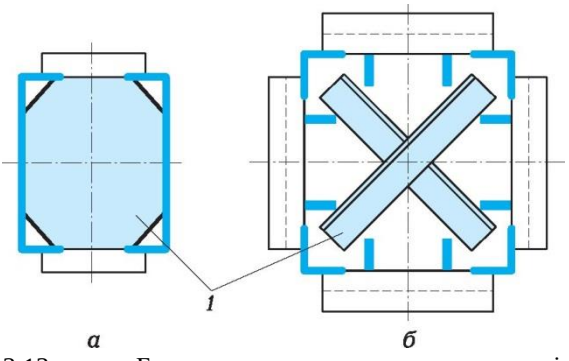
Таврлық қосылыстағы сөрелер деформациясы (дәнекерлеу ақауы) «дүмпию» деп аталады, осы деформациялар неғұрлым көп болса, соғұрлым сөрелер және дәнекерлеу жіктердің катет қалыңдығы қалың болады. Арқалық конструкцияны дәнекерлеу кезінде деформациялар ерекше болып табылады, мысалы, таңбаның көлденең жіктері.

$$\frac{N}{A_{ш}} \le [\tau'];$$

$A_ш = nbKl_R$,

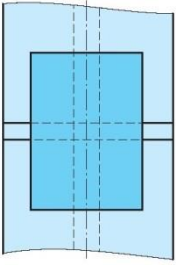
бұл жерде $A_ш$ — оны кесуге жүктеген кездегі жіктің ауданы; n — дәнекерленген жіктер саны; l_R — кесуде жұмыс жасайтын жіктің ұзындығы.

Бір жіктің талап етілетін ұзындығы



3.13-сурет. Бағаналардың жөнелтпе элементтерінбекіту (а, б) схемасы: *1* — диафрагмалар

Рис. 3.14. Соединение стыков с помощью накладок



3.14-сурет. Қаптамалардың көмегімен жіктерді қосу

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Бағаналар қандай сипаттамалары бойынша классификацияланады?
2. Дәнекерленген орталықтан сығылған бағаналар қимасының сипаттамалары қандай?
3. Тұтас дәнекерленген бағаналар сырығының қимасын іріктеудің реттілігі қандай?
4. Бағаналар қимасының беріктігін түбегейлі қалай тексереді?
5. Өтпелі бағаналар сырықтарын есептеудің ерекшеліктері неде?
6. Орталықтан сығылған бағаналардың торларын есептеудің реттілігі қандай?
7. Өтпелі бағаналар сырықтарының қимасын қалай таңдайды?
8. Өтпелі орталықтан тыс сығылған бағаналардың беріктігін тексерудің реттілігі қандай?
9. Бағаналардын негізі қандай схема бойынша есептеледі?
10. Бағана баулықтары қандай реттілікте есептеледі?
11. Бағаналардың заводтық және монтаждау жапсарлары қалай жасалады?

4-тарау

ДӘНЕКЕРЛЕНГЕН ФЕРМАЛАР

4.1. ЖАЛПЫ МӘЛІМЕТТЕР

Дәнекерлеу біткеннен кейін арқалықты қысқарту және таврлық жіктердің иілісі туындайды.

Ширату деформациясы өзектің иіліс ортасына немесе бір мезгілде жіктерді қондыруға қатысты жіктерді симметриялы емес орналастыру салдарынан пайда болады.

Тұрақсыздықты жоғалту деформациясы дәнекерлеу қосылыстарды орындау процесінде немесе конструкция суығаннан кейін пайда болатын қысылу кернеулерімен туындайды. Әсіресе үлкен деформациялар жұқа табақты конструкцияларды дәнекерлеу кезінде туындайды.

Дәнекерлеу конструкцияларында тек ортақ деформациялар ғана емес, сондай-ақ толқын және дөңес түрінде жергілікті деформация болуы мүмкін. Бұрыштық деформация күшімен және өзіндік салмағымен түйістіріліп дәнекерленген ұзын және жіңішке табақтар дәнекерленетін табақтар арасында бұрышпен анықталатын өлшемдері мен олардың қалыңдығы олардың салмағын анықтайтын толқындылық түрге енеді.

Табақ қырына жабыстырып дәнекерлеу кезінде белдеулік табақтар жергілікті деформациялар — дүмпию түрін қабылдайды. Жергілікті бұрыштық деформациядан басқа табақ бетінде дөңестік және толқындылық пайда болуы мүмкін. Ішкі қалдық кернеулерді дәнекерлеуден кейін қайта бөлу нәтижесінде туындайтын қалдық деформацияларды қайталама деп атайды. Бұл қайта бөлу дәнекерленген бұйымды механикалық, термикалық және газ жалынды өңдеу кезінде дәнекерленген конструкциясын бірінші рет жүктеу кезінде болады. Орын ауыстыру және деформацияның қалдық дәнекерленген кернеулері айтарлықтай беріктігін төмендетеді, конструкцияның дәлдік формасы мен өлшемін бұрмалау бұйымның сыртық түрін нашарлатады, дәнекерлеу қосылыстарының технологиялық беріктігін төмендетеді, ол ыстық немесе суық жарықтардың туындауына әкеледі. Белгілі жағдайда

дәнекерленген конструкцияда статикалық беріктікті төмендету немесе тұрақсыздықты жоғалту орын алады, ол өз кезегінде оны қиратуға әкелуі мүмкін. Агрессивті ортада жұмыс істейтін конструкция үшін созылатын қалдық кернеулер жағдайында коррозиялық шытынау немесе коррозиялық процестің күшеюі пайда болу ықтималдығы туындайды.

Сондықтан дәнекерлеу конструкциясын дайындау мен жинақтауды жобалау сатысында дәнекерлеу кернеулері мен деформацияның ықпал етуін азайту бойынша шаралар қабылдау қажет. Дәнекерленген жікте балқытылған метал көлемін және жылу салуды азайту қажет.

Дәнекерленген жіктерді бір-бірімен симметриялы орналастыру қажет, мүмкіндігінше жіктердің қиылысуын жібермеу керек. Дәнекерлеу конструкциясында деформацияны технологиялық әдістермен шектеуге болады: стендте немесе лайықты орында дәнекерлеумен бекіту, ұтымды тізбекті дәнекерлеуде (керісатылы жіктермен дәнекерлеу және т.б.) және жинақты-дәнекерлеу операциясында (теңгерілген деформацияны элемент бөліктерімен жүктеумен). Дәнекерленген деформация белгісі (кері иілме, дәнекерлеу алдында элементтерді алдын-ала созу және басқа) бойынша кері серпімді немесе пластикалық деформация құру керек. Дәнекерленген қосылысты (мыс төсем, сулы салқындату және басқа), дәнекерлеу процесінде (шыңдау, шығыршықпен жұқарту, байланыстыру дәнекерлеу кезінде нүктені қысу және басқа) жіктер аймағында металды пластикалық деформациялауды тиімді еселеп салқындату. Дәнекерлеудің ең жақсы жоғары жылу концентрациясын қамтамасыз ететін, екі жақты дәнекерлеуді қолдану, Х-тәрізді жиектерді бөлшектеу, текше энергияны азайту, көлденең қима жіктер ауданы бұйымның қима осіне қатысты симметриялы орналастыруға ұмтылады. Кернеуді дәнекерлеуден кейін термикалық өңдеумен алып тастауға болады. Қалдық деформацияны суық күйдегі механикалық түзетумен (иісілпен, талқылаумен, созумен, шығыршықпен жұқарту, шыңдаумен және т.б.) және конструкцияны жергілікті қыздыру жолмен термикалық түзетумен жоюға болады.

Айрықша қыздыру жағдайда және (температураның айтарлықтай концентрация шамасы мен дәрежесі) дәнекерлеу қосылыстардың суық учаскелерінде қатты тойтарыс беретін еуп серпімді кернеулер осы температурада материалдың тұрақсыздық шегіне сәйкес деформация шамасына жетеді, қызу аймағында пластикалық деформация қысқаруы пайда болады. Жалпы жағдайда температуралық деформациялар ед нақты деформацияларды ұзартуға сәйкес қысқару серпімді деформация мен пластикалық деформацияны тудырады.

Қалған бөліктерде пластикалық деформацияны қысқарту салдарынан жіктерде және жік айналасы аймағында суығаннан кейін әртүрлі бағытта және әрбір қосылыс нүктесінде нақты және серпімді деформациялар дамитын болады

-епл _ -ед + £уп.

Мұнда пластикалық қысқартуға сәйкес теріс пластикалық деформациялар, қысқартуға сәйкес теріс нақты деформация, созу кернеуіне сәйкес оң серпімді деформациялар болады. Дәнекерленген элемент толығымен суығаннан кейін нәтижесінде қалдық кернеулер орын алады.

Әртүрлі қимада температураның біркелкі бөлінбеуі нәтижесінде металдың дәнекерленген қосылыстарда біркелкі емес көлемді өзгерістерден басқа қалдық дәнекерленген кернеулердің туындау себебі метал жіктерде біртекті емес құрылымдық түрленудің болуы және термикалық ықпал етуден және жіктерге жақын аймақта газдың ерігіштік көлем өзгерістері болуы мүмкін.

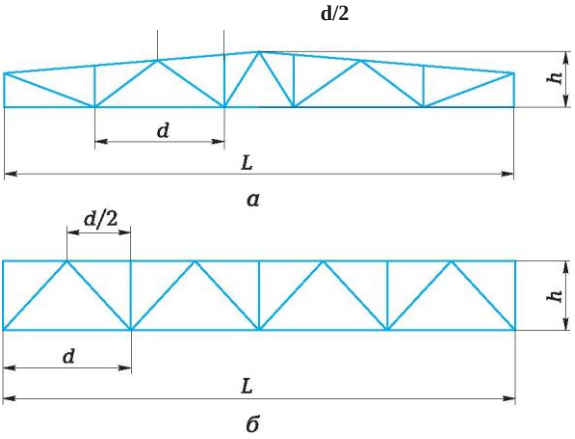
Қалдық дәнекерленген кернеулер әдетте пайдалану кезінде дәнекерленген түйін мен конструкцияның беріктігін төмендетеді, әсіресе жазық кернеу жағдайында қирату қозғалтқыш рөлін атқарады, олардың бар болуы конструкцияда серпімді энергия запасының жинақталуын куәландырады және осы жағдайда кіші жүктемемен салыстырғанда омырылғыш қирату жүреді. Элементті дәнекерлеу кезінде туындайтын қалыңдығы үлкен қалдық кернеулер өте қауіпті; осы жағдайда кернеулер жағдайы көлемді болады, ол материалдың пластикалық деформациялануына қабілеттілігін төмендетеді. Қалдық кернеулер қорытуға қолданған сыныбынан және олардың омырылғышының артып өсуіне байланысты конструкция элементінің беріктігіне және тұрақтылығына ықпал етеді. Қалдық кернеулердің шамасы мен белгісінен тәуелді қажылық беріктік қажеттілігіне қарай созылатын кернеулер қауіпті.

Дәнекерленген кернеулердің конструкция элементінің тұрақтылығына әсер ету мәселесі жеткілікті зерттелмеген. Кернеудің қомақты үлесі қысылған элемент тұрақтылығына әсер етуі анықталған, сонымен қатар созылу қалдық кернеулері артады, ал элемент пен барлық конструкцияның тұрақтылығы төмендейді. Дәнекерлеу өндірісінде қолданылатын металдық қорытпаларды кернеу ерекшелігіктеріне байланысты бөлу шегінде топтарға бөлуге болады.

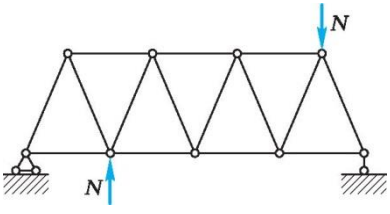
1 — жоғарғы белдік; *2* — төменгі белдік; *3* — қиғаш тіреу; *4* — бағана; *5* — косынка; *6* — тірек құрылғысы; *L* — аралық (тіректер арасындағы қашықтық)

4.2-сурет. Торлардың типтері және белбеудердің кескіні бойынша фермаларды конструкциялау:

а — үшбұрышты тормен; *б* — шпренгельді үшбұрышты тормен; *в* — аркалы (сегменттік); *г* — арнайы торлармен; *д* — қиғаш тіреулі үшбұрышты тормен; *е* — қиғаш тіреулі тормен



4.3-сурет. Құрылыс (а) және кран (б) фермаларының негізгі параметрлері: *d* — қиғаш тіреулерді орнату адымы; *L* — аралық; *h* — биіктік



4.4-сурет. Фермаларға жүктемені беру схемасы

4.2. ФЕРМАЛАРДЫ ЕСЕПТЕУДІҢ ЖҮЙЕЛІЛІГІ

Фермаларды есептеу келесі тәртіпте жүргізіледі.

1. Жүктемесі бар фермалардың есептік схемасын жасайды. q бірдей бөлінген жүктеме тораптарға жүктелген шоғырланған күштерге әкеледі (45-сурет). Фермаға шоғырланған есептелген тораптық күштер $P = qd$ ретінде табылады (d — жоғарғы белдеудің тораптары арасындағы қашықтық).

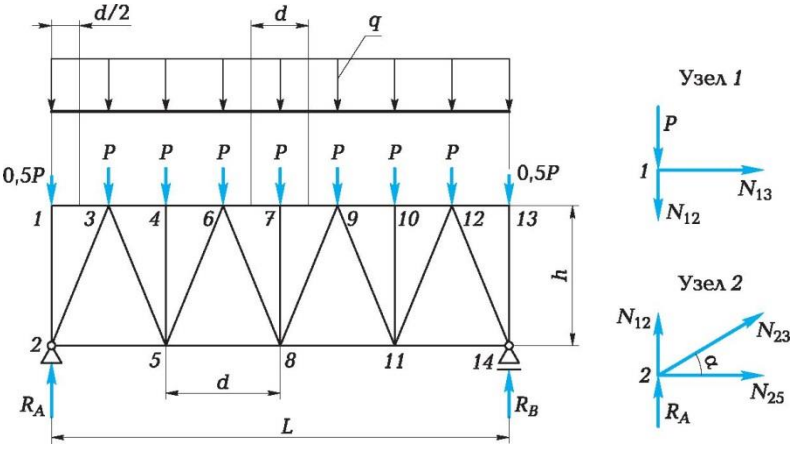
2. Конструкцияның жеке элементерінің жергілікті дөңестенуі қысылатын қалыпты және жанама кернеулердің әсер етуімен жергілікті тұрақтылықты жоғалту деп аталады. Сондықтан қалыңдығы жұқа элементтер (қабырға, белдік) үшін жергілікті тұрақтылық бойынша олардың салмақ түсіргіш қабілеттілігін тексеру қажет.

3. Жергілікті тұрақтылық конструкция онымен жалпы есептік беріктікті сақтау кезінде тіпті жиі салмақ түсіру қабілеттілігін шектейді. Жергілікті тұрақтылықты бағалаудың ерекше мәні болаттың жоғары және артқан беріктігін қолдану кезінде орын алады, өйткені олардың беріктік көзқарас тұрғысынан материалдың механикалық сипаттамасын арттыру кезінде элемент қимасы өте жұқа қабырғалы болуы мүмкін, сондықтан жергілікті тұрақтылықты жоғалтуға қатысты өте қауіпті. Жеке аймақтардың жергілікті тұрақтылықты жоғалту жиі симметриялы қиманы симметриялы емес қимаға айналдыра және қиманың орталық иілісін ығыстыра отырып, конструкцияны қатты нашарлататын, арқалықтың жазықтығынан (қабырға үшін) немесе арқалықтың жазықтығында (белдік үшін) олардың дөңестенуімен бірге жүреді. Бұл конструкцияның бұралуына және оның тұрақтылығын мезгілсіз жалпы жоғалтуына әкелуі мүмкін.

4. Арқалықты құрастыру кезінде табақтың қабырға мен белдік арасындағы жергілікті тұрақтылықты жоғалтуының айтарлықтай түрлілігін ескеру қажет. Қабырға арқалықтың белдікпен көмкерілген аралық элементі болып табылады. Сондықтан ол өзінің жазықтығында ерікті майыса алмайды және оның қисықсызықты формасы арқалықтың салмақ түсіргіш қабілеттілігін жоғалтуға бірден әкелмейді. Белдіктік табақтың ерікті асылмасы бар, сондықтан оның дөңестігі арқалықтың жұмысқа қабілетсіз болуын тез жасайды. Арқалықтың қысылған белдіктерінің өте үлкен енді $bп$ сөрелері мен шағын қалыңдықты $8п$ сөрелеріне қалыпты кернеулер әсер ету нәтижесінен оның шет жақтары тұрақтылықтарын жоғалтуы мүмкін. Екі таврлы арқалықтың көмкерілмеген қысылған белдігінің тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін $bп<608п$ (төменкөміртекті болат үшін) және $bп<< 508п$ (төменқоспаланған болат үшін) теңдеулердің орындалуын сақтау керек.

5. Арқалық қабырғасының жергілікті тұрақтылығын жоғалту аса қауіпті болып табылмайды, өйткені элемент жұмыстан

өшіріледі, ал кернеу қиманың қалған бөліктері бойынша қайта бөлінеді. Бірақ, сонымен қатар қиманың қалған бөліктерінің формасы өзгереді, қима симметриялы емес болады, енді иіліс орталығы ауырлық орталығымен сәйкес келмейді және арқалықты жеңіл бұрауға болады, ол жалпы тұрақтылықты өте ерте жоғалтуға әкеледі.



4.5-сурет. Қиғаш тіреулер мен параллель белбеуді ферма бағандарындағы күштерді анықтау схемасы

Сонда

Бұл жерде

$$If_7 = -0{,}5P - N12 = 0.$$

$$N_{12} = -0{,}5P.$$

Сонымен *12* торабы қысуда жұмыс жасайды.

13 торап жұмыс жасамайды, себебі

$$I^* = N13 = 0.$$

$IP_y = R_A + N_{12} + N_{23}\sin a = 0$, но $N_{12} = -0{,}5P$ екенін ескере отырып,

$$I_y = R_A - 0{,}5P + N_{23} \sin a = 0 \text{ алады}$$

бұл жерде

$$N_{23} = \frac{0{,}5P - R_A}{\sin\alpha}$$

$R_A > 0{,}5P$ болғандықтан, *2—3* сырық сығуда жұмыс жасайды:

$$iPx = N23 \cos a + N25 = 0.$$

N_{23} мәнін теңдеуге ауыстырып қоя отырып

$$\frac{0{,}5P - R_A}{\sin a}\cos\alpha + N_{25} = 0,$$

I *Px*

$$N_{25} \quad (R_A - 0{,}5P)\cos a$$
$$\sin a$$

алады.

бұл жерде

a = 45° sin a = cos a болған кезде.,

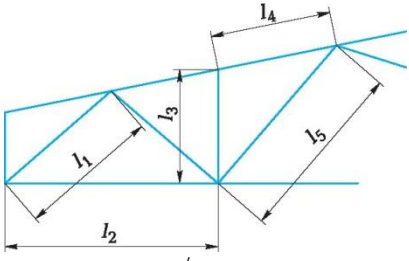
$$M_{25} = R_A - 0{,}5P \text{ болады,}$$

яғни *2 — 5* сырық созуға жұмыс жасайды.

Технологиялық жағынан болат жолақты және кең жолақты таврлардан жасалған белбеулі көлденең қималар қолайлы; едәуір жүктемелер кезінде жылжымалы немесе иілген арнадан немесе кең жолақты қос таврлардан дайындалған белбеулерді пайдалануға болады.

Қосымша арқалықтардан жергілікті жүктемелерді қабылдау үшін және бөліктің ұзындығын шектеу үшін кәдімгі арқалықтардағы сияқты қолданысы бар, қаттылық қабырғалы арқалықтар жиі қолданылады.

Нақты арқалықтарда қабырғаның қалыңдығы 2 — 4 есе азаяды,



4.6-сурет. Ферма сырықтарының —/$_5$ есептелген ұзындықтарын

жұмыстың сынидан тыс кезеңі пайдаланылады, қабырғаларды гофрлеу немесе қабырғасында тесіктері бар (ойықталған қабырға) арқалықтарды дайындау арқылы жергілікті орнықтылық артады.

Арқалықтардың металды қажетсінуін төмендетудің бір жолы – олардың қабырғаларын гофрлеу. Қалыпты арқалықтарда қабырғалардың қалыңдығы, әдетте, беріктік шартымен емес, жергілікті орнықтылық талаптарымен анықталады. Көлденең қабырғаларды орнату қабырғаның қалыңдығын азайтуға мүмкіндік бере және бір мезгілде арқалықтардың бұралу қаттылығын арттыра отырып жағдайды жұмсартады, себебі қабырғалар диафрагмалардың рөлін атқарады және көлденең қима контурының өзгермейтіндігін қамтамасыз етеді.

Қабырғасыз арқалықтар қабырғаның жазықтықтағы жүктеменің қатаң центрлес қосымшаларын талап етеді, себебі олардың белбеудері іс жүзінде бұраудан бекітілмеген.

Тірек бөліктің қаттылығын ұлғайту үшін тірек қабырғасынан $8_{ст}$ (60 ... 80) қашықтықта шеткі бөлімдерге қосымша қабырғалар орналастырылады. Сығылған белбеудің қимасы жергілікті және жалпы тұрақтылықтың әдеттегі талаптарын ескере отырып тағайындалады. Жоғарғы белбеудің еркін ұзындығы арқалық биіктігінен аспауы тиіс. Ұзартылған белбеудің икемділігі кем дегенде 300 болуы керек, ал еркін

ұзындығы аралықтың жартысынан аспауы керек.

Белбеудер мен қабырғалардың заводта дәнекерленген жапсарлары қаттылық қабырғасынан 400.500 мм қашықтықта орналасқан және де жапсардың тірек бөлігінде пайдалануға рұқсат етілмейді. Монтаждалған жапсарлар беріктігі жоғары бұрандалармен немесе дәнекерлеу арқылы орындалады. Белбеудерді қабырғамен біріктіру толық балқыта отырып, автоматты түрде бір жақты дәнекерлеу арқылы жүзеге асырылады.

1 топ — төменкөміртекті және төмен қоспаланған болаттар, кернеуді бөлуге ықпал етпейтін құрылымдық түрлену; бұл жағдайда қалыңдығы 20 мм дейінгі метал үшін ең жоғары қалдық кернеуі sx<от.

2 топ — аустениттік болат. Бұқ қорытпаларда төменкөміртекті болаттардағы сияқты sx қалдық дәнекерлеу кернеулерін бөлу тән. Айырмашылығы sx max аустениттік болаттар қосылысы кейбір кезде от – тан шамасы бойынша көп. Бұл 2 топтағы болаттар тойтармалылыққа бейімді болуына байланысты. Жалпы жағдайда sx max= от.

3 топ— қоспаланған болат. Бұқ қорытпалар тобында қалдық кернеуді бөлуге айтарлықтай күрделі ықпал ететін құрылымдық түрлену. Осы болаттардан қосылыстар орындаудың екі жағдайы мүмкін.

1. Қоспа материалсыз немесе негізгі металдың құрамы сияқты қоспа сымды пайдаланумен дәнекерлеу. Бұл жағдайда sx қалдық дәнекерлеу кернеуінің эпюрасы 1.5-суретте көрсетілгенге ұқсас көрінетін болады. Негізгі металда sx қалдық кернеу қысылған, сол сияқты созылмалы болуы мүмкін, бұл пластикалық деформация аймағында кернеудің эпюр алаңына байланысты болады. Осы жағдайда sx max эксперименттік анықтау қиындық туғызып тұр, өйткені Sx max аймағындағы эпюр алаңы кіші.

Болатты дәнекерлеу кезінде жоғары температурада қыздыру процесінде де, сол сияқты суу процесінде де құрылымдық түрлену жүреді. Құрылымдық түрленулер көлемді өзгерістермен ілесіп жүреді.Төменкөміртекті болатты қыздыру және суыту кезінде құрылымдық (фазалық) түрленулер тұрақты жоғары (600°С артық) температура кезінде жүреді. Бұл жағдайда илемділік жағдайдағы материалда кернеудің пайда болуын алып жүрмейтін көлемді деформациялар жүреді. Қоспаланған болатты дәнекерлеу кезінде құрылымдық түрленуді өте төмен температурада бақылауға болады, онда негізгі метал әлдеқашан серпімді қасеиттерге және көлемді өзгерістерге ие болуы аустениттің ыдырау нәтижесінде конструкцияның жалпы деформациясында көрінетін, мартенситтің пайда болуымен байланысты. Айтарлықтай көлемді өзгерістер 770 °С және одан жоғары температураға дейін дәнекерлеу уақытында қызған болатты шыңдау кезінде жүреді. Мартенситтік түрленулерде көлемді өзгерістер жалпы дәнекерлеу деформациясының сәйкес өзгеруін тудырады.

Қоршалған метал серпімді кедергі әсер етуіне қарамастан пластикалық деформация шыңдалған аймақта болмайды, өйткені

тұрақсыздық шегі от мартенсит тұрақсыздық шегі от аустенитен анағұрлым жоғары болады. Құрылымдық түрлену аймағында қысылудың қалдық кернеуі туындайды, сол уақытта жік айналасы аймағының көрші учаскесінде от тең созылу қалдық кернеуі әрекет етеді.

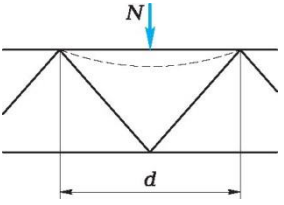
Салыстырмалы төмен температура кезінде металды кеңейту салдарынан онда қалдық кернеудің қысылуы пайда болады. Сондай-ақ 3 аймақ та жоғары температураға дейін қыздырылды, бірақ Ar1 төмен емес. Онда қыздыру кезінде айтарлықтай пластикалық деформациясын қысқарту нәтижесінен суығаннан кейін ст қоспаланған болаттың тұрақсыздық шегіне жететін қалдық кернеулердің созылуы пайда болады.Бұл аймақта қыздыру және суыту кезінде көлемді өзгеріспен бірге құрылымдық түрлену болған жоқ. 4 аймақ — серпімді деформация аймағы. 4 аймақтағы кернеу белгісі 1, 2 және 3 аймақтардағы деформация мен кернеудің бөлінуіне байланысты болады. Мысалы, егер жіктерде қоспа метал негізгі қоспаланған металдың химиялық құрамы сияқты болса, онда құрылымдық түрлену салдарынан қысылу қалдық кернеулер болады.

4 топ — алюминий қорытпалар. Көптеген дәнекерлеу қосылыстарға алюминий қорытпалар тән, өйткені экспериментті анықталатын қалдық кернеулер ст дәнекерленген металдың айтарлықтай тұрақсыз шегінен төмен болады; бұл алюминийлі дәнекерлеу кезінде изотерма томпақтығының әсер етуімен және қалдық кернеулер пайда болуында температуралық деформацияның тек болмашы бөлігі шамамен 0,2aT0 қатысуымен түсіндіріледі, мұнда а — кеңеюдің температуралық коэффициенті; Т0 — температура, ст = f(T) диаграммадағы ст = 0 жоғары болғанда.

Бұл жерде: l — сырықтың кестелер бойынша қабылданған есептелген ұзындығы; i — ауданға тәуелді болатын қима инерциясының радиусы, $i = JA$.

Содан кейін қима инерциясының талап етілетін радиустарын табады::

Созылған сырықтар қимасын іріктеу сырықтың көлденең қимасының талап етілетін ауданын $A_{тр} = N/[o]$ формуласы бойынша анықтаудан басталады.



4.7-сурет. Белбеудің жергілікті иілуі:
N — жүктеме; d — қиғаш тіреулерді орнату адымы; белбеудің жергілікті иілуі

$$S_{рез} = \pm S_M \pm S_{£}\ [s];$$

$M_г$, $N_г$, $N_г$,

бұл жерде $s_M = \wedge \sim [s]$; $s_N = A \sim [s]$, или $s_N = - [s]$,

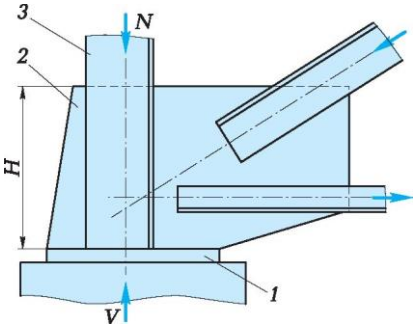
бұл жерде s_M — иілгіш моменттен туындаған кернеу; M — иілгіш момент; W — ферма қимасының кедергі моменті; N — ферманың тораптарына бойлық жүктеме; A — ферма тораптары қимасының ауданы; j — бойлық иілу коэффициенті.

4.3. ТИПТІК ФЕРМАЛАРДЫҢ ЭЛЕМЕНТТЕРІН ЖОБАЛАУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Жеңіл фермалардааралығы 30 метрге дейін созылған белдеулер қимасы, әдетте бүкіл ұзындығы бойынша тұрақты болып саналады. Қиманың тоғысқан жерінде белдеу өзгерген кезде сұрыптаманы сөренің енін өзгерту арқылы өзгерткен дұрыс; қаптама арқылы жабу ыңғайлы болу үшін профильдің қалыңдығын жапсардың екі жағынан бірдей сақтау қажет. Төменгі белдеу қимасының типі, әдетте жоғарғы белдеу қимасының типіне сәйкес келеді.

бұл жерде *V* — ферма тіреуінің реакциясы; $[o_{сж}]$ — сығатын тірек материалының рұқсат берілетін кернеуі.

1 — тіреу тақтасы; *2* — фасонка; *3* — тіреу бағаны; *H* — фасонканың биіктігі



4.8-сурет. Ферманың тірек торабын есептеу схемасы:

Машина жасау саласында ресурс пен сенімділікті қамтамасыз ету беріктік проблемасының түйіні болып табылады. Элементті немесе конструкцияны жобалау үшін материалдың бұзылу кедергісіне сәйкестік кепілдігін беретін және геометриялық өлшемдердің қимасы мен формаларын дұрыс таңдауды қамтамасыз ететін есептеудің негіздемесі болып табылады. Дәнекерлеу қосылыстарының немесе түйіннің жұмысы туралы беріктікке, төзімділік пен тұрақтылыққа есептеулер жүргізілгеннен кейін айтуға болады.

Классикалық критерийлер бөлшектер немесе конструкцияның жалпы кернеулігі есепке алынбайтын, шектік кернеу нүктесінде кернеулерді байланыстырады. Мұндай тәсіл кернеулі-деформацияланған жағдайда біртекті немесе оларға жақын кезінде әділ болып қалады.

Конструкцияны есептеудің түпкі мақсаты беріктікке арналған есептеудің жалпы әдісін таңдау көрінісін үнемдеумен осы конструкцияны пайдалануға ұштастыра отырып бағалау жарамдылығы үшін алынған нәтижелерді пайдаланудан тұрады.

Беріктігі мен қажалуға арналған есептеу әдістерін дамытудың үш кезеңін ажыратады.

Бірінші кезеңде (1940 — 1955) есептеулер рұқсат етілетінкернеу бойынша жүзеге асырылады, сонымен қатар ең жоғары кернеумен жұмыс істеп тұрған қосылыстар немесе конструкциялар берілген рұқсат етілетінкернеуден аспауы тиіс.

4.4. СЫРЫҚТАРЫНЫҢ ҚИМАЛАРЫ ТҰЙЫҚТАЛҒАН ФЕРМАЛАР

Тұйық қималы сырмалары бар фермаларды жобалау белгілі бір ерекшеліктерді ескере отырып, әдеттегі ретпен жүзеге асырылады.

Арқалық құбырлардың үш түрін – дөңгелек, прокат және дәнекерленген бұрыштарға немесе секцияларға тік бұрышты тұйық дәнекерленген құбырларды пайдаланылады. Бөлімнің үш түрі - дөңгелек, тік бұрышты дәнекерленген және илектеу профильдерінен дәнекерленген - өндіріс мүмкіндіктерін ескере отырып, ерекше жағдайларға арналған ең көп экономикалық бөлім қабылданады.

Жергілікті қысылған ядролардың тұрақтылығын, сондай-ақ жергілікті шаруа қожалықтары түйіндерде олардың беріктігі мен тұрақтылығын қамтамасыз қамтуы тиіс. Жергілікті тұрақтылық жағдайында дөңгелек құбырлар өте жұқа қабырғалары болуы мүмкін. Алайда, салдарынан жергілікті аудандарда құбырлар беріктігі мен тұрақтылығын қамтамасыз ету қажеттілігі және түйін интерфейстермен олардың қалыңдығы есептік құны салыстырғанда айтарлықтай өсті. Сонымен қатар, дөңгелек құбыр тапшы, арқалықтар арнайы тиісті жабдықтар үшін қолданылуы тиіс.

4.9-сурет. Енсіз жұқа тақтайшалармен күшейтілген ферма тораптары

Енсіз жұқа тақтайша

Тиімді дәнекерлеу конструкцияны жобалау кезінде дайындау процесінде сынақ жүргізілетін технологиялық әсер етуді ескеру қажет. Демек, дәнекерлеу конструкциясының кешендік жобалауы және оны дайындау технологиялық процесі қажет, өйткені оны дайындауға ең аз еңбек пен уақыт, материалдар шығындары кезінде конструкцияның берілген жұмыс қабілеттілігін қамтамасыз ететін жағдайда ғана шешімді таңдауға болады.

Дәнекерлеу жіктерді, термикалық әсер ету аймағын және негізгі металды қамтитын дәнекерлеу қосылыстары әдетте, айтарлықтай әр түрлілік механикалық қасиеттермен сипатталады.

Көбінесе металл жіктері негізгі металдан берік болады. Металдың термикалық әсер ету аймағының беріктік қасиеттері негізгі металдың термикалық дәнекерлеу цикл реакциясынан тәуелді болады, сондықтан термикалық әсер ету аймағы ең жоғары (шынықтыруға бейім болат үшін) және ең төменгі (осалдануға бейім болат үшін) беріктік ретінде болуы мүмкін.

Әдетте беріктікті бағалауға қолданылатын әдістер, дайындау процесінде конструкцияға көрсетілетін әсер етулерді ескермейді. Осы орындалатын беріктік есептеулерінде әртүрлі аймақтарда дәнекерленген қосылыстар біртекті емес қасиеттері бар болса және дәнекерлеу процесінде туындайтын өзгерістерді есепке алмай материалдың нормативтік қасиеттерін негізге алады. Беріктікті есептеу кезінде сыртқы жүктеме әсер еткен жағдайда пайда болатын тек кернеулі жағдайын назарға алады және дәнекерлеу түйіндері мен конструкцияларын дайындау кезінде құрылған қалдық кернеудің өрісі ескерілмейді. Бұл күрделі дәнекерлеу конструкцияда қалдық кернеулерді бағалау кезінде жеткілікті дәл (анық) шешімнің болмауымен түсіндіріледі

Берілген қасиетімен материалдарды таңдау дәнекерлеу қосылыстарын құруға ықпал етеді, ол жоғары беріктік және басқа да

маңызды қасиетімен қаттылыққа — салыстырмалы түрде агрессивті ортада және т.б. төзімділігімен, аз көлемдік массасымен оңтайлы ұштасатын болады.

Осыған байланысты, дәнекерленген конструкцияларды есептеу мен жобалаудың мүлдем жаңа проблемалары пайда болады. Дәнекерленген түйіндер мен конструкциялар көтергіш элементтерінің құрылымдық формалары мен мөлшерін, олардың анизотропиясын, материалдардың механикалық сипаттамаларын кең таңдау арқасында оңтайлы жобалау принциптерін пайдалану үшін қызықты объект болып табылады.

Металл конструкцияларын жасау кезінде дәнекерлеуді кеңінен енгізу басынан бері өткен уақыт ішінде қарапайым жүктемелер кезінде олардың механикалық қасиеттері мен кернеулік жағдайын, дәнекерлеу қосылыстарының негізгі түрлерін пайдалану жұмысы бойынша эксперименттік және теориялық көптеген зерттеулер пайда болды. Осы зерттеулер негізінде тиісті нормалар белгіленген, өйткені қарапайым жүктеме кезінде жеке алынған жіктің беріктігін есептеу әдетте қиындықтар туғызбайды. Егер дәнекерленетін түйін бір немесе әртүрлі типті бірнеше дәнекерленген жіктерден тұратын немесе құрамында қосалқы элемент түріндегі жапсырма, ендірме және т.б. күрделі болған жағдайда конструкцияның беріктігін есептеуді қиындатады.

Материалды тиімді пайдалануды үйлестіре отырып, дәнекерленген конструкцияның сенімділігі мен ұзақ мерзімділігі тек олардың сыртқы әсерлер қабілетерін бұзбай қабылдау дәнекерлеу қосылыстары мен түйіндер беріктігін мұқият зерттеуді қамтамасыз етуі мүмкін. Неғұрлым материалды аз жұмсау түйіндер мен конструкциялар беріктігінің жетістігі — маңызды талап — өз-өзіне диалектикалық қайшылықтары бар, өйткені металды үнемдеу мақсатында сол мөлшерлерді азайтуға ұмтылу қажеттігі, көбінесе құрылымдық элементтердің көлденең мөлшерінің ұлғаюымен беріктікке қол жеткізуді арттырады. Бұл қарама-қайшылықты шешу үшін, әрбір нақты жағдайда оңтайлы мөлшерлерді анықтау қажет, яғни артық шығынсыз материалдар мөлшері конструкцияның беріктігін қамтамасыз етеді.

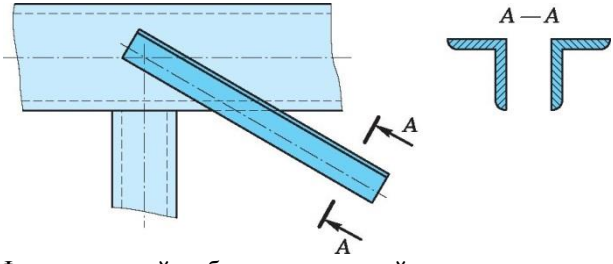
Берілген сыртқы күштерді бөлу кезінде оның беріктігіне кепілдік беретін, конструкция элементінің оңтайлы геометриялық мөлшерін анықтау есептеудің материалдар кедергісі аясында жүзеге асырылатын бірінші міндетін құрады.

Іс жүзінде дәнекерленген конструкция деформациясымен шектелуге жиі мәжбүр болады, олардың шектен тыс дамуына рұқсат етілмейтін орын ауыстыруға әкеледі және қалыпты пайдалануға кедергі келтіре алады. Осылайша, дәнекерленген конструкция элементтерінің қаттылығын қамтамасыз ету есептеудің екінші міндеті болып табылады.

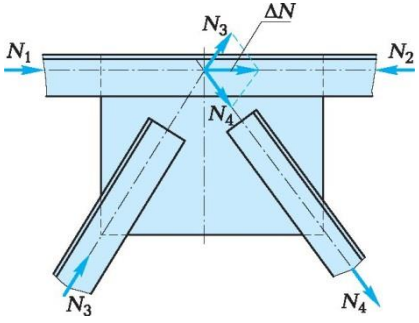
Үшінші міндет есептеудің тұрақтылығына байланысты жүктемемен бастапқы тепе-теңдік жағдайын сақтау дененің (элементтің) қабілеті деп түсінуге болады. Тұрақтылықты қамтамасыз ету жұқа

қысылған элементтерді есептеу кезінде қажет, өйткені тұрақтылықты жоғалту жүктеме кезінде беріктік немесе қатаңдық бойынша қауіпсіз мүмкіндігі орын алады.

Сонымен, материалдардың механика тұрғысынан жүзеге асырылатын, дәнекерленген конструкцияларды есептеудің жалпы міндеті ұзақмерзімді және үнемділік талаптарын бір мезгілде қанағаттандыру кезінде конструкция элементтерінің беріктігі, қаттылығы мен тұрақтылығын қамтамасыз ету болып табылады.



4.10-сурет.Ферманың жайма бұрыштардан дайындалған қиғаш тіреулі тораптары



4.11-сурет. Ферма тораптарының элементтерін теңестіру схемасы: N_1 —N_4 — ферма элементтеріндегі жүктеме

Тәжірибелер қабырғаның жергілікті орнықтылығы жоғалып, онда «жаншылған» жерлер пайда болғаннан кейін кернеулердің қайта бөлінетіндігін, қабырғалар арасындағы арқалықтардың және жеке бөліктердің дәстүрлі конструкцияларға қарағанда басқаша жұмыс жасай бастайтындығын, бірақ өзінің жұмысқа қабілеттілігін жоғалтпайтындығын көрсетті. Жүргізілген эксперименттер қабырғаның жергілікті орнықтылығын жоғалтуға әкеп соқтырған жүктеменің шекті жүктемеден әлдеқайда аз екенін растады. Дәл осы факт икемді қабырғалары бар арқалықтардың жұмыс жасауының сынидан тыс кезеңін пайдалану мүмкіндігі туралы айғақтайды.

Арқалық жұмысының бірінші кезеңінде оның икемді қабырғасы

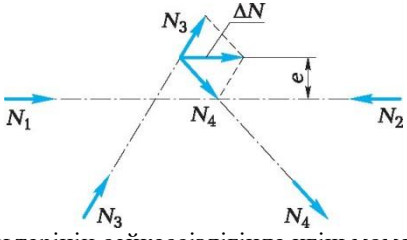
қалыпты арқалықтағыдай тегіс болып қалады. Бірақ ұзақтығы бойынша жұмыстың бұл кезеңі қысқа болады және қабырға орнықтылығының жоғалуымен, яғни «жаншылғандардың» пайда болуымен жұмыстың сынидан тыс кезеңіне өтумен аяқталады.

Жұмыстың екінші (сынидан тыс) кезеңінде қабырға деформациялары мен жүктеме арасындағы сызықтық байланыс сақталмайды. Созылған қабырға қыртыстарын қалыптастыра отырып шығыңқы қабырғалар аймақтары дамиды және оларды керу арқалық белбеудерінің жергілікті иілуіне, сондай-ақ бойлық қатайту қабырғаларының қысылуына және керегенің бетіндегі тірек қабырғалардың майысуына әкеледі. Бұл саты қабырғаның жекелеген нүктелерінде немесе белбеудерде (немесе бір мезгілде) кернеулердің тұрақтылық шегіне жетуімен аяқталады.

Үшінші кезеңде қабырға мен белбеудерде пластикалық деформациялар дамиды. Арқалықтың иілген жерлері ұлғаяды; осы кезеңнің соңына қарай иілген жерлердің ұлғаю қарқындылығы күрт артып, арқалықтың бөліктерінде пластикалық тетік пайда болады – арқалықтарда шамадан тыс қалдық деформациялар пайда болып, шекті күйге өтеді. Ары қарай жүктеме болар-болмас артқан күннің өзінде немесе игіш моменттің сығушы күшінің әсерінен сығылған-иілген белдік сөрелерінің жергілікті орнықтылығының жоғалуы салдарынан иә болмаса сырық ретінде қабырға жазықтығындағы белдік орнықтылығының жоғалуы салдарынан арқалық өзінің көтеруші қабілетін жоғалтады. Егер арқалық бүйірлік деформациялардан тиісінше ажыратылып бөлектенбесе, арқалық иілуінің жалпақ формасы жоғалып кетуі ықтимал.

Жұқа қабырғалы арқалықтар ұзындығының бойымен тұрақты қиманың қабырғасымен жобаланады, белбеудердің тірек бөліктерінде кішкентай қима болуы мүмкін. Белбеудердің жапсарлары қаттылық қабырғасынан 300 мм-ден жақын емес жерде орналасады. Арқалықтың қабырғасы міндетті түрде бойлық жұптасқан қатайту қабырғаларымен бекітіледі.

Қабырғаға бір және қосарланған жіктер арқылы немесе бойлық қабырғаларсыз дәнекерленген бойлық қабырғалы арқалықтарды қолдануға болады.

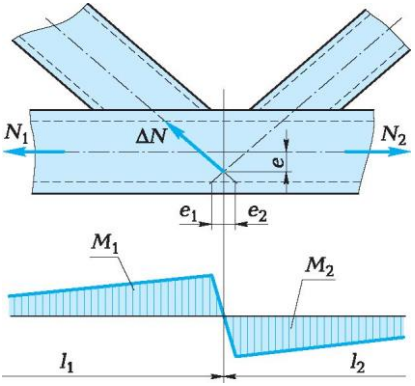


4.12-сурет. Торап осьтерінің сәйкессіздігінде игіш моменттің туындауы

бұл жерде M — сәйкессіздіктен иілгіш момент, $M = DNe$; n_i — $n_i = \frac{EJi}{!\ li}$; Jf — момент і-сырықтың қумабойлы иілу қаттылығы,

і-сырықтың инерциясы; 1_f — і-сырықтың есептелген ұзындығы.

N_1 және N_2 — осьтік күштер; DN — эксцентриситеттің



4.13-сурет. Ферма белдігіндегі игіш моменттердің эпюрасы:

болуымен байланысты күше; e_1 және e_2 — M_1 және M_2 игіш моменттерін туындататын эксцентриситеттер; l_1 және l_2 — сырықтардың ұзындығы

Игіш моменттердің әрекетін ескере отырып, ферма сырықтарының беріктігін есептеу мына формула жүргізіледі

$$s = \frac{N}{A} + \frac{M}{cW} < R_y y_c,$$

бұл жерде c — ҚНжҚ II-23—81*бойынша пластикалық деформациялардың дамуы есебінен сырықтардың көтеруші қабілетінің артуын ескеретін коэффициент; y_c — иіліп дәнекерленген созылған құбырлар үшін $y_c = 0,85$, қалған сырықтар үшін $y_c = 0,95$ пластикалық деформациялардың дамуы есебінен сырықтардың көтеруші қабілетінің артуын ескеретін коэффициент.

4.5. ДӘНЕКЕРЛЕНГЕН ФЕРМАЛАРДЫ ЕСЕПТЕУ ЖӘНЕ КОНСТРУКЦИЯЛАУДЫҢ НЕГІЗГІ ҚАҒИДАЛАРЫ

Дәнекерленген барабандар (әдетте, цилиндр тәрізді) диаметріне байланысты жайма профильдерден (құбырлар, табақтар) дайындалады. Барабанның ұзындығы оның қолданысына байланысты болады және 3,0 ...3,5 диаметрді құрайды. Егер 8 барабан қабырғасының қалыңдығы көрсетілмеген болса, оны эмпирикалық формула бойынша белгілейді 8 = 0,0Ш + 0,3 см, бұл жерде D — барабанның сыртқы диаметрі, оны стандартты өлшемге дейін дөңгелектейді, содан кейін есеппен тексереді.

Цилиндрлік барабан (6.1-сурет, а) арқанның керілу әсерімен сығылудың, бұралудың және иілудің күрделі кернеуін сезінеді.

Ұзындығы L <3D барабандарда бұрау және иілу кернеулері, әдетте сығу кернеуінен 10,15% аспайды. Бұл жағдайда барабан тек оның сыртқы бетіне біркелкі бөлінген қысыммен жүктелген сақина ретінде сығылуға ғана есептеледі. Сақинаның ішкі бетінде туындайтын ең үлкен кернеу келесі формуламен анықталады

$$N = N_2 - N_1,$$

егер $N_2 > N_1$ болған жағдайда.

Арқалық көптеген дәнекерленетін конструкция (жақтаулы конструкция, көпірлі кран, құрылыс конструкция) құрамында кездеседі және негізінде осы конструкциялардың элементі ретінде және қолданыстағы арқалыққа жүктеме беретін көлденең иілісте жұмыс істейді; кейбір конструкцияда бұралу, қисық иіліске немесе бойлық күш беруге жұмыс істейді. Біраралықты (кесілетін) арқалықтар олардың оңай дайындау және жинақтау, жұмысы анықталғандығына байланысты ең

көп тараған.

Болаттық арқалықтар илемді және құрамалы болады. Құрамалы арқалықтар илемді арқалық қаттылық және тұрақтылық, беріктік жағдайды қанағаттандырмайтын немесе илемді арқалықтарды қолданған кезінде металдың елеулі артық шығынына әкеп соқтыратын кезде қолданылады. Үлкен аралықтарда және жүктемелер талап етілген кедергі моменті > 2 560 см3 болған кезде илемді түрінің жиыны шектеулілігі салдарынан құрамалы арқалықтарды жобалайды және дайындайды — дәнекерлеу немесе тойтарылған. Илемді арқалықтармен салыстырғанда құрамалы арқалықтардың бірқатар артықшылығы бар: кернеуді тым бірқалыпты бөлу, арқалыққа форма беру мүмкіндігі, конструкцияның аса сәйкестілікке белгілеу, келісімді сыртқы түрі, массаның аз бөлігі.

Жобаның негізгі талаптарын күшті қанағаттандыратындарын қиманың мүмкіндік типтерінен таңдайды: металды үнемдеуді қаматамсыз ететін, көп еңбек қажет етуді төмендететін, пайдалануға ыңғайлы. Арқалықтың салмақ түсіретін қабілеттілігіне әуелгіде бар болғаны белдіктің қаттылық иіліс шамасы (немесе қима түрі), содан кейін қабырға мен белдіктің метал беріктігі әсер етеді.

Алюминий қорытпадан арқалықтар дайындау серпімділік модулінің (болаттың серпімді модулінің мәні шамамен 0,3) төмен мәні салдарынан мақсатқа лайықты емес. Осы жағдай оларды айтарлықтай қаттылықпен қаматамсыз етуге тиіс жағдайда шиеленістіреді, ал көп есе қайталанатын жүктеме жағдайда төзімділік шегінің жоғары емес мәнін пайдалануды шектейді.Сондықтан атап айтқанда,тек ерекше жағдайларда (мысалы, агрессивті ортада болған жағдайда немесе сейсмикалық ауданда құрылыс салукезінде) жалпы салмақ түсетін алюминий конструкциялар мен арқалықтарды қолданады.

Арқалықтың жұмыс қабілеттілігіне қойылатын талаптар конструкция элементінің беріктігіне тең және тұрақтылыққа тең ең жоғары принциптерді сақтау, сондай-ақ талап етілген қаттылықты (мысалы, белгіленген нормамен арқалықтың иілімі анықталған шамадан аспауы тиіс) қамтамасыз ету кезінде қол жетімді болады. Қаттылық және тұрақтылық, беріктік талаптарын қанағаттандыра отырып, арқалықтар бір уақытта кіші салмақты, жоғары технологияда дайындалған және ұзақ мерзім пайдалануға жарамды болуы тиіс.

Иіліс кезінде қима формасы айтарлықтай рөл атқарады, өйткені арқалық беріктігі W кедергі моментіндегі мәнімен сипатталады, ол қима өлшемдеріне, сондай-ақ көрінісіне байланысты болады.Кедергі моментінің үлкен мәнін шағын немесе үлкен кезінде — шағын аудан болғанда алуға болады. Металдың шығыстары мен иілістеріне аса қолайлы жұмыс тұрғысынан бірінші нұсқа тиімді екені анық, бірақ ол әрқашанда конструктивті мүмкін емес.

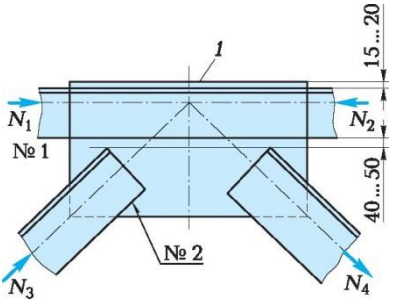
Арқалықтың (қабырға) биіктігін белгілеу кезінде стандарттарды

басшылыққа алу қажет, Лст қабырға биіктігін табақтың илем еніне тең деп қабылдау қажет, өйткені бойлық жиектерін кесуді және сүргілеуді тудыратын конструктивтік шешім технологиялық болып табылмайды. Конструкцияны біріздендіру мақсатында арқалықтың биіктігі 1 050 мм және 100 мм еселілікке дейінгі табақтың ені үшін — 1 200 мм және артық табақтың ені үшін 10 мм еселілік болуы тиіс. Қабырғаның ең төменгі қалыңдығы қиықтың беріктік жағдайына, қабырғаның шектік иілісіне және табақ илемінің стандарттар қалыңдығына байланысты белгіленеді. 8ст қабырға қалыңдығын аралық ұзындығы бойынша әртүрлі учаскелерде қабырға жұмысының әр түрлі жағдайын ескере отырып жүргізумен анықтайды. Мысалы, қиюшы күш шамасы өсетін, тіректегі иіліс моменті азаятын, қиюшы күші нөлге тең, аралық ортасында ең жоғары иіліс моменті бар, жүктемені бірқалыпты бөлумен жүктелген, екі тіреуде ерікті жатқан арқалық. Сондықтан қабырға беріктігі тіректегі хср қиықтың жанама кернеу мәнімен, аралық ортасы бойынша — о қалыпты кернеу мәнімен анықталады. Белдіктің дұрыс таңдалған өлшемдері кезінде қабырғадағы кернеу әрқашанда қабырға қалыңдығынан тәуелді емес рұқсат етілетін кернеуден аз болады, онда аралық ортасы үшін 8ст қабырға қалыңдығы тек тұрақтылық жағдайымен анықталады. Қима үшін тіректегі 8ст қабырға қалыңдығын беріктік пен тұрақтылық жағдайына байланысты таңдайды, сондықтан ең алдымен тіректегі қажетті қабырға қалыңдығын белгілейді.

Арқалыққа жылжымалы жүктеме әсер еткен кезінде жоғарғы белдік және қабырғаның жоғарғы бөлік жұмыстарының қалыпты жағдайларын қамтамасыз ету қажет, яғни кран астындағы рельстерін арқалықтың қабырға осі бойынша дәлма-дәл орналастыру керек. Қолданыста пайдаланып жүрген конструкцияларда шоғырланған және оларға жақын жүктемелерді қабылдайтын, мысалы әртүрлі түрдегі кран астындағы конструкцияларда жазық қабырғасы ортасынан жүктеме әсер ететін сызықтарды ығыстыру тіпті ықтималды болып табылады, яғни е біршама эксцентриситетпен оның қосымшасы (2.11-сурет). Арқалық осінен рельсті ығыстыру кезінде белдіктің бұралуы және қабырғаның иілуі байқалады, ол окр мәнін төмендетеді. Ашық профиль үшін белдіктің негізгі деформациясымен бұралуы, қабырғаның бір жартытолқынды бойынша иілуі жүреді. Тұйық қима үшін белдік тілім контуры бойынша иіледі, ал қабырға екі жартытолқын бойынша өзінің жазықтығында иіледі. Қабырғаның қысылған жағында жарықтар пайда болуымен сиапталады, өйткені қабырғаның жоғарғы бөліктерінде эксцентриситеттен қысылатын кернеулерді қысу кезінде тұрақтылық шегі көп және қысу пластикалық деформациясы пайда болады. Кранды қозғалту кезінде қабырға мерзімді жүктеледі, онда қысу және созу кернеулері дамиды.

Жоғарғы белдік бойынша жүктеу кезінде ерікті жатқан

арқалықтың тұрақтылығын арттыратын негізгі шаралар соңғы даму болып табылады. Қысылған белдік созылған белдікке қарағанда арқалықтың симметриялы вертикалды осіне қатысты үлкен инерция моментімен жасалады. Сондықтан симметриялы емес арқалықтар симметриялы арқалықтарға қарағанда кең дамыған жоғарғы белдікпен орнықты болады.

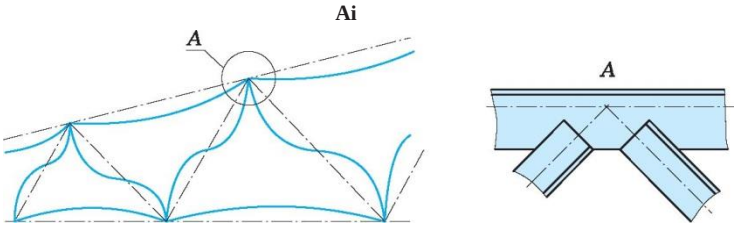


4.14-сурет. Ферма элементтерінің дәнекерленген қосылыстарын есептеу схемасы:
1 — фасонка; N_1 және N_2 — белбеудің шектес панельдеріндегі күштер; N_3 и N_4 — осьтік күштер

бұл жерде *n* — жіктер саны.

$$= 0{,}5 \quad {}_{bK}X \quad < [x'j.$$

1ш



4.15-сурет. Дәнекерленген кран жебелердегі белбеудер мен қиғаштап қойылған тіректердің деформациясы

Дәнекерленген фермаларды конструкциялаған кезде *жалпы талаптарды* сақтау қажет.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Жұмыс кезінде фермаларға қандай негізгі күш факторлары әсер етеді?
2. Тор конструкцияларын классификациялаудың негізгі қағидалары қандай?
3. Фермалардың есебі қандай тәртіпте жүргізіледі?
4. Тораптарды кесу әдісінің мәні қандай?
5. Фермалардың сығымдалған және созылған сырықтарының қималарын таңдау ерекшеліктері неде?
6. Сырықтарының қималары тұйықталған фермалардың артықшылықтары неде?
7. Сырықтарының қималары тұйықталған фермаларды есептеу әдістемесінің негізгі ерекшеліктері қандай?
8. Дәнекерленген фермаларды конструкциялаудың негізгі талаптары қандай?
9. Ферма тораптарының бұрыштық жіктері төзімділігінің шарты неде?
10. Дәнекерленген фермалар сырықтарының тұрақтылығын қалай бағалауға болады?
11. Қалдық дәнекерлеу кернеулері торлы конструкциялардың беріктігіне және тұрақтылығына қалай әсер етеді?

ТАБАҚШАЛЫ (СЫРЫҚШАЛЫ) КОНСТРУКЦИЯЛАР

5.1. ЖАЛПЫ МӘЛІМЕТТЕР

Қолданысына байланысты ажыратылады.

Жұмыс сипатына байланысты жайма конструкцияларды шартты түрде үш түрге бөлуге болады.

Егер дәнекерленетін элементтердің қалыңдығы 15 мм-ден артық болса, бұрыштық жіктерді пайдалану жиектері міндетті түрде дайындауды талап етеді. Барлық басқа жағдайларда, түйіскен дәндерленген байланыстар қолданылуы тиіс. Егер құбыр желілерінің құрамында иілген элементтер болған жағдайда, иілген жерлерге дәнекерленген жіктерді орналастыруға жол берілмейді. Сондай-ақ келтеқосқыштарды, бұрғылау құбырларын және дәнекерленген жіктердің орындарындағы басқа да ойымдарды, иілген жерлерді орнатуға тыйым салынады.

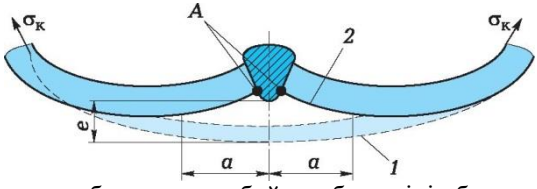
Егер дәнекерленетін құбырлардың немесе бөлшектердің бойлық жіктері бар болатын болса, диаметрі 100 мм-нен асатын құбыр желілерін дәнекерлеген кезде жіктерді сәйкестендіруге жол берілмейді. Осындай элементтерді жинаған кезде, бір-біріне қатысты бойлық жіктерді жылжу құбыр қабырғасының үш есе қалыңдығынан кем емес, бірақ 100 мм кем емес көрсеткішін құрайтындай етіп орналастыру қажет.

Құбыр желілері кейде тіректерге: ақырғы межелерге және ось бағыты өзгеретін жерлерге орнатылатын, бойлық қозғалыстарға кедергі келтірмейтін аралық анкерлерге орнатылады. Тіректердің конструкциялары Dn құбырларының диаметріне байланысты болады. DK = 600 мм болған кезде жылжыма тіректер, DK = = 600 ... 1,500 мм болған кезде – ер тәрізді тіректер, үлкен болған жағдайда (DK> 1,500 мм) – аунақ немесе тербелмелі тіректер қолданылады иә болмаса құбырлар тікелей бағаналардың баулықтарына сүйеніп тұрады.

Өзін-өзі өтеу құбырлардың температуралық деформациясын өтеудің ең кең таралған әдісі болып табылады. Бұл жылу мен ішкі қысым әсерінен магистральдық құбырлардағы шамадан тыс күштерді тіреуіштерге және технологиялық жабдыққа ауыстырмай және металл құбырдағы қауіпті кернеулердің пайда болуынсыз ұзартатын

құбырлармен қамтамасыз етіледі. Өзін-өзі өтеу процесінде кернеулі күйлері тік құбырлардан күрт ерекшеленетін тік сызықты, сол сияқты қисық сызықты учаскелердің иілуі орын алады.

Егер S / r> 1/20 болса, онда мұндай құбыр желілері *қалың қабырғалы* деп аталады және бұл жағдайда кернеулердің қабырға қалыңдығының бойымен біркелкі бөлінбеуін ескеру қажет. Бірқалыпты ішкі және сыртқы қысыммен жүктелген шексіз ұзындықты қалың қабырғалы дөңгелек цилиндр қабырғаларында кернеулерді бөлу туралы мәселенің шешімін алғаш рет К.Лям ұсынды.



5.1-сурет. Ернеуше қабырғасының бойлық беттерінің бұрыштық деформациясы:

Жайма (қабықшалы) конструкциялардың жұмыс жағдайы өте әр түрлі.

1 — қабырғаның жобаланған формасы; *2* — монтаждан кейінгі қабырғаның нақты формасы; *a* — жіктің осінен жайма конструкциялардың деформациялары пайда болатын қабықша бетіне дейінгі қашықтық; *e* — эксцентриситет; $o_к$ — созылудың соңғы кернеуі

$$n = \frac{\sigma_и}{\sigma_р} = \left(1 + 6\frac{e}{\delta}\right),$$

бұл жерде 8 — қабықшаның қалыңдығы.

5.2. ЖҰҚА ҚАБЫҚШАЛАРДЫ ЕСЕПТЕУ ТЕОРИЯСЫНЫҢ ЭЛЕМЕНТТЕРІ

Бір өлшемі қалған өлшемдерден әлдеқайда аз болатын денелер қабықшалар мен пластиналар сыныбын құрайды.

Табақ конструкциялардың негізгі тірек элементтері – қабықшалар. *Қабық*ша – бұл екі қисық сызықты беттермен шектелген дене, олардың арасындағы қашықтық қалыңдық деп аталады, басқа өлшемдерге қарағанда кішкентай.

Кернеудің концентрация құбылысының ерекшеліктері. Деформацияланатын дене бетінің өткір өзгеру формасы кернеудің біркелкі бөлінбеуіне әкеледі. Дененің көлдеңен қимасы бойынша кернеудің бірқалыпты бөлінуін бұзатын себептер саңылаулар, кесіктер, ойықтар, бұрыштар, дөңестер және т.б. — кернеулер концентрациясы болып табылады. Бірақ геометрикалық факторлар ғана кернеулер концентрациясының көзі болып қызмет етпейді. Материалда біртекті емес құрылымнан туындайтын кернеулердің ішкі концентрация аймағы болуы мүмкін (кристаллдар олардың анизотроптық қасиеттерімен, сондай-ақ дислокация, қосынды, қабыршақтар және и беттегі үзілістер), олар бөлінудегі күштің әркелкілігін тудырады және кернеулердің ішкі концентрация аймақтарының пайда болуын жүргізеді.

Конструкцияның жұмыс қабілеттілігіне, әсіресе дәнекерлеу кезінде концентрация кернеуінің әсер етуі мүлдем жоғары.

Сірә, бұл фактор беріктікті айтарлықтай төмендетеді.

Кернеу концентрациясының негізгі ерекшелік құбылыстарын атап өткен жөн. Концентратордың болуы оған тікелей жақын жердегі кернеудің күрт өсуіне әкеледі. Алайда концентратордан қашық шамада орналасқан кернеудің концентрация өте тез кемиді, сондықтан негізгі дене салмағының кернеулі жағдай концентрация ерекшеліктеріне байланысты емес. Осылайша, концентрацияның әсер етуі жергілікті болып табылады және концентрация төңірегіндегі кернеу жергілікті кернеулер деп аталады. Өшу заңы деп аталатын ережеге сүйене отырып, кернеудің концентрация алыстау шамасына қарай кемуі бойынша концентрация ең жоғары кернеу көп болса, онда олардың өшуі қаттырақ жүреді.

Жүктеме ұлғаю кезінде басқа жерлерге қарағанда, концентрацияға жақын жердегі кернеулер от тұрақсыздық шегіне бұрын жетеді. Бұл концентрация төңерегіндегі жергілікті аймағында пластикалық деформациясының пайда болуына әкеледі, сол уақытта материалдың негізгі салмағы ретінде серпімді деформацияланады. Осыған байланысты кернеуді біраз тегістеу орын алады, ол неғұрлым пластикалық материал болса, соғұрлым кернеуді қайта бөлу айтарлықтай

көрінеді. Осылайша, статикалық жүктеу кезінде пластикалық материалдар үшін жергілікті артық күш жұмсау іс жүзінде қауіпсіз.

Айнымалы жүктеме кезінде пластикалық материалдар үшін кернеудің концентрациясы қауіпті; бұл жағдайда концентрацияға жақын жердегі кернеулер айнымалы жүктеме материалдың тойтарыс беру шегінен асып кетуі мүмкін, ол мезгілінен бұрын қирауға әкеледі.

Омырылғыш материалдардан жасалған кесікпен үлгілердің беріктігі жергілікті кернеу концентрациясының ең жоғары шегі туындау салдарынан күрт төмендейді.

Тағы да есепке аз алынатын практикалық есептеулерде кернеу концентрациясының түйін материалының концентрациясынан қашықтық жерде кернеулік жағдайына қарағанда, концентрацияға жақын жерде өте күрделі кернеулік (көбінесе екі остік немесе үш остік) жағдайының пайда болуы маңызды ерекшелігі болып табылады. Бұл концентрацияға жақын илемділік металдың тежелуін тудырады және әдетте, отмен ов артуына әкеледі.

Сонымен қатар, кернеу концентрациясымен белгілі бір ерекшелікке ие және ерекше назар талап ететін деформация концентрациясы орын алады. Серпімділік облысында кернеулер мен деформациялар концентрациясының бағыттары пластикалық деформациясымен сәйкес келеді, тек серпімді деформация концентрациясынан айырмашылығы ғана бар емес, сонымен қатар жазық кернеу және жазық деформациялар жағдайында мәні әртүрлі болады.

Пластикалық деформация концентрациясы арақашықтыққа байланысты өте баяу азаяды. Ақырында, серпімді илемділік жағдайда кернеу концентрациясынан деформация концентрациясының айырмашылығы артады, илемділік облыстардың бар болу кезінде азаяды. Концентрацияның деформация концентрациясы бөлшектерді бастауыш бұрмалауына және оның шекті жүктемесіне аз әсер етеді, бірақ ол тіпті тұтқырлы күйіндегі жағдайда қиратуға ықпал етеді.

Алюминий қорытпалар айнымалы жүктеме кезінде жұмыс істейтін, конструкцияны жобалау кезінде ескеру қажет кертікке салыстырмалы жоғары сезімталдықпен иемденеді. Негізгі металға бірқалыпты ауысумен жіктер немесе өңделген жіктер кезінде негізгі металмен беріктігі тең дәнекерлеу қосылыстар алынады.

Балқыту дәнекерлеумен алюминий қорытпалардан алынған қосылыстар икемділік түйіндерді қамтамасыз ететін элементтердің бірқалыпты түйіндесу формасымен дәнекерлеуге айтарлықтай аса тыңғылықты дайындықпен болаттық бұйым қосылыстардан ерекшеленеді. Жауапты дәнекерлеу конструкциялары үшін алюминий қорытпалардың АМц, АМг3, АМг5В, АМг6 және АМг61 маркаларын пайдалануға кеңес беруге болады; осы қорытпаларды дәнекерлеу кезінде жіктер төңірегіндегі аймағы іс-жүзінде осалданады. Дәнекерленетін

конструкция үшін аса берік термикалық өңделген қорытпаларды қолдану мақсатқа лайық емес, өйткені жіктер төңірегіндегі аймақтағы беріктік төмендейді.

Әсер ететін күш осінде орналасқан жіктермен дәнекерленетін қосылыстардан кесілген стандарттық үлгілерін созу кезінде қосылыстардың беріктігі негізгі металдың шыңдалған беріктігінен төмен, бірақ салыстырмалы түрде жасытылған аумақтан кесілген үлгі беріктігінен жоғары деп белгіленген. Беріктік барлық үлгі қима ауданындағы жасытылған аумақ аудан үлесіне байланысты болады және егер оның беріктігі дәнекерлеу жіктерінің беріктігіне тең болған кезінде ғана және жіктер шегінде көп болса дәнекерленетін профиль толық босаңдатуды алады. Сондықтан дәнекерлеу жіктер аймағында жасытылған метал дәнекерлеу конструкциясының беріктігін төмендетуге және оның жалпы деформациясын ұлғайтуға әкеледі.

Дәнекерленетін нүктелі қосылыстар беріктігін статикалық қиыққа сынау кезінде ұқсас тойтармалы қосылыстарға қарағанда дуралюмин жоғары болады. Үзуге тойтармалы қосылыстар өте берік болады. Профилмен табақтарды қосу кезінде статикалық қиықтағы дәнекерленген нүктелер беріктігі шамамен 25%-ды табақты табақпен қосудағы дәнекерленетін нүктелер беріктігінен жоғары.

Динамикалық жүктеме кезінде нүктелі қосылыс беріктігі іс-жүзінде ұқсас тойтармалы тозығы жеткен беріктігіне тең. Қайталау статикалық жүктеу кезінде дәнекерленетін қосылыстар беріктігі тойтармалы қосылыстар беріктігінен бірнеше төмен. Осы жағдайда қосылыстарда нүктелер санының көбею есебінен теңберіктікті қамтамасыз етуге болады.

Алюминий қорытпалар серпімділік модулінің мәнін болатпен салыстырғанда бірден төмен болғандықтан олардың жергілікті тұрақтылығын қамтамасыз ететін, элементтің жеке бөліктер өлшемдер арақатынасын қабылдайтын, олардың ортақ иілгіштігін төмендету үшін элемент қималарының геометриялық өлшемдерін дамытатын, қаттылығы жоғары элементтерді және т.б. жобалауды талап етеді. Алюминий конструкциясының серпімділік модулі төмен болағндықтан, оларды жобалау сатысында болаттық конструкциялар ретінде бөлек элементтер түрінде үлкен биіктікті болуы тиімді болмайды.

Жалпы жағдайда дәнекерлеу конструкцияларды жобалау кезінде келесі ережелерді орындау қажет. Бірінші кезекте дәнекерлеу конструкцияларда дәнекерлеу жіктердің ең кіші санын тапсыру керек. Ереже бойынша қосылыстар қыспақ түрінде жобалануы тиіс. Ірігабаритті тұтас конструкцияларда қырларды бұрыштық түйістіру, қалыңдықтарды, жиектерді дәнекерлеу үшін бөлшектелген таврлар, бұрыштар және дайындық-профилдер арқылы жүзеге асыруға кеңес береді. Торлы дәнекерленетін конструкцияларда белдікке үшкіл арқылы қиғаштірек

қосудан аулақ болу керек.

Егер алюминий кенептерді орама түрінде тасымалдау жорамалданған болса, онда дәнекерлеу жіктеріне жоламау керек. Бұл жағдайда табақтарды орналастыру олардың ұзын жағы ораманы орайтын өн бойында жататындай қылып орауға кеңес береді. Орамаға жақсы орауды қамтамасыз ету үшін дәнекерлеу жіктердегі күшейтулерді алып тастау керек. Қалған жағдайларда алюминий табақтар конструкциясын құру және есептеу осындай болаттық конструкциялардан аз ерекшеленеді.

Дәнекерленетін алюминий конструкциясының бойлық жіктері бар арқалық типті есептеулері әзірленген. Жүктеме түсіру арқылы осындай конструкцияның көлденең иілісіне жұмыс істеуін екі кезеңде қарастыру керек. Бірінші кезеңде конструкция жіктерінің есептік кедергісінен аз немесе тең кернеу шегінде жұмыс істейді.

Конструкция жұмысының екінші кезеңі онда кернеу дәнекерлеу жіктерінің есептік кедергісінен жоғары болғанда жүреді, бірақ негізгі металдың есептік кедергі шегінде болады. Осы кезеңде дәнекерленетін жіктердің аймағындағы метал пластикалық деформация облысында, ал негізгі метал — серпімді деформация облысында жұмыс істейді. Дәнекерленген жіктердің жіктер төңірегіндегі аймақта пластикалық деформация облысына енуі шеткі кернеулердің ұлғаюына қарай біртіндеп және дәнекерленген жіктердің орналасуына байланысты жүреді. Қиманың бейтараптылық осінен дәнекерлеу жіктері неғұрлым алыс орналаса, соғұрлым олар тез пластикалық облысына кіреді және оның үстіне бүкіл конструкция майысқан болады.Егер дәнекерленетін жіктер бейтараптылық осіне жақын немесе тікелей сонда орналаса, онда ереже бойынша, дәнекерленетін жіктер серпімділік шегінде жұмыс істейді және бүкіл конструкцияның майысуына ықпал етпейді. Осылайша жасытылған аймақ ауданына, олардың қима биіктігі бойынша орналасуы және жеке жобаланған конструкциясына олардың әсер ету қима формасына байланысты болады. Конструкциясының қаттылық есептік иілу сипаттамаларын анықтау кезінде сондай-ақ өзгереді, яғни жұмыстың екінші кезеңінде дәнекерленген конструкция аз қаттылықты болады.

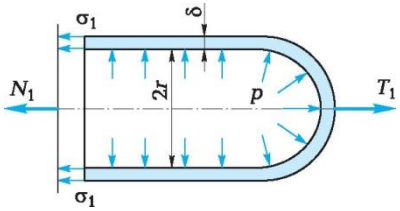
Төмен температура кезінде пайдалануға арналған конструкцияның жұмыс сенімділігін арттыру осы жағдайда алюминийдің тұрақты негізгі механикалық сипаттамаларын сақтаумен, ал жеке жағдайларда тіпті оларды жақсартумен анықталады. Мысалы, 2.03.06—85 ҚНжҚ алюминий конструкцияны жобалау нормасына есептік кедергінің температурасын өзгертуге әсер етуді ескеретін Кт коэффициентінің мәні енгізілген, сонымен қатар металдың -70 °С температурасы кезінде Кткоэффициентінің мәні 1-ден 1,1-ге дейінгі шегінде өзгереді.

Алюминий және оның қорытпаларының кемшіліктері конструк-

циондық материал ретінде серпімділік модулінің төмен мәніне байланысты, болаттық элементтер жүйесіне қосумен едәуір дәрежеде жоюға мүмкін. Мысалы, құрамалы алюминий өзегінің тұрақтылығы белдіктерді болаттық тақтайшамен қосу кезінде айтарлықтай артады.Осы материалдарды араластыру экономикалық тұрғыдан алғанда орынды болып табылады, мысалы, алюминий жалатылған материалға қоршау функциялары бөлінеді, ал болаттар үшін салмақ түсіреді. Алайда, оң қасиеттермен бірге құрама конструкциялардың болат және алюминий арасындағы байланыс бытыраңқылығы бойынша іс-шараларды жүргізу қажеттілігін қортындылау бір кемшілігіне ие. Осындай конструкциялардың есептеу ерекшелігі болат және алюминий сызықтық ұлғаю коэффициентері мен серпімділік модульдерінің мәнін есептеу айырмашылықтарда жасалады.

v

Сәйкесінше, қабықша – ең алдымен, жұқа қабырғалы конструкция.



5.2-сурет. Қабықша қабырғаларында айналма кернеулердің қалыптасу схемасы

$$^{N}1 — {}^{8s}1;{}^{N}2 — {}^{8s}2;{}^{S}12 — {}^{S}21 — {}^{dt}12r$$

бұл жерде N_1 және N_2 — қабықшадағы қалыпты күш; 8 — қабықшаның қалыңдығы; o_{1r} o_{2r} t_{12} — t_{21}; S_{12} және S_{21} — қабықшадағы жанама күш.

Ішкі қысым p екпінмен бір жартыны екінші жартыдан жұлып алуға ұмтылады (5.2-сурет)

$$T_1 — p\kappa m^2,$$

бұл жерде $г$ — қабықшаның ішкі радиусы.

$$N_1 — o_1 2лг8.$$

Қарастырылып отырылған жартылай қабықша теңдеуінің шартынан келіп шығады

$$T — N1$$

немесе

$$pnr^2 — a_1 2nг8.$$

Осы жерден кернеу туындайды

$$T2 — p2Lr.$$

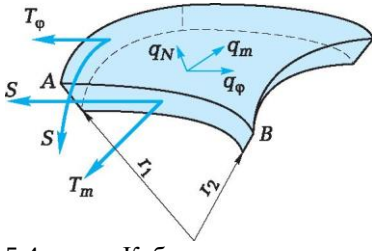
$$N_2 = s_2 2Ld.$$

Сәйкесінше:

$$^{T}2 = {}^{N}2.$$

$$p2Lr = s_2 2Ld.$$

Осы жерден әрекет ететін кернеу туындайды



5.4-сурет. Қабықшадағы моментсіз кернеулі күй

Осылайша:

$$T_m = o_т 8;\ T_9 = o_ф 8;\ S = t8.$$

Бұл жерде o_m және $o_ф$ — сәйкесінше бойлық және айналма қалыпты кернеу; t — жанама кернеу.

T_m, $T_ф$ және S күші — мәні бойынша қума бойлы, олар орталық бет доғасы ұзындығының бірлігіне жатқызылған.

Сыртқы жүктеме қабықшаның бетінде үздіксіз бөлінген деп жорамалдаймыз. Бұл q жүктемесін сәйкесінше, жазықтыққа нормал, меридианға қатысты және параллельге қатысты әрекет ететін q_N, q_x және q_j сияқты үш құрамдас бөлік түрінде ұсынамыз. q_N, q_m және q_j жүктемелері орталық бет ауданының бірлігіне жатқызылды.

Қабықшаның $БЛЛ_1Б_1$ элементінің тепе-теңдік шарты ізделетін T_m, Тф және S үш күшке жауап беретін үш дифференциалдық теңдеуге әкеледі.

$$\frac{T_m}{r_1} + \frac{T_ф}{r_2} = q_N$$

$$\underline{^{O}J} + \underline{^{O}2} = P\ Г$$

$$Г2 \quad 8$$

Лаплас теңдеуі

(5.3)

немесе

(5.3) бұл жерде O_j және o_2 — басты кернеулер.

Кең тараған цилиндрлік қабықшалар үшін

$$Г = •;\ г2 = Г.$$

Бірқалыпты ішкі қысым кезінде p (5.5-сурет, а) түптегі қысымға байланысты бойлай пайда болатын o_t кернеу әрекет етеді.

Цилиндр шексіз ұзын болған кезде қабықшада әрекет ететін күш келесідей берілуі мүмкін

$$T = pг,$$

бұл жерде p — жүктеменің қарқындылығы; $г$ — қабықшаның орталық бетінің радиусы.

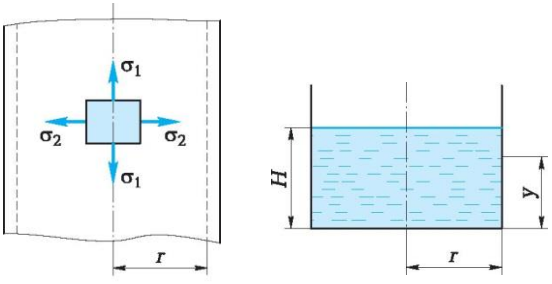
Гидростатикалық қысым кезінде (5.5, $б$-сурет) кернеу келесі

формулалар бойынша анықталады:

жасаушының бойымен(меридиональді кернеу)

айналма бағытта (айналма кернеу)

бұл жерде p — сұйықтықтың тығыздығы; g — еркін құлауды жылдамдату; H — сұйықтықтың биіктігі; y — қарастырылып отырған қиманың деңгейі.



а

5.5-сурет. Бірқалыпты ішкі (а) және гидростатикалық (б) қысым кезіндегі қабықшаның кернеулі күйі

Серпімді деформация аймағында материаламен жұмыс істеу кезінде қайталау статикалық жүктемелер материал қасиетінің өзгерісін тудырмайды, өйткені жүктемені алып тастағаннан кейін серпімді деформациясы жоқ болып кетеді. Серпімді пластикалық немесе өзі берік деформация аясында жұмыс істеу кезінде қайталау статикалық жүктемелер материал қасиетіне әсер етеді.

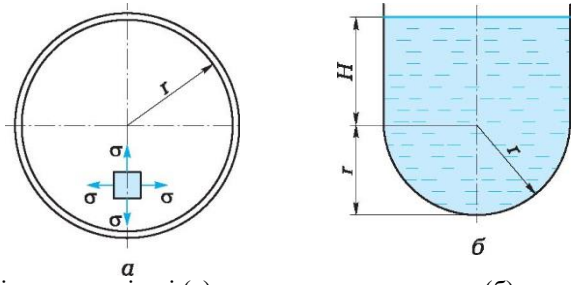
Тозығы жеткен қираудың табиғат талдауы өте күрделі, өйткені әртекті ортаны зерттеуді талап етеді. Дәнекерленетін қосылыстарда балқытылған және негізгі металдың әртүрлі аймақта қалдық кернеулерінің бар болуы және қасиеттерінің әртекті болуы талдау міндетін айтарлықтай қиындатады. Егер қалыпты механикалық қасиеттері бойынша статикалық жүктеме әсер етуімен материалдың беталысы туралы пікір айтуға болады, бірақ осы сипаттамалар айнымалы жүктеме әсер етуімен жұмыс істейтін конструкциясындағы сол

материалдың беталысы туралы пікір айтуға ықпал етпейді.

Қайталау жүктемелері ұзақ әсер еткен кезінде элементтер бір рет жүктеуге қарағанда аз кернеу кезінде қирауы мүмкін. Осындай қиратулар металдың тозығы жеткен құбылысымен туындайды. Материалдың қайталау жүктеме әсеріне кедергі жасайтын қабілеттіліктің төзімділік немесе қажулық (дірілді) беріктік деп атайды, ол қирау жүріп жатқанда және F айнымалы жүктеме Nn циклінің сәйкестілік санымен және sn үлкен кернеу арасындағы тәуелділікті білдіретін металдың қисық (Вёлера қисығы) тозығы жеткенімен сипатталады.

Айнымалы жүктеменің шексіз саны кезінде материалдың қирамауын ұстап тұратын шектік кернеу төзімділік шегі деп аталады. Болаттық үлгілерді сынау кезінде цикл N= 107 кезінде төзімділік шегі анықталады. Логарифмдік масштабта абсцисса осі бойынша, ал қирату кернеулер мәні — ордината осі бойынша Nв циклдер санын кейінге қалдырған жартылай логарифмдік координатада құрылған жүктеме цикл санына байланысты металдың тозығы жеткен беріктік диаграммасы бейнеленген.Тәжірбиемен осы координаталарда s= f(N) тәуелділігі түзудің екі кесіндісімен: еңіс және горизонталь кесінділерімен бейнелеуі мүмкін деп расталған. Горизонталды түзу sr төзімділік шегіне сәйкес келеді.

Негізінде айнымалы жүктеме кезінде беріктік жүктеу циклдер санына, кернеудің амплитуда өзгерісіне, сынақ өтіп жатқан үлгілер формасы мен өлшемдеріне, олардың материалына, беттік жағдайларына, жүктеу (иіліс, бұралу) түріне, сынақ жүргізілетін орта қасиетіне және т.б. байланысты болады.



5.6-сурет. Бірқалыпты ішкі (а) және гидростатикалық (б) қысым кезіндегі қабықшаның кернеулі күйін есептеу схемалары

Сфералық қабықша үшін

$$\sigma_x = r_2 = r.$$

Бірқалыпты ішкі қысым кезінде (5.6, а-сурет) жасаушының бойындағы кернеу және айналма бағыттағы кернеу өзара тең болады:

$$\sigma^2 = s = \sigma = \frac{pr}{2d}, \qquad (5.7)$$

бұл жерде r — қабықшаның ішкі радиусы.

Гидростатикалық қысым кезінде (5.6, *б*-сурет) ең көп кернеу түптің ең төменгі нүктесінде болады

бұл жерде r — радиустың түбі.

(5.4), (5.6) және (5.7) теңдеулер негізгілер болып табылады және кез келген формадағы қабықшаларды есептеу үшін қолданылады.

Моментсіз екі осьті кернеулі күйде тұрған қабықшалардың беріктігі келесі формула бойынша тексеріледі

$$\sigma_{экв} = V\sigma 1^2 - \sigma 1\sigma 2 + s2 < [\sigma], \text{ или } \sigma_{экв} < R, \qquad (5.9)$$

бұл жерде $\sigma_{экв}$ — эквивалентті кернеу.

Сонымен қатар келесі шарттар сақталуы тиіс

$$\sigma < [\sigma] \text{ немесе } \sigma_1 < R;$$

$$v$$

$$2 \quad < [Op], \text{ немесе } s_2 < R.$$

5.3. ДӘНЕКЕРЛЕНГЕН БОЙЛЫҚ РЕЗЕРВУАРЛАР

Осы шарттарды анықтайтын В. Г. Шуховтың ережелер байланысты, резервуардың оңтайлы пішін мынадай коэффициенттер H / D үшін белгіленген: сыйымдылығы 100...600 м^3 H/D = = 1/1... ¼ резервуарлар үшін; сыйымдылығы 10 000 м^3 — H/D = = 1/2.1/5 дейінгі резервуарлар үшін. Сонымен қатар резервуардың биіктігі табақтардың ені екі есе биік (1400 немесе 1500 мм) болуы тиіс. Үлкен резервуарлардың ең оңтайлы биіктігі (10000 м^3) шамамен 12 м құрайды, яғни 1 500 мм-ден сегіз белбеуді құрайды. Алайда дайындау технологияларының талаптарын ескере отырып, сыйымдылығы 100-ден 2 000 м^3 дейінгі резервуарлардың типтік жобалары қабырғалар биіктігінің 5 920-дан 11 845 мм дейін өзгеруін қарастырады, ал едәуір ірі резервуарларда (50 000 м^3 және одан көп) биіктік көбіне тұрақты болып қалады, әдетте, 18 м аспайды.

Резервуарлардың мойынтіректерінің құрылымы өз салмағымен есептеледі; қар, жел және сейсмикалық жүктеме; жылу оқшаулау массасы және жабдықтардың жергілікті жүктемесі; сақталатын өнімдердің гидростатикалық қысымы; артық қысым және вакуум. Есептеген кезде: қар жүктемесі— 1,4; жел жүктемесі— 1,2; конструкцияның меншікті массасы— 1,1; жабдықтардың және қызу шығармау массасы — 1,2; бу мен вакуумның қысымы— 1,2; гидростатикалық қысым үшін — 1,1 артық жүктеу коэффициенттері ескеріледі.

Беріктіктің энергетикалқ теорииясына сәйкес

$$\text{Оэкв} = >10{,}5(1 - S)^2 + (2 - s_3)^2 + (3 - s)^2, \qquad (5.10)$$

бұл жерде o_1, o_2, s_3 — басты кернеулер.

Формулаға сәйкес (5.10) және цилиндр қабықшалар үшін қажеттігін ескере отырып

$$\text{есеп} = \frac{pD^{\wedge}/3}{2{,}31[a]ф' - p'} = 45 \qquad (5.11)$$

5.1-кесте. Дәнекерленген жіктер j' беріктігінің коэффициенттері (МЕМСТ 14249-89)

Дәнекерленген жік типі	Бақыланатын жіктердің жалпы ұзындықтан пайыздағы ұзындығы	
	100	0 СП 0
Автоматты және механикалық дәнекерлеумен орындалған түйіспе немесе екі жақты тұтас дәнекерленген таврлы	1,0	0,9
Жіктерді түптері қолмен орындалған тұтас дәнекермен екі жақтан дәнекерленген түйіспе немесе таврлы	1,0	0,9
Дәнекерлеу барысында жіктің түбірі жағынан металл төсемі болатын және жіктің ұзындығын бойлай негізгі металға жапсарлас жатқан тек бір жағынан ғана қолжетімді түйіспе дәнекерлеу	0,9	0,8
Бір жағынан с флюсті немесе керамикалық төсемемен автоматты және механикалық дәнекерлеумен орындалған түйіспе	0,9	0,8
Бір жағынан қолмен орындалатын түйіспе	0,9	0,65
Дәнекерленетін бөлшектердің конструкциялық саңылаулары бар таврлы қосылыс	0,8	0,65

$$^{d} — ^{есеп} + ^{c},$$

бұл жерде *с* — қалыңдығы 20 мм кем емес қабырғалар үшін ғана енгізілетін үстеменің жалпы мәні:

v

$$c = c + C2 + Cз,$$

бұл жерде c_1 — коррозияны немесе эрозияны өтеуге арналған үстеме; c_2 — минустық шекке үстеме; c_3 — технологиялық үстеме.

Ішкі қысымды қабылдап алатын ыдыстың 8 цилиндрлік бөлігі қабырғаларының қалыңдығы Ростехқадағалау қағидаларымен бекітілген формула бойынша анықталады:

$$8 = \frac{2pг}{2,3[o]ф' - p} + c,$$

бұл жерде p — есептік қысым; $г$ — цилиндрдің ішкі радиусы; [o] — рұқсат берілетін кернеу.

Тексеру есептерінде

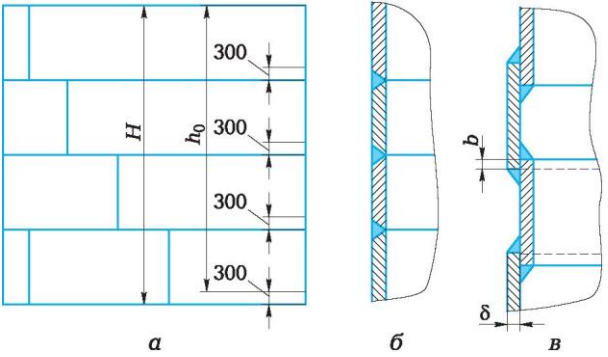
$$P = \begin{matrix} 2,3(8 - c)ф[o]; \\ 2г+(8 - c) ; \end{matrix} \qquad (5.12)$$

$$\frac{p[2г + (8 - c)]}{2,3(8 - c)ф} \qquad (5.13)$$

бұл жерде $o_{прив}$ — ыдыстың цилиндр бөлігінің қабырғасында ішкі қысыммен келтірілген кернеу; ф — резервуар материалына арналған беріктік коэффициенті.

Рұқсат берілетін кернеу қабылданады

$$[o] = h№ \qquad (5.14)$$



5.9-сурет. Резервуардың дәнекеренген қосылыстарын орындау схемалары:
а — резервуарды ернеушелерден монтаждаудың жалпы схемасы; *б* — ернеушелерді түйісті жіктермен жалғау схемасы; *в* — айқас қосылысты ернеушелерді жинау схемасы; *H* — резервуардың биіктігі; h_0 — сұйықтықты толтыруға болатын резервуардың биіктігі; *b* — айқассалындардың мөлшері; 5 — резервуар қабырғасының қалыңдығы

бұл жерде h — ыдыстың конструкциялық және пайдалану ерекшеліктерін ескеретін түзету коэффициенті, h = 0,85...1,0; $[s]^{и}$ — номиналды рұқсат берілетін кернеу.

Резервуар қабырғасының белдігі беріктікті қамтамасыз ету шартымен (шекті жағдайлардың бірінші тобы бойынша) келесі формула бойынша есептеледі немесе бұл жерде $g_{f\,1}$ — гидростатикалық қысымға арналған жүктеме бойынша сенімділік коэффициенті, $g_{f\,1}$ = 1,1; $g_{f\,2}$ — ішкі артық арналған жүктеме бойынша сенімділік коэффициенті, $g_{f\,2}$ = 1,15; *p* — есептелген ішкі қысым; *x* — резервуарды толтыру деңгейі; p_0 — пайдалану кезінде ішкі қысымның есептелген қысымнан рұқсат етілген асып кетуі; *Г* — резервуардың ішкі радиусы; *m* — жұмыс шартының коэффициенті; R_{WY} — резервуар қабырғасының есептелген кедергісі.

$$^{s} = [°p].$$

Қабықша табағының талап етілетін $8_{тр}$ қалыңдығы

$$\delta_{тр} = \frac{pr}{\left[\sigma'_{p}\right]}$$

ретінде анықталады

бұл жерде *p* — қысым:

$$P = PW$$

бұл жерде *y* — есептелетін қабықша белдігінің төменгі жиегінен резервуарды сұйықтықпен толтырудың биіктігі; *г* — 300 мм қашықтықта орналасқан қимадағы резервуар радиусы.

Резервуар қабырғасының әрбір белдеуінде p есептелген қысым сұйықтықтың гидростатикалық қысымының және бу-ауа кеңістігіндегі артық қысымнның мөлшеріне байланысты анықталады. Әрбір белдеудің есептелген қимасы оның төменгі жиегінен 300 мм жоғары, яғни іргелес белдеудің айналма жіктерінің ықпалы назар алынбайтын қимада орналасқан.

Қалдық кернеу бар болғанда сыртқы күштермен туындаған кернеулерді бөлу сипаттаманың өзгеруіне әкеледі, яғни айнымалы кернеу циклінің сипаттамасы өзгереді. Созу қалдық кернеулер дәнекерлеу қосылыстар мен конструкция төзімділіктерін төмендетеді, ал қысу қалдық кернеулері оларды арттырады.

Дәнекерлеу қосылыстардың төзімділігіне кернеу концентрациясының ықпал етуі концентратордың орналасу орнында нақты кернеулер төзімділігін бағалайтын орта кернеулерден айтарлықтай асып түседі. Бірақ төзімділік әсер етуші кернеулер өскен қатынаста төмендемейді.

Дәнекерлеу конструкциясының төзімділігі кернеу концентрациясына қауіпті әсер етудің алдын-ала болдырмауды екі тәсілмен жүзеге асыруға болады: кернеу концентрациясын қалпына келтіру немесе орташа есептік кернеу шамасын төмендетумен. Бірінші тәсіл өте мақсатқа лайықты, өйткені ол екінші тәсілді қолдану кезінде кернеудің концентрациясын сақтайтын және ең үлкен кернеу төмендегенде кернеу концентрациясын тудыратын себептерді болдырмайды.

Төзімділіктің шегіне жіктер бетінің көрінісі үлкен әсер етеді. Дөңестік түйіспелі жіктерде ол өте төмен тегіс түйіспелі жіктерге қарағанда; түйіспелі жіктерді күшейтуді алып тастағанда немесе оларды өңдеу кезінде жіктердің негізгі металға бірқалыпты ауысуын қамтамасыз ететін тіпті жақсы нәтиже алуға болады.

Таврлық қосылыстардың айнымалы жүктеме кезіндегі беріктігі жиектерді дайындаудың айтарлықтай дәрежесіне байланысты болады. Экспериментті түрде таврлық қосылыстардағы жиектерді дайындамауға қарағанда жиектерді дайындаумен дәнекерленген төзімділік шегі жоғары болады. Жиектерді пісірмеу себептерінен кернеудің концентрациясы болады. Автоматты дәнекерлеумен таврлық қосылыстарды орындау кезінде флюс астымен тереңдікті балқыту көп болады. Осы жағдай айнымалы жүктеме кезінде қосылыстар жұмысын жақсартады.

Айнымалы жүктеме кезінде жұмыс жасағанда айқастырылған қосылыстар мен жапсырылған қосылыстардың беріктігі негізгі металдағы бұрыштық жіктер жанында осы жіктердің көлденең қима жіктер арасында пайда болатын осы түрдегі қосылыстардағы кернеу концентрациясынан, сондай-ақ күштердің бірқалыпсыз бөліну

салдарынан жіктердің ұзындығы бойынша төмен болады.

Эксперименттік жолмен үлкен қалыңдықты дәнекерленетін қосылыстардағы элементтің тозығы жеткен беріктігі төменкөміртекті және көміртекті болаттан жасалған электрқожды дәнекерлеумен орындалған деп белгіленген. Дәнекерлеу элементінің өлшемін ұлғайтумен тозығы жеткен беріктігі бірнеше төмендейді. Бірақ айнымалы жүктеме кезінде дәнекерленген қосылыстардың жеткілікті беріктігі өте жауапты конструкцияларда электрқожды дәнекерлеуді қолдануға ықпал етеді. Үлкен қалыңдықты элементтерді термикалық өңдеу әсіресе терме үйлестірудегі күшейтуді алып тастаумен тозығы жеткен беріктігін көзге түсерліктей арттыруға әкеледі.

Байланыстырушы дәнекерлеуді қолданып орындалған конструкция үшін әсіресе кернеу концентрациясының үлкен маңызы бар. Бұған кернеу концентрациясына жеке алғанда оның сезімталдығына және негізгі метал қасиетінің өзгеруіне аса қатты әсер ететін барлық процестің жылдам өту салдарынан байланыстырушы дәнекерлеу жағдайы ықпал етеді. Сондықтан байланыстырушы дәнекерлеумен орындалған түйіспелі қосылыстардың циклді жүктеме кезіндегі қимылы балқыту дәнекерлеумен орындалған түйіспелі қосылыстардың қимылынан біршама айырмашылығы бар. Яғни, дәнекерлеу қосылыстардың төзімділік шегі балқыту дәнекерлеумен орындалған негізгі метал мен дәнекерленген қосылыстардың төзімділік шегіне жол беретін шөгудің кіші шамасы кезінде алынған шөгу процессінде қалыптасатын бірқалыпты қалыңдауымен түсіндіріледі.

Түйіспелі жердегі негізгі металдың қалыңдауына бірден ауысуы және шөгудің үлкен шамасы кезінде төзімділік шегінің төмендеуі әбден заңға сыйымды. Дәнекерленетін түйіспелерді өңдеу (қалыңдауды алып тастау) сондай-ақ төзімділік шегінің төмендеуіне әкеледі, ол түйеспелерді механикалық өңдеу кезінде жүктелген элемент талшықтарын бұзумен түсіндіріледі. Сондықтан, олар циклдік жүктеме ықпалына ұшырайтын жағдайда механикалық өңдеуге ұшырамайтын үзіліссіз балқытумен байланыстырушы дәнекерлеуден кейін балқыту дәнекерлеумен орындалған түйіспелі қосылыстардың дәнекерлеу қосылыстардан өзгешілігі бар. Нүктелі дәнекерлеу қосылыстар дірілдеу жүктеме кезінде өз қимылымен тойтармалы жүктемеге жақындайды, бірақ оның төзімділік шегі үлкен қаттылық қосылыстар салдарынан тойтармалы қосылыстардың төзімділік шегінен біршама төмен болады.

Алайда нүктелі дәнекерлеу қосылыстарды қолданған кезінде дірілдік беріктіктің белгілі шегінде нүкте диаметрін, қатарлар санын, нүкте қадамын өзгертумен реттеу мүкіндігі бар. Нүктелі қосылыстардың төмен тозығы жеткен беріктігі бірқалыпсыз жұмсалған күштермен ғана емес, сонымен қатар дәнекерлеу нүктесі орналасқан жердегі негізгі

металдың біртектілігі еместігімен де түсіндіріледі. Нүктелі қосылыстар қиық кернеулері бойынша шартты түрде есептелінеді. Алайда айнымалы жүктемемен жұмыс істеу кезінде олардың қирауы дәнекерлеу нүктесі жанындағы аймақтағы металдың үзілу нәтижесінен жүреді. Бұл қираулар кернеудің концентраторларымен туындаған. Әсер ететін күштерге перпендикулярлық бағытта қатардағы нүктелер арасындағы қадам көп болса, соғұрлым кернеудің концентрациясы жоғары және тозығы жеткен беріктігі төмен болады.

Алюминий қорытпалардан жасалған дәнекерлеу қосылыстар төзімділігі өте төмен болуы осы қорытпалар кернеу концентрациясына жоғары сезімталдықпен әсер етуімен түсіндіріледі. Пайдалану тәжірбие негізінде алюминий конструкцияларда айтарлықтай бірқалыпсыз күштер ағынын құратын және кернеу концентрациясын болдырмау табақтардың шет жағындағы жіктер ұштарын тазалау мен орындауды аса тыңғылықты талап ететін қисық түйіспелі жіктерді қолданудан сақтандыру керек.

Титанның төзімділік шегі (концентраторлар жоқ болғанда) сол реттегі аустениттік болаттың алюминий қорытпаларына қарағанда 2 — 2,5 есе көп болады. Дірілдік жүктеме кезінде кернеудің концентрациясындағы титанның сезімталдығы болаттан қарағанда жоғары болмайды. Беттік қақталмаларының төзімділік шегін (болаттан айырмашылығы) төмендетеді.

Есептік қысым

$$p = 1{,}1pg(H - y) + 1{,}2p_и,$$

бұл жерде 1,1 — сұйықтыққа арналған артық жүктеу коэффициенті; H — резервуарды толтырудың толық биіктігі; 1,2 — артық қысымға арналған артық жүктеу коэффициенті; $p_и$ — бу-ауа кеңістігіндегі артық қысым.

Резервуар қабырғасы белдігінің 8 табағының қалыңдығы келесі арақатынаспен анықталады:

$$8 > \quad pr$$

тЯр' бұл жерде *яр* — болаттың маркасына, дәнекерлеу және бақылау әдісіне тәуелді болатын дәнекерленген жіктің есептелген кедергісі.

Қысым неғұрлым аз болса, қабықшаның табақтары соғұрлым жұқа болады. Тиімбі конструкциялау қағидалары бойынша, резервуарлардағы қабықшаның ең жұқа қалыңдығы 4 мм деп есептеледі. Резервуарлардағы сақиналы жіктер біршама аз шиеленіскен.

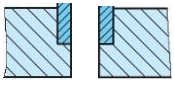
Резервуарларды жобалағанкезде қазіргі уақытта шекті жағдай бойынша берікті есептеу әдісі қолданылады. Сонымен қатар рұқсат берілетін кернеу мына формула бойынша анықталады

$$[° p] = \frac{\text{яр } r}{\text{ф}} \qquad (5.18)$$

бұл жерде n — артық жүктеу коэффициенті.

Э42 типтес электродтармен дәнекерленген, Ст3 болаттан дайындалған резервуарларда жіктерді бақылаудың физикалық әдістерін пайдаланған кезде есептелген кедергі $Я'_р$ = 210 МПа, ал бақылаудың визуалды әдісінде *яр* = 180 МПа тең болады. Жұмыс шартының коэффициенті m = 0,8; сұйықтықтың гидростатикалық қысымына арналған артық жүктеу коэффициенті n = 1,1.

Ила



а *б* *в*

5.10-сурет. Резервуар саңылауларын күшейту мысалдары:
а — келте құбырмен; *б* — қаптамамен; *в* — келте құбырмен және екі қаптамамен

Егер дененің немесе түбінің тесіктері болса, құрылымның жүктемелік қабілеті едәуір төмендетілуі мүмкін. Тесіктерден туындаған әлсіреу үшін өтемақы қабырғаның қалыңдығының ортақ немесе орташа деңгейін жоғарылатады. Соңғысы ең ұтымды және металлды аз тұтынуды талап етеді. Жоғары қысыммен жұмыс істейтін операциялық кемелердің тәжірибесі көрсеткендей, жерсіндірудің жергілікті өтемақы әдісі олардың өмір сүру ұзақтығын арттырудың жеткілікті сенімді құралы болып табылады. Арматураланатын тесіктердің мысалдары күріш. 5.10.

Құмды немесе бетонды іргетасқа орнатылған резервуардың тегіс түбі жұмыс істемейді. Төменгі қабат 4: 8 мм қалыңдықта, цистернаның диаметріне байланысты. Құмды негізде орналасқан қабат сұйықтықтың қысымынан ғана қысылады, сондықтан оның парақтарының қалыңдығы D = 18 м, 8 = 4 мм үшін D = 18 ... 25 м - 5 мм және D> 25 м - 6 мм. Тік қабырғалардың астындағы төменгі бөліктерде көбінесе қалың парақтар қойылады.

Заманауи үлкен танкілерді толтырған кезде, гидростатикалық қысым әсерінен корпус айтарлықтай ұзарады. Сонымен қатар, оның төменгі жиектері радиалды бағытта қозғалады, себебі дене мен түбінің құрылымдық байланысы жасаған шектеулерге байланысты өте аз. Бұл қозғалыстарды есептеу кезінде әдетте назар аударылмайды. Жоғарыда көрсетілген бөлімдерде, екінші жағынан, корпустың қабырғасы сыртқа қарай жылжиды. Кеме диаметріне пропорционалды Бұл радиалды жылжуды есептеу болып табылады. Ірі резервуарларды (10000.20000 м3 сыйымдылығы) құру кезінде диаметрлер айтарлықтай артады және төменгі бөлікте дененің қалыңдығы ұлғаяды, онда шеткі әсердің әсері байқалады. Деформация артады, және байланысты керісінше, қалыңдығын арттыру үшін деформациялық, ол төмендейді. Нәтижесінде танктердің сыйымдылығы ұлғаяды, қосымша жергілікті кернеулер айтарлықтай артады, бұл металдың пластикалық деформациясын тудыруы мүмкін.

Цилиндр бөлігін түбіне жалғау құрылымның жауапты элементі болып табылады. Қосылу нүктесінде М тігінен төменгі қабырғаның қалыңдығына, негіздің қаттылық коэффициентіне және қабырғадан шығып тұрған төменгі пластинаның (консольдің) ұзындығына байланысты момент пайда болады. Шоғырлану нүктесінде шамамен бірлік ұзындығына байланысты туындайтын момент

$$M = 0{,}1pR8.$$

Резервуар қабырғасындағы тиісті кернеулер

$$s = \frac{M}{W} = \frac{0{,}6\,pR}{8}.$$

Түбі корпуспен тоғасытаны жерде көрші учаскелердегі төменгі серпімді қарсылық пен тежеуші деформация салдарынан муфта жоғары мәндерге жетуі мүмкін және олар ығысу күштері мен ығысудың иілу түрінде көрінеді. Олардың анықтамасы раковиналардың сәт теориясының мәселесі болып табылады.

Шеткі әсері үшін, кернеулердің толқын тәрізді демонстрациясы тән, өйткені ол тораптан алыстатылады.

Шекті әсерді есепке алу табақ конструкцияларда маңызды, себебі дәнекерленген қосылыс саласындағы икемділік негізгі металға қарағанда 2,5-3 есе кем.

Пуассонның қатынасы m = 0,3 болатындығын ескере отырып, иілу моментінің есептік мәнін аламыз.

$$Mmax = 0{,}3(pgHy_{H}! + Рпв.сУн2)\text{^}8, \qquad (5.19)$$

бұл жерде $y_{н1}$ — дәнекерленген қосылыстың жұмыс жасау шартының коэффициенті; $y_{н2}$ — артық жүктеу коэффициенті; $р_{пв.с}$ — бу-ауа қоспасының қысымы.

Иілгіш төменгі түпте түйіндесудің бұрыштық жылжуы пайда болады және қабырға қатты қысылады. Бұл жағдайда келесідей болжалды есептеледі

$$^{M}max = {}^{0,1}(Р\text{^}^{H}Ун1 + Рпв.сУн2)^{r8}. \qquad (^{5.20})$$

V

Кернеу төмендегі формула арқылы тексеріледі

$$\sigma = \frac{N\ 6M_m}{d^2}\ \max < mR. \qquad (5.21)$$

Қабырғасының төменгі бөлігіне бекітілген бұрыштық тігістің беріктігін тексеру бүйірлік күш пен сәттің бір мезгілде әрекет етуі үшін шығарылады. Кішігірімдікке байланысты меридионалдь күші қарастырылмайды. Теңіз кесіндісының мәні 0,38 ауқымында алдын ала орнатылған. Кернеу дәнекерленген металдан және фьюжн шекарасында тексеріледі.

Осьсимметриялық иілу деформациясы қабықшаның көлденең қимасы немесе сыртқы жүктемесі тоқтаусыз өзгереді, сондай-ақ қабықшаның басқа құрылыста ұштасатын орындарында орын алады. Мұндай жерлерде шиеленіс жағдайды енді бірден пайда болмаған теориямен сипаттауға болмайды. Раковинаның кішкене қалыңдығына байланысты, сәл кішкене иілу кезіндегі маңызды сәттер болуы мүмкін. Олардың жергілікті сипаты бар, сондықтан мұндай жерлерде кернеулерді сәтсіз жағдайдың стресстерімен иілуден шығару керек.

Жұмыстың икемді кезеңінде қабықшаның кернеулі күйін білу, оның өткізу қабілетін тек қана алыс деңгейге дейін бағалауға мүмкіндік береді.

Материалдың шексіз икемділігін ескере отырып, жергілікті кернеулердің үлкен мәндері жиі кездейсоқ күйдегі кернеулерді ғана емес, сондай-ақ шығымдылық күшінен бірнеше рет асып түседі. Шын мәнінде, жергілікті кернеулердің басым иілу сипаты, материалдың өнімділігі нүктесіне жеткеннен кейінгі маңызы және өздігінен байыту сатысына енгенге дейін жоғарылайды.

Кернеулер генераторға параллель. Цилиндр бөлігін түбіне екі үздіксіз жіктердің қосылуы беріктігін қамтамасыз ететіндігі анықталды, сондықтан, әдетте, осы қосылым үшін беріктікке арнайы есептелмейді.

5.4. БОЙЛЫҚ ЦИЛИНДРЛІК РЕЗЕРВУАРЛАР (ЦИСТЕРНАЛАР)

Горизонталь цилиндрлік цистерналар тігінен қарағанда әлдеқайда нақтырақ металл тұтынуды (сыйымдылық бірлігіне), бірақ салыстырмалы түрде аз көлемде экономикалық тұрғыдан тиімді. Олар жеке кәсіпорындардың шағын мұнай қоймаларында өте кең қолданысқа ие.

Тік цилиндрлік резервуарлар ы 4 м дейінгі диаметрмен және әдетте, екі тіректі, 40 м дейінгі ұзындықпен жобаланады.

Резервуардың $П_{опт}$ оңтайлы ішкі диаметрі пайдалану кезіндегі $p_р$ есептелген қысымға тәуелді болады:

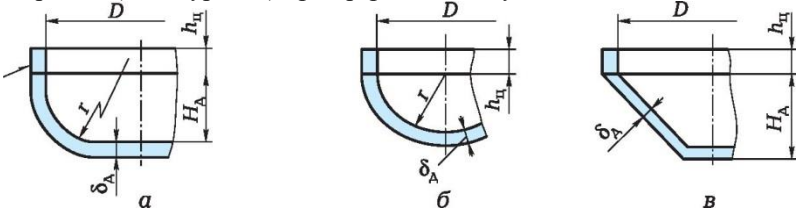
$p_р < 0,07$ МПа $Аз_{пт} = 0,8\hat{}V$ болған кезде;

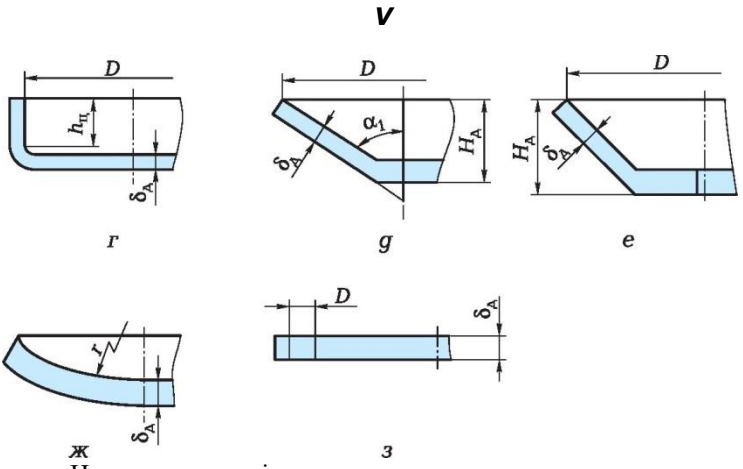
$p_р > 0,07$ МПа $Цз_{пт} = 0,6\hat{}V$ болған кезде,

бұл жерде V — резервуардың сыйымдылығы.

Түптері мен қақпақтары 14249—89 МЕМСТ бойынша, СЭВ 1039—78, СЭВ 1048—78, СЭВ 1041—78 стандарттарымен есептеледі.

Эллипстік көмкерілген (5.11-сурет, а) және жартылай сфералық көмкерілген (5.11-сурет, *б*) түптер үшін есептеуді





5.11-сурет. Цистерна түптерін есептеу схемалары:
а — эллипстік көмкерілген түптер; *б* — жартылай сфералық көмкерілген түптер; *в* — конусты көмкерілген түптер; *г* — цилиндрлік көмкерілген түптер; *д, е* — конусты көмкерілмеген түптер; *ж* — эллипстік көмкерілмеген түп; *з* — тегіс қабырға

$$0,\quad 002 < ?^{\partial}\text{-}^{-C} < 0,1;\ 0,2 < —^{\partial} < 0,5,$$

бұл жерде $8_д$ — түптердің қалыңдығы; *с* — жемірді және жайманы дайындаудың дәлдігін ескеретін түзетулер; *D* — түптің ішкі диаметрі; $H_∂$ — түптің ішкі биіктігі.

Ішкі артық қысыммен жүктелген түптің қабырғасының қалыңдығы:

$$^{5д\,5д\,р} +^{C;\,5д\,р} 2ф'[a] - 0,5p_{р'} \qquad (5.22)$$

бұл жерде $8_{д\cdot р}$ — түбінің есептелген қалыңдығы; $p_р$ — есептелген қысым; ф' — дәнекерленген жіктердің беріктік коэффициенті; түптің шыңындағы қисықтық радиусы

$$r = \frac{D^2}{} \qquad (5.23)$$

болған жағдайда қолдануға болады
$H_д$ = 0,25D эллипстік түптер үшін $r = D$; $H_д$ = 0,5D жартылай сфералық түптер үшін r = 0,5D.

Рұқсат берілетін ішкі артық қысым мынао формула бойынша есептеледі

Егер цилиндрлік көмкерілген бөліктің ұзындығы $h_ц$ >

> 0,8^($8_д$ - c) — эллипстік түп үшін немесе $h_ц$ >

> 0,3^/($8_д$ - с) — жартылай сфералық түп үшін болса, онда түптердің қалыңдығы ф' = 1 болған кезде олармен түйісетін қабықша қабырғасының қалыңдығынан кем болмауы тиіс.

Ішкі артық қысыммен жүктелген сфералық қақпақтар мен түптерді есептейтін формулаларды келесі жағдайларда қолдануға болады

$$\frac{8 - c}{r} < 0,1;\ 0,95D < r \pounds D.$$

Сфералық қақпақтың қалыңдығы r формулалар бойынша есептеледі

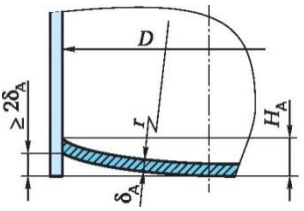
Рұқсат берілетін ішкі артық қысым

$$_{[р]} = \underline{1,73(8- с)[о]ф'}.\ r$$

Сфералық көмкерілмеген түптің қалыңдығы (5.12-сурет) келесі формулалар бойынша анықталады

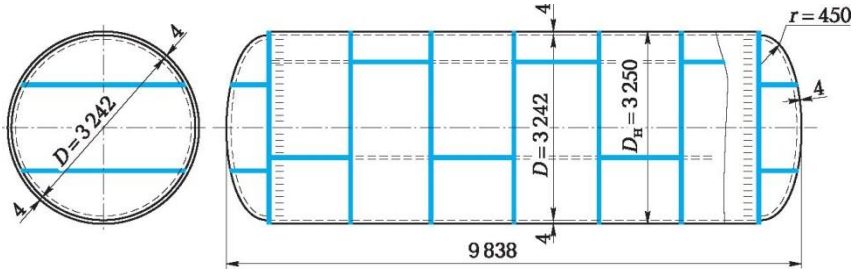
Рұқсат берілетін ішкі артық қысым

$$= \underline{1,38(8- с)[о]ф'}$$



5.12-сурет. Сфералық көмкерілмеген түптің қалыңдығын есептеу схемасы

5.13-сурет. Көлік цистерналарының түптерін конструкциялық ресімдеу схемалары:
а — тегіс; *б* — конустық; *в* — сфералық; *г* — эллипсоид тәрізді



5.14-сурет. Тік цистерна жіктерінің орналасуы

- цистернаның материалы және рұқсат берілетін кернеу;
- технологиялық жабдық пен материалдың массасы.

Есептеу келесі тәртіпте жүргізіледі.

1. Қабықшаның қалыңдығы мен цистернаның түбін есептейді.

Бұрыштық жіктер беріктігіне метал жіктерінің және негізгі металдың механикалық қасиеттерінің айырмашылығы, пісірумен туындаған кернеу концентрациясының коэффициенті, жіктер катетінің өлшемі әсер етеді. Жіктер пластикалық жағдайда болғанда кернеудің концентрацияы беріктікке аз шамада әсер етеді. Сондықтан жіктердің катеті соншалықты өссе және кернеудің концентрация коэффициентінің өсуін бірге алып жүреді, ол беріктіктің пропорционалды өсуіне әкеледі. Беріктікті арттыру тереңдікті балқытуды ұлғайтумен қол жеткізуге мүмкін, ол жіктер катетін арттырумен сәйкес келеді. Қосылыстар беріктігін аса берік жапсырылған материалдарды қолданумен арттырады. Бұрыштық жіктер беріктігі күш бағыттарына байланысты мойын пайда болу себебі мүмкін емес және негізгі металмен жіктердің байланысы салдарынан туындаған үзіп алу жағдайда кернеулік жағдай көлеміділігі ықпал етумен негізінде бұрыштық жіктердің кернеулік жағдай (кесу немесе үзіп алу басымдығы) ерекшелігімен туындайды

Сонымен қатар үзіліссіз жіктерге беріктігі тең үзілісті жіктер үлкен дәнекерлеу деформациясына әкеледі. Үзілісті жіктер сирек жағдайларда ақталуы мүмкін және үзілісті жіктер орнына қалыңдығы аздау үзіліссіз жіктерді қолдану тиімді, бірақ норма бойынша оны қолдануға да кеңес бермейді.

Қанаттық жіктер бойлық күштерді қабылдайды және қиықпен жұмыс істейді. Жіктер ұзындығы бойынша кернеулер біркелкі таралмайды. Егер күш жіктердің барлық ұзындығы бойына таралмаса, онда жіктер ұзындығы 1ш< 50Лш болады, олай болмаса жіктер толығымен жұмысқа қосылмайды.

Кернеудің күрделі жағдайы және кернеудің біркелкі бөлінбеуі дәнекерленетін қосылыстар сапасын төмендетеді, сондықтан маңдайшалы жіктер оның нақты жұмысына байланысты емес шартты

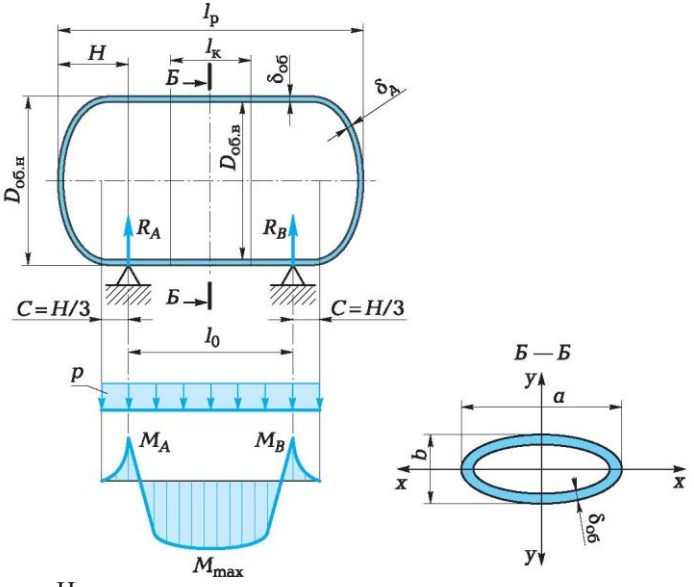
түрде ең үлкен қолайсыз әрекетіне (ең аз биссектрисалық қима бойынша қиық) қатысты болады. Шындығында, осы жіктер күрделі кернеулік жағдайда болады, қосылатын жердегі күш ағындарының майысуына байланысты созылу (сығылу) және кесуге, иіліске жұмыс істейді.

Жұмыстың серпімді сатысында дәнекерлеудің аралас қосылыстарының жеке жіктер арасындағы күштердің бөліну біркелкі жүрмейді. Маңдайшалы жіктер келешекте неғұрлым қатты болатын қанаттық жіктерге қарағанда асқын кернеулілік жағдайда, ал қанаттық жіктерде — асқын кернеулілікке жетпеген жағдайда болады. Бірақ пластикалық деформацияны дамыту кезінде жіктердегі күштер теңестіріледі, күштердің әсер етуіне байланысты емес принцип бойынша материалдың кедергісінен белгілі аралас дәнекерлеу қосылыстарын есептеу жүргізіледі:

Корпустың төменгі бөлігіндегі ең жоғары айналма кернеу

$$\frac{(Pu + P_{Ж}\, g^{2r} 2\,)^{\Gamma} 2}{5\ об} \qquad (5.25)$$

$1_р$ — цистернаның есептелген ұзындығы; H — түбінен тірегіне дейінгі қашықтық (цистернаның асылмасы); $О_{обн}$ —цистерна қабықшасының сыртқы диаметрі; $О_{обв}$ — қабықшаның ішкі



5.15.-сурет. Цистернаны есептеу схемасы:

диаметрі; R_A,
R_B — цистерна тірегінің реакциясы; $5_д$ — түбінің қалыңдығы; $5_{об}$ — цистерна қабықшасының қалыңдығы; C — тіректен қабықшаны түппен жалғастырып тұрған дәнекерленген жіктің осіне дейінгі қашықтық; $1_к$ — цистерна қабықшалары дәнекерленген сақиналар саны; l_0 — тірек осьтері арасындағы қашықтық; p — цистерна қабықшасының бетіндегі ішкі қысым; M_A, $M_д$ — цистерна тіректеріндегі сәттер; M_{max} — цистерна қабықшасындағы максималды иілгіш момент; Б— $Б$ — цистерна қимасы; a, b — цистерна қимасының үлкен және кішкентай осьтері

V

бұл жерде $p_и$ — бу-ауа қоспасының артық қысымы; $р_ж$ — сұйықтықтың тығыздығы; $8_{об}$ — қабықшаның қалыңдығы; $г_2$ — қабықшаның дөңгелек радиусы.

Меридиональді кернеу

$$о_1 = оj + о'' < [о],$$

бұл жерде о1 — түптегі артық гидростатикалық қысымнан болатын кернеу:

$$Oi_1 \sim \frac{(Ри + ржд2г?)^{г}2}{28} \qquad (5.26)$$

о" — бойлық жүктемелердің әсерімен кәдімгі арқалықтағы сияқты резервуардың иілуінен кернеу:

$$\frac{M}{W} \quad \frac{(Л_{рг_2}^{G}2 — + Рж_{1р}}{рг_2^{2}8\ об} \quad (1$$

(5.27)

бұл жерде M — цистерна корпусындағы иілгіш момент; W — корпустың сақиналы кимасының кедергі моменті, W — $рг^{2}8_{об}$; $г$ — 1/2£>$_{об.н}$;

$1_р$ — цистернаның есептелген ұзындығы (габаритті өлшемі), ^{1}p - ppj ' V — цистернаның көлемі; G — корпус пен сұйықтықтың массасы; $р_ж$ — сұйықтықтың тығыздығы; 1_0 — тірек осьтері арасындағы қашықтық, 1_0 - $0{,}5861_р$; C — тіректен қабықшаны түппен жалғастырып тұрған дәнекерленген жіктің осіне дейінгі қашықтық; [о] — цистерна қабырғасының материалы үшін рұқсат берілетін кернеу.

бұл жерде -$О_{об.в}$ және $О_{обн}$ — қабықшаның сәйкесінше ішкі және сыртқы диаметрі; j — дәнекерлеудің әсерін ескеретін коэффициент

5.2-кесте. Созылған кездегі негізгі материалмен салыстырғанда дәнекерленген қосылыстың босаңсуын ескеретін ф коэффициентінің мәні		
Жік	Болат	Ф
Дөңгелек	Кез келген	1,0
Бойлық	Көміртекті, төмен қоспаланған, марганец, хром-молибден, аустенитті	1,0
	Хром-молибден-ванадий, жоғарыхромды	0,8

Цистернаның эллипстік түптерінің қалыңдығын есептеу үшін Ползунов атындағы ОҚҚИ-дің бу қазандықтарына арналған формуласын пайдалануға болады:

$$Д_{№эл} \quad \frac{Рв^{\wedge}об.вн\ ^{\wedge}об.вн}{4[СТ]Ф - р_{в}\ 2h}, c \quad ,$$

бұл жерде *h* — цистерна түбінің дөңес бөлігінің биіктігі, *H - C; c* мәні түптің қалыңдығына байланысты қабылданады.

$$Ркр \quad \frac{2_{E}\ (8_{об.-}}{{}^{D}О6.\ в} \quad \mathbf{d} \frac{}{n^{2} + 0,5 \qquad J} \quad x$$

$$Xi \quad \frac{(\ 2_{I}}{V\ {}^{PD}О6.в\ У} \frac{4}{} + 1 \quad \frac{{}^{4(об\ c\ )}}{11(D_{О6.В})^{2}} \quad \frac{{}^{PD}О6.В\ ^{\wedge}}{27\ J}\ ,$$

бұл жерде *E* — цистерна материалының беріктікң модулі; *1* — қаттылық сақиналарының бұрыштары арасындағы қашықтық; *n* — цистернаның жаншылуы нәтижесінде түзілетін толқындар саны (п = 6 — 8).

Цистернаның тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін

$$Ркр = У$$

$$к \quad Рв$$

шарты орындалуы тиіс

бұл жерде K_y — тұрақтылық запасының коээфициенті, K_y = 5...6.

$$q = \sim \Gamma \frac{Сц + G_T + G_M}{}",$$

бұл жерде $1_р$ — цистернаның есептелген ұзындығы.

Цистерна беріктігінің шарты келесідей болады

$$s_{■} = \sim \frac{M_{max}}{WT^{|s|}},$$

бұл жерде $о_и$ — иілу кезіндегі кернеу; M_{max} — максималды иілгіш момент; W — цилиндрлі формалы цистернаға арналған цистернаның кедергі моменті

$$W = 16\ (Аоб.в/Аоб.н\ )\ ^{(об\ с);}$$

эллипстік формалы цистерналар үшін (a, b эллипсінің сипаттамаларымен)

$$W = \frac{}{32\,a/}(afbj - a^3b); \quad W = -\frac{}{32Ь/}(bj^3a_j - b^3a),$$

бұл жерде $a_j = a + (8_{об} - c)$; $b_j = b + (8_{об} - c)$; сонымен қатар есептеген кезде ең аз мән W алынады.

Егер цистерна үш тірекке орнатылған болса, онда M_{max} үш сәт теңдеуі бойынша анықталады.

2. . Болжаммен алғанда

$$о\ кр = 1{,}37 \wedge \frac{л^2}{^2 о_{об}}$$

V ^об.н у

Игіш жүктемелердің әсерінен цилиндрлі формалы цистернаның тұрақтылық запасының коэффициенті K_y = = $о_{кр}/о > 2$ болуы тиіс. $К_у < 2$ болған кезде цистернаға қаттылық сақиналарын орнату қажет.

3. Сыни қысым бойынша тірек арқылы цистернаның жаншылып қалу мүмкіндігін тексереді:

$$Рк\ р \quad \frac{8kEJ}{D3},$$

^об.н бұл жерде k — керме сырықтары болмаған жағдайдағы коэффициент k = 3, керме жиектері болған жағдайда k = 8; J — ұзындығы l = (20...30)$8_{об}$ төсем табақпен бірге қабырға қимасының инерция моменті.

Төсемдік табаққа келетін нақты меншікті қысым:

$$^{Руд} \quad \frac{R_A}{\wedge\ a'}$$

^об.Ы бұл жерде R_A — тіректің реакциясы; а — тірек қабырғасының қармау бұрышы, әдетте а = 120... 140°.

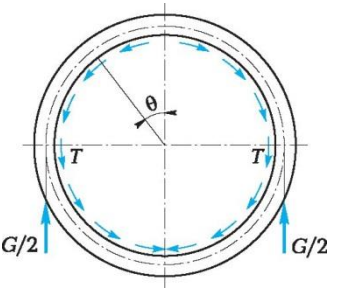
Цистерна қабырғасы тұрақтылығының шарты

$$\frac{V}{\wedge} > 5.$$

Руд

сфералық көмкерілген эллипстік түптер үшін

$$d_{отв} > 0{,}95 \quad 1 - \frac{p_{в} \quad P_{об.в}}{4[o]\ Ё\S об - c} \frac{-}{\frac{Pоб}{2\ h}} -1 \quad \backslash \ y$$



5.16-сурет. Цистерна тірегін қармау бұрышы

5.17-сурет. Ттіреуіш тіректің жүктелу схемасы

Ығыстырушы күштер:
гидростатикалық қысымнан

$$T = 0{,}5рг1^{\wedge}т\ 0;$$

жабдықты резервуардың меншікті ауырлық күшінен

$$T = glpsin\ 0,$$

бұл жерде r — резервуардың ішкі радиусы; 1_p —ұзындығы есептелген резервуара; р — сұйықтықтың тығыздығы; g — $C/(2кг1_p)$ -ке тең резервуар қабықшасы бетінің бірлігінің келтірілген ауырлық күші; G — жабдықты зақымдалған резервуардың ауырлық күші; 0 — сақинаның жоғарғы нүктесінен есептелетін бұрыштық координата.

$$N$$
$$s = 77\ £[o],$$

бұл жерде $А_н$ — кесіктерді есептеген кездегі сақиналы қиманың ауданы.

5.5. ШАР (СФЕРАЛЫҚ) ЖӘНЕ ТАМШЫ ТӘРІЗДІ РЕЗЕРВУАРЛАР

Бағалаудың негізгі принциптері. Дәнекерлеу конструкциясының беріктігі ең алдымен дәнекерлеу қосылыстары мен жіктердің беріктігіне байланысты. Дәнекерленетін жіктерді есептеу кезінде дәнекерлеу конструкцияларды жобалауға арналған қолданыстағы нормативтік құжаттармен қабылданған негізгі жорамалдар бойлық күштер қосылысына әсер ету кезінде дәнекерлеу жік ұзындығы бойынша кернеуді біркелкі бөлу болжауы болып табылады.

Шындығында бұл бөлулер ұзындығы бойынша да біркелкі емес, сол сияқты қалыңдығы бойынша да, бірақ осы біркелкі еместік дәрежесі дәнекерлеу жігінің өлшемдеріне байланысты, сондықтан онымен елемеу мүмкін болмаған жағдайда жіктердің есептеуге енгізілетін өлшемдерін шектеуді белгілейді. Оң температура жағдайында статикалық жүктемеде дәнекерлеу қосылыстармен жұмыс істеу кезінде кернеудің концентрациясына байланысты дәнекерлеу қосылыстардың беріктігіне айтарлықтай ықпал етпейді, оны ережедегі сияқты есептеу кезінде ескермейді. Басқа пайдалану (төмен температура, ауыспалы жүктеме, агрессивтік орта және басқа) жағдайларда беріктікті бағалау кезінде кернеудің концентрациясын ескеру қажет.

Беріктікті бағалау кезінде дәнекерлеу конструкцияларына қойылатын талаптар мен қосылыстар ерекшеліктерін ескере отырып

келесі негізгі принциптерді басшылыққа алу қажет (Н.О.Окербломның классификациясы): **V**

■ яғни дәнекерлеу қосылысы негізгі металмен байланысты және конструкция элементінің бөлігі болып табылады, қосылыстарды есептеу сол және негізгі металға әсер ету күштеріне жүргізу қажет;

жіктердің (бірліктік ұзындығы) әрбір элементарлық учаскесіндегі онымен байланысты негізгі метал учаскесінде әрекет ететін күштерді қабылдайды, қосылыстардағы дәнекерлеу жіктерін қосуға жұмсалған жинақтау күштері деп санауға болмайды, сондықтан есептеуді жіктердің әрбір учаскесі оған жалғасқан негізгі метал учаскесімен беріктігі тең болған кезде жүргізу керек;

дәнекерленетін қосылыстарда есептеу кезінде оның жобалық формасынан емес дәнекерлеу процесінің ықпал етуін және олармен дәнекерленетін деформацияларды шақыруды есепке ала отырып, шындығында алынған формасын қарау қажет;

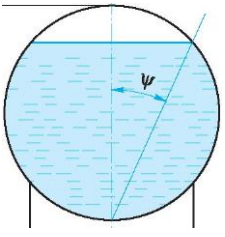
дәнекерлеу қосылыстардың беріктігін есептеу кезінде метал жіктерінің және негізгі металдың номиналдық беріктігінен емес, ал оның дәнекерлеу процесімен туындаған және конструкцияның жеке қосылыс учаскелерін қалған басқа бөліктерімен қосу үшін бірлескен жұмыстарын, қасиеттерінің біркелкі емес екенін ескере отырып, нақты сипатын қарау қажет;

кернеуді жинақтау кезінде қалдық дәнекерлеу кернеумен ішкі жүктемеден туындайтын пластикалық деформацияны ескеру қажет.

Түйіспелі қосылыстарды бағалау. Механикаландыру және қолмен дәнекерлеу кезінде жіктердің сапасы айтарлықтай дайындау технологиясына байланысты. Созуға және иісілке ұшырайтын түйіспелі жіктер тығылықты бақылауға ұшырайтын жағдайда ғана негізгі металға тең беріктікті қабылдайды.

Қысу немесе жылжытуға жұмыс істейтін түйіспелі жіктер ішкі ақаулар ықпал етуіне азырақ ұшырайды және оларға ішкі тексеру және өлшеу, гидравликалық сынақ және т.б., сапаны бақылайтын осындай әдістер жеткілікті.

Түйіспелі қосылыстардың дәнекерлеу жіктеріне, егер метал жіктерінің есептік кедергісі негізгі металдың есептік кедергісіне тең, жіктердің басы және соңы технологиялық деңгейіне жеткізілген, ал жіктің тамыры пісірілген болса есептеу жүргізілмейді.



5.18-сурет. Толтырылған сфералық резервуарды есептеу схемасы: *H* — қондырғының бетінен жоғарғы нүктесіне дейінгі

қашықтық

Сфералық қабықшаның артық қысымға төзімділігін есептеу (5.7) формула бойынша

$$\sigma_1 = \sigma_2 = \left[p_и + p_г (1 - \cos\psi) 2r \right] \frac{r}{2\delta} \le [\sigma],$$

немесе, нақтырақ

(5.28) формула бойынша жүргізіледі

бұл жерде $p_и$ — артық қысым; $p_г$ — гидростатикалық қысым; у — резервуардың азық-түлікпен толу биіктігін анықтайтын бұрыш (5.18-сурет); *r* — қабықшаның ішкі радиусы; 8 — қабықшаның қалыңдығы.

Сфералық резервуарлардың ең төменгі нүктесіндегі қабықша қабырғаларының талап етілетін қалыңдығы

$$8 \_ \frac{Рг + {}^{р}И}{4[о\ р]ф'}$$

ретінде анықталады

немесе бірша нақтырақ мына формуламен анықталады:

$$\delta = \left[p_и + p_г (1 - \cos\psi) 2r \right] \frac{r}{[\sigma'] 2m\gamma_н},$$

(5.29)

Бұл жерде *D* — резервуардың диаметрі; ф' — беріктік коэффициенті; *m* — резервуардың жұмыс жасау жағдайының коэффициенті, *m* _ 0,7; $у_н$ — жарылу қаупіне сенімділік коэффициенті, $у_н$ = 0,9.

r/S < 750 болған кезде

$$O = O < \text{то}_{К}\text{р}. \qquad (5.30)$$

$$O\ \text{кр} = 0{,}1\frac{ES}{r}, \qquad (5.31)$$

бұл жерде E — қабықша материалының беріктік модулі.

$o_{кр}$ мәні R есептелген кедергісінен артық қабылданбайды.

бұл жерде n — тіреулер саны. Онда тіректегі сығушы күш

$$N = \frac{\cos a}{n\ \text{-1 v}}\left| 5{,}2nr^{2}5_{ст}p_{ст} + 0{,}5P_{сн}\text{лг}^{2} + 0{,}5q_{B}\%r^{2\,2}\right|_{nr\ J}, \qquad (5.32)$$

бұл жерде n — тіреулер саны; а — тіреудің тік сызыққа көлбеу бұрышы; $8_{ст}$ — резервуар қабырғасының қалыңдығы; $p_{ст}$ — болаттың тығыздығы; $P_{сн}$ — қар жамылғысының ауырлық күші; q_{E} — желдің жылдамдықтық тегеуріні; H — резервуардың габаритті өлшемі.

$$N_1 = N_2 = \text{const},$$

яғни, тамшы тәрізді резервуарды есептеудің негізіне қабықшаның тең беріктігі шарты қойылған.

Қабықшаға әсер ететін негізгі есептелген жүктеме:

$$P = Pж9(Ь + У)'$$

бұл жерде $p_{ж}$ — сұйықтықтың тығыздығы; g — еркін құлауды жылдамдату; h — сұйықтықтың есептелген бағанының биіктігі; $h = p_{р}/(p_{ж}д)$; $p_{р}$ — резервуарлардағы есептелген қысым; y — қабықшаның шыңынан қарастырылатын нүктесіне дейінгі тік қашықтық (5.19-сурет).

5.19-сурет. Тамшы тәрізді резервуарды есептеу схемасы

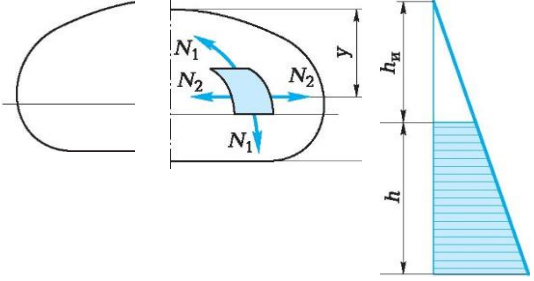
Тамшы тәрізді резервуарлардың беріктігі формула бойынша анықталады: бұл жерде r_1 және r_2 — сәйкесінше меридиональді және дөңгелек қисықтың радиустары; R — дәнекерленген түйіскен жіктің есептелген кедергісі; $Л_и$ — артық қысымға барабар сұйықтық бағанының күші.

Бұрыштық жіктермен есептік қосылыс кезінде олардың шектік жағдайы болып қирату қауіпі саналады, сол уақытта жеке қосылыстар учаскесіне жоғарғы деформациялар жіберілуі мүмкін. Шындығында, статикалық жүктеме түсірілген бұрыштық жіктермен дәнекерлеу қосылыстарда деформация негізінде бір-біріне қатысты қосылған элементтер ығысуынан болады. Қосылыстардағы деформациялау оның ұзындығынан емес оның катетіне байланысты деформацияланатын жіктер қабілеттілігімен анықталады, сондықтан қосылыстардың жіктер ұзындығын ұлғайтумен салыстырмалы деформация азаяды. Жалпы бұрыштық жіктермен дәнекерлеу қосылыстарда негізгі металмен салыстырғанда жүктеу аз деформациямен сипатталады. Сирек жағдайларда үлкен катеті шағын қима жіктерімен элементтерді дәнекерлеу кезінде айқастырып қосылған бөлігі негізгі метал деформациясымен салыстырғанда үлкен деформация болуы мүмкін. Бірақ осы жағдайда дәнекерленген қосылыстардағы жоғарғы деформациялар жалпы элементтің деформациялылығына едәуір ықпал ете алмайды, өйткені бұрыштық жіктермен қосылыстардағы есептік кедергіні белгілеу үшін, созу кезінде оның тұрақсыздық шегі емес метал жіктерінің беріктік шегі негіздеме болып қызмет етеді.

Бұрыштық жіктердің есептік кедергісі дәнекерленетін болат маркасына байланысты емес электродтық материалдардың анықталған маркасы мен түрі үшін тағайындалуы тиіс. Есептік бұрыштық жіктерде балқытылған металдың мөлшерін азайту үшін жіктердің жоғарғы беріктігі мен терең балқытылғанын қамтамасыз ететін электродтық материалдар мен дәнекерлеу түрлерін пайдалануға тура келеді.

Метал жіктерінің шектелген илемділік кезінде пісірілмеген бұрыштық жіктерде кернеуді бөлу тіпті біркелкі болмауы олардың беріктігіне айтарлықтай ықпал етеді. Пластикалық метал қосылыстарын қиратуға алдыңғы айтарлықтай пластикалық деформациясы қима кернеулері бойынша орташа операциялауға және кернеудің концентраторларының әсер етуін назарға қабылдамай ықпал етеді.

5.6.



ҚҰБЫРЛАР ЖӘНЕ ҚҰБЫР ЖЕЛІЛЕРІ

МЕМСТ 27772—88-ге сәйкес, -40... +350 °С температурада және 2,5 МПа дейінгі ішкі қысыммен (агрессивтік орта болмаған жағдайда) жұмыс жасайтын құбыр желілері ВСт3кп2, ВСт3псб, ВСт3Гпс5, ВСт3сп5-2 маркалы төмен көміртекті болаттардан немесе 10Г2С1, 15ХСНД, 09Г2С және т.б. маркалы төмен қоспаланған болаттардан дайындалады, төмен температураларда (-70 °С-ке дейінгі) — 10Г2С1, 15ХСНД, 10ХСНД маркалы төмен қоспаланған болаттардан және төзімділіг жоғары болаттардан,

5.3-кесте. Қолданылатын дәнекерленген құбырлардың өлшемі

Құбырлардың типтері	Диаметрі, мм	Ұзындығы, м
Флюспен автоматты дәнекерлеумен орындалған тік жікпен дәнекерленген	219... 1 620	А тобы— 10.24; Б тобы — 5.24
Флюспен автоматты дәнекерлеумен орындалған шыршықты жікпен дәнекерленген	426... 1 220	10 . 18
Флюспен автоматты дәнекерлеумен орындалған контактілі жікпен дәнекерленген	200.800	6. 12
Дәнекерленген жалпақ жұмаршақталған	100.200	500.2 000

жоғары қысымда (10 МПа дейін) — 10Г2С, 15ХСНД, 14Г2АФ, 16Г2АФ, 12Г2СМФ маркалы болаттардан, едәуір жоғары температураларда (600 °С-тен жоғары) —15ХМ және т.б. молибден болаттардан дайындалады. Агрессивтік орталарда жұмыс жасау үшін құбырлар аустенитті жемір төзімдіой болаттардан, алюминий, титан және басқа қорытпалардан дайындалады.

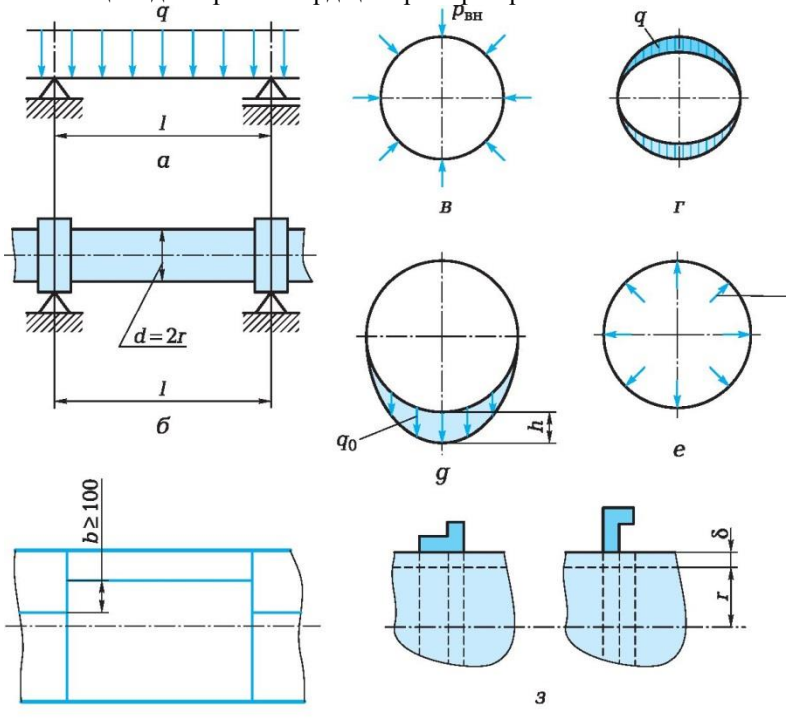
Дәнекерленген құбырларда бойлық және спиральді жіктер болады; құбыр желілерін монтаждаған кезде, жекелеген құбырлар бір-бірімен көлденең сақиналы тігістер арқылы жалғанады (5.20-сурет).

Құбыр желілерінің басым көпшілігіне оларды жобалаған, дайындаған және монтаждаған кезде жоғарын талаптар қойылады, себебі

құбыр желілерінің сапасына, олардың беріктігі мен жұмысқа қабілеттілігіне салынған нысандардың сенімділігі мен төзімділігі байланысты болады.

Көптеген өндірістердің құбыр желілерін пайдалануға тән ерекшеліктерге температуралық режим мен тасымалданатын құралдардың коррозиялық белсенділігін жатқызуға болады. Сондықтан, құбыр жүйелерінің келесі түрлерін бөліп көрсетуге болады:

- стационарлық температуралық режимде жұмыс жасайтын және агрессивті емес орталарды тасымалдайтын;
- стационарлық режимде жұмыс жасайтын және агрессивті орталарды тасымалдайтын;
- анық байқалатын стационарлық емес температуралық режимнің немесе ішкі қысымның пульсациясының салдарынан циклдік жүктемелердің әсеріне ұшырайтын.



5.20-сурет. Дәнекерленген құбырлар:

а, б — есептеу схемалары; *в* — сыртқы қысымда жүктелу схемасы; *г* — қар жүктемесі мен мұзданудағы жүктелу схемасы; *д* — меншікті массасы мен сұйықтық массасынан жүктелу схемасы; *е* — ішкі қысымның әсерінен жүктелу схемасы; *ж* — дәнекерленген жіктердің орналасу схемасы; *з* — қаттылықтың сақиналы қабырғалары; *q* — бөлінген жүктеме; *l*

— тіректер арасындағы қашықтық; d — құбырлардың диаметрі; $p_{вн}$ — сыртқы жүктеме; $p_в$ — ішкі жүктеме; q_0 — меншікті массасы мен сұйықтық массасынан бөлінген жүктеме; h — меншікті массасы мен сұйықтық массасынан деформация; b — түйісетін құбырлардың бойлық жіктерінің ығысуы; r; 5 — құбыр қабырғаларының қалыңдығы

Пластикалық деформацияларды шектеу үшін ҚНжҚ II-45—75* құбыр желілерін екінші шекті жай-күй бойынша тексеруді қарастырады. Екінші шекті жай-күй кернеу арқылы беріледі.

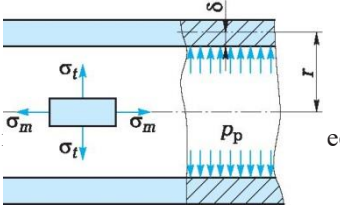
Есептік температурада $Я_и$ уақытша кедергі және $R_у$ аққыштық шегі бойынша құбырдың және жалғастыратын бөліктердің материалының есептелген кедергілерін келесі формулалар арқылы (ҚНжҚ 2.04.12—86) анықтау қажет:

$R_и$

^{у} $t_и$ $У$ м

_RL

^{у} ty ^{у} м



5.21-сурет. Жұқа есептеу схемасы

Әдетте, құбыр желілері статикалық жүктемеге есептеледі.

Жұқа қабырғалы құбыр желілері үшін, сол сияқты цилиндр үшін де (5.21-сурет) беріктікті есептеу моментсіз теория бойынша жүргізіледі. Лапласе теңдеуіне сәйкес

$$\sigma_m = 0; \quad \sigma_t = \frac{rp_p}{\delta} \tag{5.34}$$

бұл жерде s_m и s_t — сәйкесінше, меридиональді және айналма кернеу; p_p — құбырдағы жұмыс қысымы; *г* — құбырдың радиусы; 8 — құбырдың қалыңдығы, 8 = const.

$$S_{кр} = \frac{kE}{г}$$

бұл жерде *k* — қиманың геометриясы(г/8 қатынасы) мен салыстырмалы айналма кернеуге тәуелді коэффициент $s_t = p_э г/8$:

k = 0,6 1 + 0,005 - 0,005 1 + 6ËÈ8

бұл жерде $p_э$ — құбыр желісіндегі пайдалану қысымы; E — құбыр материалы иілгіштігінің модулі.

Рв $\frac{25p_т}{D}$ бұл жерде $o_т$ — ось бойымен созған кездегі материалдың аққыштығының шегі; D = = D_n - 8 = DJJ + 8 — құбырлардың орталық бетінің көлденең қимасының диаметрі; D_K және $D_в$ — құбырлардың сыртқы және ішкі диаметрінің номиналды шамасы.

Мұндай жағдайда құбыр желілері тік цилиндрлік резервуарлар сияқты есептеледі.

$$o_T = a_T ATE £ [o] \qquad (5.35)$$

бұл жерде $a_Т$ — құбыр материалын сызықты кеңейту коэффициенті; АТ — температуралардың әркелкілігі (ысытқан кездегі оң).

Егер құбыр меншікті ауырлық күшінен және сұйықтықтың ауырлық күшінен M иілгіш моментін сезінетін болса (5.20, *а, д*-суретті қараңыз), онда есептеген кезде иілуден болған кернеуді ескеру қажет

бұл жерде W — құбырдың сақиналы қимасының кедергі моменті.

Құбырдың көлденең қимасындағы жиынтық кернеу

$$o = op + o_m + oм £ [o], \qquad (5.36)$$

бұл жерде o_p — құбырдағы сыртқы қысымнан туындайтын ең көп айналма кернеу.

бұл жерде J_1 — ұзындығы 1 м құбыр желісі қабырғасының көлденең қимасының меншікті осіне қатысты инерция моменті; рн және рв — сәйкесінше, сыртқы және ішкі қысым.

Бұл жағдайда сыни қысым

$$Ркр = \frac{3EJ}{3J} < 1{,}7(Рн - Рв), \qquad (5.38)$$

бұл жерде *1* — қатайту қабырғалары арасындағы қашықтық; *J* — а = 1,6-\/r5 ұзындығындағы қатайту сақиналары мен қабықшаларының инерция моменті.

Технологиялық құбыр желілерін есептеу есептелген ішкі диамтерді анықтаудан басталады

$$D = \frac{40}{160W} \qquad (5.39)$$

бұл жерде *0* — өнімнің жұмсалуы, $м^3$/сағ.; *v* — жабысқақтығына байланысты құбыр желісіндегі газдың немесе сұйықтықтың ағу жылдамдығы, сұйықтық үшін *v* = 0,5...2,5 м/с, газдар үшін *v* = 3...60 м/с.

Есептеу нәтижесінде алынған ішкі диаметр стандартты шартты өтуге дейін дөңгелектенеді.

Құбыр қабырғасының $8_р$ есептелген қалыңдығы келесі формула бойынша анықталады

$$5_{5р} = \frac{PpD}{2j[s] + pp'} \qquad (5.40)$$

немесе, егер шартты қысым $р_у$ алдын ала берілген болса:

$$5_р = \frac{pD}{2ф[o^{20}] + p_у} \qquad (5.41)$$

бұл жерде $р_р$ және $р_у$ — құбыр желісіндегі есептелген және шартты ішкі қысым; $Р>_н$ — құбырлардың сыртқы диаметрі; ф — есептелген беріктік коэффициенті; [°] және $[o^{20}]$ — есептелген және қалыпты температураға сәйкес құбыр желілеріндегі элементтердегі рұқсат берілетін кернеулер.

Қалыпты температураға келтірілген ішкі қысымнан болатын есептік кернеу: бұл жерде $8_{ст}$ — құбыр қабырғаларының номиналды қалыңдығы; *с* — қабырғаның қалыңдығына үстеме, $с = с_1 + с_2$; $с_1$ — жемір мен тозуға үстеме; $с_2$ — нормативтік құжаттарға сәйкес қабылданған қабырға қалыңдығының ауықтуына минустық рұқсат беруге тең үстеме.

Магистральді құбыр желілері құбырларының қабырғаларының қалыңдығы реттік жуықтау әдісімен анықталады. Бастапқыда қабырғаның қалыңдығының болжалды мәні беріледі, содан кейін бойлық осьтік

кернеулер анықталады.

$$\boldsymbol{V}$$

$$Опр» = -a_T\, DTE + 0{,}25$$

бұл жерде n — жұмыс қысымының артық жүктеу коэффициенті; p — құбыр желісіндегі жұмыс (нормативті) қысым.

Ары қарай, құбырлар металының екіосьтік кернеулі күйін ескеретін коэффициентті анықтайды:

$$У = \frac{(O\ прЫ}{1 - 0{,}75\ \frac{}{1\ {}^{R}i\ J}}$$

бұл жерде R_1 — құбыр материалының есептелген кедергісі.

Онда құбыр қабырғалырының қалыңдығы

$$g = \frac{npD_H}{{}^{2}(i^{R}i + np).}$$

Егер бұл қалыңдық берілген мәнмен сәйкес келмесе, онда есептеу қабырға қалыңдығының төмендегі формулалар бойынша анықталған жаңа мәнін ескере отырып, сол реттілікпен қайталанады.

Дәнекерленген түйістірілген жіктер беріктіктің есептелген коээфициентін ескере отырып, негізгі металға беріктігі тең деп алынады. Келтеқосқышты құбырмен жалғастыратын бұрыштық жіктер төмендегі формула бойынша есептеледі

$$K_{min} = 2{,}1\delta_в\sqrt{\frac{(н - S_в)(S_в - C)}{d}} \quad (5.43)$$

бұл жерде K_{min} — бұрыштық жіктің минималды есептелген өлшемі; $S_в$ — келтеқосқыш қабырғасының есептелген қалыңдығы; $d_н$ — келтеқосқыштың есептелген сыртқы диаметрі; d — келтеқосқыштың есептелген ішкі диаметрі.

Жіктің минималды өлшемі келтеқосқыш қабырғасының қабырғасынан кем болмауы тиіс.

Егер дәнекерленетін элементтердің қалыңдығы 15 мм-ден артық болса, бұрыштық жіктерді пайдалану жиектері міндетті түрде дайындауды талап етеді. Барлық басқа жағдайларда, түйіскен дәндерленген байланыстар қолданылуы тиіс. Егер құбыр желілерінің құрамында иілген элементтер болған жағдайда, иілген жерлерге дәнекерленген жіктерді орналастыруға жол берілмейді. Сондай-ақ келтеқосқыштарды, бұрғылау құбырларын және дәнекерленген жіктердің орындарындағы басқа да ойымдарды, иілген жерлерді орнатуға тыйым салынады.

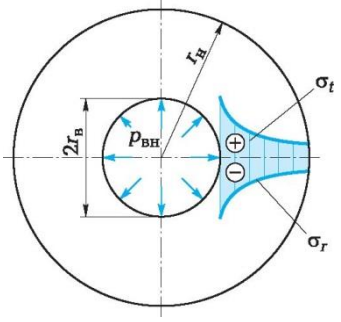
Егер дәнекерленетін құбырлардың немесе бөлшектердің бойлық жіктері бар болатын болса, диаметрі 100 мм-нен асатын құбыр желілерін дәнекерлеген кезде жіктерді сәйкестендіруге жол берілмейді. Осындай элементтерді жинаған кезде, бір-біріне қатысты бойлық жіктерді жылжу құбыр қабырғасының үш есе қалыңдығынан кем емес, бірақ 100 мм кем емес көрсеткішін құрайтындай етіп орналастыру қажет.

Құбыр желілері кейде тіректерге: ақырғы межелерге және ось бағыты өзгеретін жерлерге орнатылатын, бойлық қозғалыстарға кедергі келтірмейтін аралық анкерлерге орнатылады. Тіректердің конструкциялары Dn құбырларының диаметріне байланысты болады. DK = 600 мм болған кезде жылжыма тіректер, DK = = 600 ... 1,500 мм болған кезде – ер тәрізді тіректер, үлкен болған жағдайда (DK> 1,500 мм) – аунақ немесе тербелмелі тіректер қолданылады иә болмаса құбырлар тікелей бағаналардың баулықтарына сүйеніп тұрады.

Өзін-өзі өтеу құбырлардың температуралық деформациясын өтеудің ең кең таралған әдісі болып табылады. Бұл жылу мен ішкі қысым әсерінен магистральдық құбырлардағы шамадан тыс күштерді тіреуіштерге және технологиялық жабдыққа ауыстырмай және металл құбырдағы қауіпті кернеулердің пайда болуынсыз ұзартатын құбырлармен қамтамасыз етіледі. Өзін-өзі өтеу процесінде кернеулі күйлері тік құбырлардан күрт ерекшеленетін тік сызықты, сол сияқты қисық сызықты учаскелердің иілуі орын алады.

Егер S / r> 1/20 болса, онда мұндай құбыр желілері *қалың қабырғалы* деп аталады және бұл жағдайда кернеулердің қабырға қалыңдығының бойымен біркелкі бөлінбеуін ескеру қажет. Бірқалыпты ішкі және сыртқы қысыммен жүктелген шексіз ұзындықты қалың қабырғалы дөңгелек цилиндр қабырғаларында кернеулерді бөлу туралы мәселенің шешімін алғаш рет К.Лям ұсынды.

Жеке жағдайларда қалың қабырғалы құбыр желілерінің құбыр қабырғасындағы кернеудің тек ішкі қысымымен жүктелуі келесі



^{0} г ^{p}в

^{s}t ^{p}в (г? - Гв^2) (Г? 1 1 $^+$р? ' у (5.44)

формулалар бойынша есептеледі

Г - Гв^2)

бұл жерде $o_Г$ — қалыпты радиал кернеу; гв және гн — сәйкесінше, құбырлардың ішкі және сыртқы радиустары; р — қарастырылатын нүктеден цилиндрдің осіне дейінгі қашықтық; s_t — қалыпты жанама кернеу.

Құбыр желісі қабырғасы қалыңдығының бойындағы кернеулер эпюралары 5.22-суретте бейнеленген. Кез келген жағдайда құбыр желісінің беріктігі қарқынды жүктелетін ішкі қабырға арқылы тексеріледі. Энергетикалық теория пайдаланылатын беріктік шарты

эк (5.45)
в

бұл жерде $o_{пред}$ — ол үшін созылған кезде беріктік шегі немесе тұрақсыздық шегі алынатын шекті кернеу.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Табақ конструкциялар қолданысына және жұмыстың сипатына байланысты қалай классификацияланады?
2. Қабықшалы конструкцияларды жобалау және дайындаудың ерекшеліктері қандай?
3. Пластиналар қалай классификацияланады?
4. Қабықшалар қалай классификацияланады?
5. Қабықшаларды есептеудің моментсіз теориясының мәні неде?
6. Лаплас теңдеуінің мәні қандай?
7. Цилиндр қабықшасындағы кернеулер қалай анықталады?
8. Сфералық қабықшасындағы кернеулер қалай анықталады?
9. Қабықшалардың беріктігі қалай тексеріледі?
10. Дәнекерленген бойлық резервуарлардың қолданысы мен конструктивтік ерекшеліктері қандай?
11. Бойлық резервуар қабықшасының есептік қалыңдығы қалай анықталады?
12. Резервуар қабықшасының тексеру есептерінің мәні неде?
13. Резервуар қабырғасы белдігінің беріктігін қамтамасыз етудің шарты қандай?
14. Цилиндрлік резервуарлардағы шеткі әсердің мәні неде?
15. Шеткі әсердің ықпалын азайту үшін қандай әдістер қолданылады?
16. Бойлық резервуарлардың қолданысы мен конструкциялық ерекшеліктері қандай?
17. Цистерналар қандай схемасы бойынша есептеледі?
18. Цистерна формасының орнықтылығы қалай тексеріледі?
19. Цистернаның беріктігі қалай бағаланады?
20. Тік резервуарларды оңтайлы жобалаудың ерекшеліктері қандай?
21. Шар тәрізді резервуарлар неге арналған?
22. Сфералық қабықшаның беріктігінің мәні неде?
23. Шар тәрізді резервуар қабырғасының қалыңдығы қалай анықталады?
24. Сфералық қабықшаның тұрақтылығы қалай тексеріледі?
25. Шар тәрізді резервуардың тіреу бағандары қалай есептеледі?
26. Тамшы тәрізді резервуарлардың конструкциялық ерекшеліктері неде?
27. Тамшы тәрізді резервуарлардың беріктігі қалай бағаланады?
28. Дәнекерленген құбырлар мен құбыр желілерінің қолданысы, жұмыс жасау жағдайы және конструкциялық ерекшеліктері қандай?
29. Құбыр желілерінің беріктігі қалай бағаланады?
30. Құбыр желілерінің орнықтылығын есептеу тәртібі қандай?
31. Құбыр желілерінің дәнекерленген байланыстары қалай есептеледі?

6.1. ДӘНЕКЕРЛЕНГЕН КОНСТРУКЦИЯЛАРДЫ МАШИНАЛАРДЫҢ БӨЛШЕКТЕРІ МЕН ТОРАПТАРЫНДА ҚОЛДАНУ

Дәнекерленген конструкциялардың басқалармен салыстырғанда артықшылықтары оларды машина жасаудың түрлі салаларында кеңінен қолдануға мүмкіндік берді. Дегенмен, машина жасау саласында қолданылатын дәнекерленген құрылымдар бірқатар ерекшеліктерге ие, олар жобалау кезінде назарға алынуы тиіс:

- кең қолданылатын болат маркалары мен қорытпалық сыныктардың диапазоны: көміртекті және төмен қоспаланған болатпен бірге дәнекерлеуге дейін және кейін арнайы өңдеу нәтижесінде алынатын арнайы физикалық қасиеттері бар жоғары қоспаланған болат қолданылады; сондықтан конструкциялардың сапасына жоғары талаптар қойылады;
- машиналардың детальдарында элементтердің өлшемдері көбіне беріктік жағдайымен емес, қатаңдық жағдайымен анықталады. Бұл жағдайда жұмыс кернеуі рұқсат берілгеннен едәуір аз мәнді қабылдайды. Сондықтан материалдарды пайдаланудың айтарлықтай жоғары коэффициентін алуға мүмкіндік беретін жұмыс бөлшектерін, мөлшерін және конфигурациясын пайдалану қажет;
- элементтердің стандартты өлшемдер санының, жалпақ прокаттар қалыңдығының, профильдер санының азаюы технологиялық конструкциялардың негізгі шарты болып табылады;
- Қолданыстағы дәнекерленген конструкциялардың қалдық кернеулері уақытқа байланысты өзгереді. Соның нәтижесінде конструкцияларда деформациялар пайда болады. Сондықтан дәлдіктің ең жоғары дәрежесі бойынша дайындалатын және өңделетін дәнекерленген өнімдер дәнекерлеуден кейін термоөңдеуден өтуі керек;

- Машиналардың дәнекерленген бөлшектерін түпкілікті өңдеу, әдетте, термиялық өңдеуден кейін жүргізіледі;
- дайын бөлшекті ары қарай механикалық өңдемей механикалық өңделген дайындамалдарды құрастыру және дәнекерлеу тек мұқият дайындалған дәнекерлеу технологиясымен ғана пайдаланылуы мүмкін.

Машина жасаудың әр түрлі салаларында қолданылатын дәнекерленген бөлшектер мен конструкциялық формалардың алуан түрлерін ескере отырып, конструкциялар мен бөлшектердің жекелеген түрлерін, атап айтқанда, жүк көтергіш машиналардың барабандарының; дөңгелектерінің, тісті доңғалақтары мен тегершіктерінің есептерін қарастыру керек.

Машиналардың дәнекерленген бөлшектерінің есебі әдетте рұқсат берілетін кернеулер бойынша орындалады.

6.2. ДӘНЕКЕРЛЕНГЕН БАРАБАНДАР

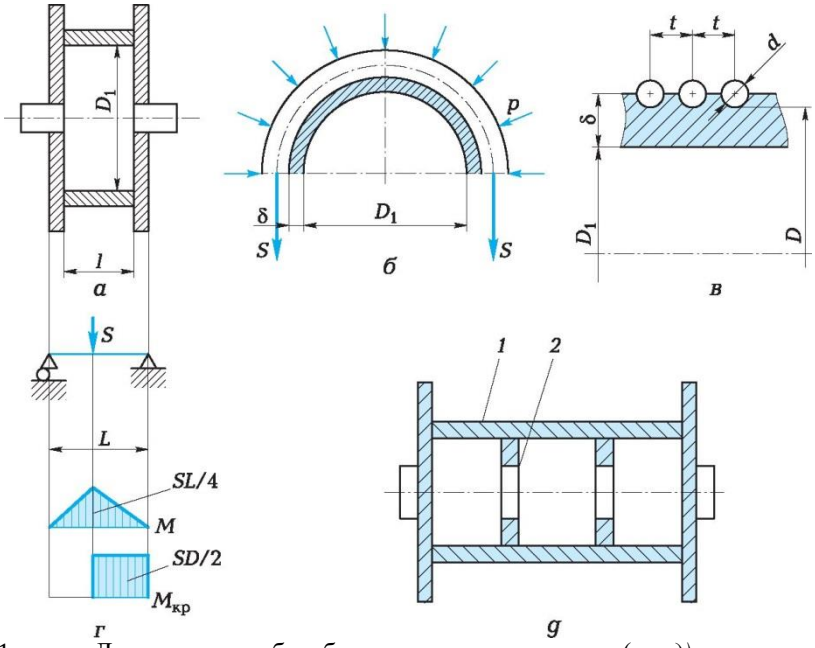
Дәнекерленген барабандар (әдетте, цилиндр тәрізді) диаметріне байланысты жайма профильдерден (құбырлар, табақтар) дайындалады. Барабанның ұзындығы оның қолданысына байланысты болады және 3,0 ...3,5 диаметрді құрайды. Егер 8 барабан қабырғасының қалыңдығы көрсетілмеген болса, оны эмпирикалық формула бойынша белгілейді 8 = 0,0Ш + 0,3 см, бұл жерде D — барабанның сыртқы диаметрі, оны стандартты өлшемге дейін дөңгелектейді, содан кейін есеппен тексереді.

Цилиндрлік барабан (6.1-сурет, а) арқанның керілу әсерімен сығылудың, бұралудың және иілудің күрделі кернеуін сезінеді.

Ұзындығы L <3D барабандарда бұрау және иілу кернеулері, әдетте сығу кернеуінен 10,15% аспайды. Бұл жағдайда барабан тек оның сыртқы бетіне біркелкі бөлінген қысыммен жүктелген сақина ретінде сығылуға ғана есептеледі (6.1-сурет, б). Сақинаның ішкі бетінде туындайтын ең үлкен кернеу келесі формуламен анықталады

$$2pD^2 \qquad (6.1)$$

бұл жерде p — арқанның барабанға түсіретін радиал қысымы, p = 2S/(Dt); S — арқанға максималды күш салу; D және D_1 — сәйкесінше барабанның сыртқы



6.1-сурет. Дәнекерленген барабанды есептеу схемалары (а—*д)*

(жыраның түбімен) және ішкі диаметрі; *t* — ойықтың адымы, *t* = *d* + (2...3) мм; *d* — арқанның диаметрі (6.1, *в*-сурет*).*

8 << D болғандықтан, $D_1 \sim D$ деп алуға болады және *p* мәнін (6.1) формуласына алмастырып қойғаннан кейін кернеудің номиналды мәнін аламыз

$$^{O}c = \frac{S}{\delta^{£|O}d'}$$

бұл жерде [Ос] — механизмнің және барабан материалының жұмыс режимі тобына байланыстыкестелер бойынша қабылданатын рұқсат берілетін кернеу.

Барабанның ұзындығы L> 3D болған кезде, барабан қабырғасындағы кернеулерді иілу мен айналуға тексеру қажет. Барабан барабанның ортасына салынған арқанға S күшімен жүктелген екі тіректі арқа ретінде қарастырылады (6.1-сурет, г). Есептік формулаларды қолдана отырып

$$^{O}max - \frac{M_{z}}{£'|o]};$$

$$\text{Оэкв}\ \tau_{\text{кр}} = \frac{M_{\text{кр}}}{W_{\text{р}}}$$ кр £ [s]

экв

бұл жерде М — иілгіш момент; $M_{кр}$ — айналу кезеңі; *W* және W_p — сәйкесінше барабанның көлденең қимасы кедергісінің осьтік және полярлық моменттері; $\tau_{кр}$ — жанама кернеу айналдырған кезде барабан қабырғасының беріктігін тексереді.

Барабан қабырғасындағы *M = SL/4* в моментінен иілуден болған кернеу

$$\frac{M}{W} \qquad \frac{MD}{0{,}1(D^4 - D^4)'}$$

$M_{кр}$ = SD/2 $_t$ = ^{м}кр = $\underline{м_к D}$

Wp $0{,}2(D^4 - D)'$ моментімен айналдырудан болған кернеу

Арқанның орамдарынан түскен радиал қысыммен жүктелген барабан қабырғалары тұрақтылығын жоғалтуы мүмкін. Бұл жағдайда болат барабанның цилиндр қабырғасындағы сыни кернеу келесідей анықталады

$$\sigma_{кр} = 0{,}92E\frac{\delta}{l}\sqrt{\frac{2\delta}{D}} \le 0{,}8\sigma_{т},$$

(6.2)

бұл жерде *E,* $о_т$ — сәйкесінше материалдың қаттылығы мен аққыштығы модулі; *l* — барабанның цилиндр қабырғасының ішкі бетінде орналасқан бүйір қабырғалар арасындағы немесе бүйір қабырға мен қаттылық сақинасы арасындағы қашықтық (6.1, а-суретті қараңыз).

Егер сыни кернеу рұқсат етілген мәннен асып кетсе, 8 қабырғаның қалыңдығын арттыру немесе барабанның құрылымына қосымша қаттылық элементтерін енгізу керек (6.1, д-суретті қараңыз).

Барабанның түпкі қабырғалы цилиндрлік қабырғаларының қосылыстары жауапты болып табылады, өйткені олар айтарлықтай жұмыс күштерін береді. Бұл жағдайда бұрыштық жіктердің *M* игіш және $M_{кр}$ айналу моменттерінің бірлескен әрекетіне беріктігі келесі формула арқылы тексеріледі

$$\text{sпр} = \bullet x/\text{оЩТзтШ} < [x'j,$$

$$V$$

бұл жерде [x'j — рұқсат берілетін жанама кернеулер.

6.3.

ДӘНЕКЕРЛЕНГЕН ТІСТІ ДОҢҒАЛАҚТАР ЖӘНЕ ТЕГЕРШІКТЕР

Тісті доңғалақтар мен тегершіктерді жобалаған кезде (6.2-сурет) дискіні күпшекпен жалғастыратын жіктер есептік болып табылады. Бұрыштық жікті қосылыстар үшін

$$t = \frac{M_к}{p} < [П$$

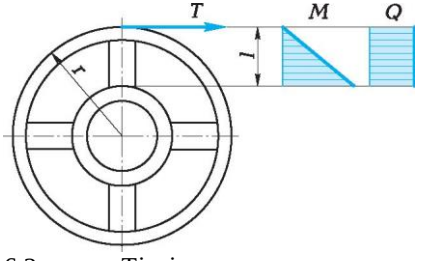
2лРКА бұл жерде $M_{кр}$ — айналу кезеңі, $M_{кр} = Tr$; T — айналу кезеңін тудыратын тегершікке жүктеме; r — дөңгелектің бастапқы шеңберінің радиусы; n — айналма жіктердің саны; р — айналма жіктің шамадан тыс жүктеме коэффициенті; K — бұрыштық жіктің катеті; А — шеңберлі жіктердің есептік ауданы.

Жиектері кесілген қосылыстар үшін ширатудан болатын жанама кернеулер (6.3-сурет)

$$t = \frac{M_{Кр}}{25_д A Л} < M,$$

бұл жерде $5_д$ — дискінің қалыңдығы; А — жік контурының орташа сызығымен қамтылған аудан, $A = ndl/4$; n — дәнекерленген жіктердің саны (дискілер саны); d_G — дискінің диаметрі.

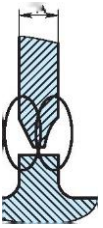
Күпшекті дәнекерленген тегершікті есептеген кезде (6.2-суретті қараңыз) күпшектің саны $a < 4$ болған жағдайда, жалпы күш T



6.2-сурет. Тісті доңғалақтарды және тегершіктерді есептеу схемасы

6.3-сурет. Дәнекерленген тегершікті есептеу схемасы

5,



консоль арқалық сияқты жұмыс жасайтын бір күпшекпен толықтай қабылданады. Бұл жағдайда $T = Q$ (Q — бойлық күш). Бойлық күштің Q әрекетінен кесу кернеуі, әдетте аз болады және есеп тек игіш момент $M = T1$ бойынша жүргізіледі.

$a > 4$ болған кезде, әрбір күпшек үшін

$$a \quad \frac{4M,^{к}p}{a}$$

$$m$$

Күпшек пен күпшек қосылысы үшін — күпшек $M = T1$моментінен және $Q = T$ бойлық күшінен есептелген кернеуді анықтайды.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Дәнекерленген машина жасайтын конструкциялардың ерекшеліктері неде?
2. Барабан қабырғасының беріктігін есептеу тәртібі қандай?
3. Барабан қабырғасының тұрақтылығын тексеру ерекшеліктері неде?
4. Тісті доңғалақтар мен тегершіктердің бұрыштық жіктерінің беріктігі қалай бағаланады?
5. Дәнекерленген күпшекті тегершіктің беріктігін есептеу ерекшеліктері қандай?

1-қосымша

Болат үшін дәнекерленген жіктердегі есептік кедергілер, МПА

Қосылыс типі	Күштің түрі	Болаттың маркасы			
		Ст3	14Г2	10Г2С1	10ХСНД
Түйісті	Қысу	210	290	290	340
	Созу	210/180	290/250	290/250	340/290
Бұрыштық	Кесу	130	170	170	200
		150	200	200	240

Ескерту. Шартты бөлшек алымында келтірілген сандар физикалық әдістермен бақыланатын жіктерген, бөлшектің бөліміндегі сандар — ішкі тексерулерге жатады.

2-қосымша

Дәнекерленген жіктердегі рұқсат берілетін кернеулер

Жіктің типі	Күштің түрі	Дәнекерлеу түрі		
		қолмен, электродтар Э42		Автомат, жартылай автомат, электродтар Э42А
		Өңделмеген	Балқыту жағынан қайта дәнекерлеу	
Түйісті	Созу	0,8[Ор]	0,9[Ор]	[°р]
	Қысу	0,9[Ор]	[°р]	[°р]
Бұрыштық	Кесу	0,6[Ор]	0,65[Ор]	0,65[Ор]

Ескерту. $[\sigma_p]$ — негізінен металдағы созылу кезіндегі рұқсат берілетін кернеу.

St-37 және St-52 маркалы болат үшін рұқсат берілетін кернеулер, МПа

Жіктің типі және бақылау әдісі	Жүктеме түрі	Негізгі жүктеме лерді есепке алу		Негізгі және қосымша жүктеме лерді есепке алу	
		St-37	St-52	St-37	St-52
Түйісті жік, рентгендік бақылау, 100%	Иген кезде осьтік созу	160	240	160	240
	Кесу	90	135	105	155
Түйісті жік, рентгендік бақылау, 50 %	Иген кезде осьтік созу	140	210	160	240
	Кесу	90	135	105	155
Түйісті жік, рентгендік бақылаусыз	Иген кезде осьтік созу	110	170	130	190
	Кесу	90	135	105	155
Бұрыштық жіктер	Кесу	90	135	105	155

Ескерту. Болат маркалары DIN (Германия) стандарты бойынша берілген.

4-қосымша

Болаттың замануаи маркаларының дәнекерленген қосылыстарының механикалық қасиеттері

Болаттың маркасы	Созған кездегі беріктіктің шегі, МПа	Тұрақсыздықтың шартты шегі, МПа	Үзілген кезде салыстырмалы ұзарту, %	KCU соққы тұрақтылығы, кДж/м^2, 20 °С-те
	кем емес		кем емес	
09Г2С	530	340	26	7,4
09Г2	518	416	26	10,2

4-қосымшаның соңы

Болаттың маркасы	Созған кездегі беріктіктің шегі, МПа	Тұрақсыздықтың шартты шегі, МПа	Үзілген кезде салыстырмалы ұзарту, %	KCU соққы тұрақтылығы, кДж/м^2, 20 °С-те
	кем емес		кем емес	
17ГС	580	—	20,7	8,3
15ГСТ	600	420	20	6
12Г2МФТ	660	554	24,7	9,6
12Х18Н10Т	607	304	36,4	8,1
20Х23Н18	590	344	—	11,2
Х17Н13М2Т	566	346	16,1	9,1
15Х22МФ	586	390	—	—
ЭП543	743	509	10,9	8,6
30ХГСА	1570	1430	12,5	6,2

5-қосымша

Төмен қоспаланған болаттың дәнекерленген қосылыстарының төзімділік шегі, МПа

5-қосымшаның соңы

Болаттың маркасы	Жүктелудің симметриялық санындағы төзімділік шегі	Жүктелудің лүпілді (нөлдік) цикліндегі төзімділік шегі
14Г2	97	—
15ГС	108	—
14ХГС	91	—
19Г	89	—
10Г2СД	70	150
09Г2С	78	150

Болаттың маркасы	Жүктелудің симметриялық санындағы төзімділік шегі	Жүктелудің лүпілді (нөлдік) цикліндегі төзімділік шегі
10Г2С1 термиялық өңделген	68	—
10Г2СД термиялық өңделген	68	110
10ХСНД термиялық өңделген	80	160
15ХСНД ыссы илемделген	70	98
15ХГ2СМФ	72	—
М16С	70	128

6-қосымша

Ауыр жүктелген конструкциялардағы рұқсат берілетін қысым, МПа

r	А тобы		Б тобы	
	Созу	Қысу	Созу	Қысу
+1	160	160	160	160
+0,5	160	160	77,4	92,9
0	142	160	45	54
-0,5	105	112	33,8	36
-1	84	84	27	27

Ескерту. *r* — сынақтар циклдерінің асимметрия коэффициенті.

Нүктелі және жікті қосылыстардағы кернеулер концентрациясының тиімді коэффициентінің $K_э$ мәні

Материалы	Материалдың жай-күйі	і бөліктердің қалыңдығы	$K_э$	
			Нүктелі қосылыстар	Жікті қосылыстар
Ст10 болаты	Қалыптанған	3+3	7,5	5
12Х18Н10Т болаты	Беріктетілген	1,5 +1,5	12	7,5
30ХГСА болаты	650 Мпа дейін шыңдалған		12	7
Титан қорытпасы ВТ1	Жектізу жай-күйі		10	5
Алюминий қорытпасы Д16			5,5	2,25

8-қосымша

Температурасы мен қысымына байланысты резервуарларды дайындау үшін болатты таңдау

5-қосымшаның соңы

Болаттың маркасы	Резервуар қабырғасының шекті температурасы, °С	Шекті қысым, МПа
Ст3кп	150	0,6
15К, 09Г2С	450	Шектелмеген
15ХМ	550	
12Х18Н10Т	565	

Әдебиеттер тізімі

1. *Аксельрад Э. Л.* Құбыр желілерінің есебі/ Э.Л. Аксельрад, В.П. Ильин. — Л. : Машина жасау, 1972. — 240 бет.
2. *Куркин С. А.* Қысыммен жұмыс жасайтын дәнекерленген жұқа қабырғалы ыдыстардың беріктігі. — М.: Машина жасау, 1976. — 184 бет.
3. *Лессиг Е.Н.* Жайма конструкциялар / Е. Н.Лессиг, А. Ф.Лилеев, А. Г. Соколов. — М.: Стройиздат, 1971. — 284 бет.
4. *Лихтарников Я. М.* Болат конструкциялардың есебі: анықтама құралы / Я.М. Лихтарников, В.М. Клыков, Д.В. Ладыженский. — Киев : Будивельник, 1976. — 352 бет.
5. *Майзель В. С.* Дәнекерленген конструкциялар / В.С. Майзель, Д.И. Навроцкий. — Л.: Машина жасау, 1973. — 304 бет.
6. Металл конструкциялар: 3 томда. — Т. 1: Болат конструкциялардың элементтері: Оқу құралы / [В. В. Горев, Б. Ю. Уваров, В.В. Филиппов және т.б.]; ред. басқарған В.В. Горев. — М. : Жоғары мектеп., 1997. — 527 бет.
7. Металл конструкциялар: 3 томда. — Т. 3: Арнайы конструкциялар және имараттар: Оқу құралы / [В. В. Горев, Б. Ю. Уваров, В. В. Филиппов және т.б.] ; ред. басқарған В. В. Горев. — М. : Жоғары мектеп., 1999. — 544 бет.
8. Металл конструкциялар. Жалпы курс: Оқулық / [Е. И. Беленя, В. А. Балдин, Г. С. Ведеников және т.б.]; Жалпы ред. басқарған Е. И. Беленя. — М. : Стройиздат, 1985. — 560 бет.
9. *Николаев Г.А.* Дәнекерленген конструкциялар. Дәнекерленген қосылыстар мен конструкция деформацияларының беріктігі / Г.А. Николаев, С. А. Куркин, В.А. Винокуров. — М. : Жоғары мектеп., 1982. — 272 бет.

Негізгі нормативтік құжаттар

1. МЕМСТ 14249—89. Ыдыстар және аппараттар. Беріктікке есептеу нормалары мен әдістері.
2. МЕМСТ 82—70*. Ыссы илемделген кең жолақты болат жайма.
3. ҚНжҚ 2.03.06—85. Алюминий конструкциялар.
4. ҚНжҚ 3.03.01—87. Көтергіш және қоршаушы конструкциялар.
5. ҚНжҚ 2.05.06—85*. Магистральді құбыр желілері.
6. ҚНжҚ 2.04.12—86. Болат құбыр желілерін беріктікке есептеу.
7. МЕМСТ 16037—80. Дәнекерленген болат құбыр желілерін жалғау. Негізгі типтер, конструкциялық элементтермен өлшемдер.
8. ҚНжҚ II.23—81-ге болат конструкцияларды жобалау жөніндегі құрал*.
9. 10 МПа (ҚН 527—80-ге) дейінгі *р* технологиялық болат құбыр желілерін беріктікке есептеу құралы.
10. *ҚН 527—80. 10 Мпа дейінгі* ру *технол*огиялық болат құбыр желілерін жобалау жөніндегі нұсқаулықтар.
11. ҚНжҚ II-23—81*. Болат конструкциялар.
6. ҚНжҚ 3.05.05—84. Технологиялық жабдық және технологиялық құбыр желілері.

Мазмұны

Кіріспе 4

1-тарау. Дәнекерленген байланыстар және тораптар 9

1.1. Металл тораптар мен конструкциялардың беріктігін есептеу әдістері 9

1.1.1. Беріктікті есептеу әдістерін дамыту кезеңдері 9

1.1.2. Рұқсат етілетін кернеулер бойынша беріктікті есептеу 10

1.1.3. Запастың коэффициенті бойынша беріктікті бағалау 16

1.1.4. Шекті жағдай бойынша конструкцияларды есептеу 18

1.1.5. Беріктікті ықтималды бағалау 27

1.2. Дәнекерленген байланыстарды есептеу және жобалау 28

1.2.1. Дәнекерленген байланыстардың типтері 28

1.2.2. Қалдық дәнекерлеу кернеулері 32

1.2.3. Дәнекерленген қосылыстар мен тораптардағы кернеулердің концентрациясы 42

1.2.4. Балқыту әдісімен дәнекерленген қосылыстардың беріктігін бағалау 54

1.2.5. Байланыстырушы дәнекерленумен орындалған қосылыстардың беріктігін есептеу 67

1.2.6. Желімді дәнекерленген қосылыстарының беріктігі 69

1.2.7. Дәнекерленген қосылыстардың тозығы жеткен беріктігі 70

1.2.8. Алюминий қорытпалар қосылыстарының беріктігін бағалау .. 76

2-тарау. Арқалық конструкциялар 82

2.1. Арқалық конструкциялардың жалпы сипаттамасы 82

2.2. Дәнекерленген арқалықтардың қималарын іріктеу және үйлестіру . 85

2.3. Арқалықтардың қималарын өзгерту 94

2.4. Арқалықтардың беріктігін тексеру 97

2.5. Арқалықтардың жалпы тұрақтылығы 100

2.6. Арқалық элементтерінің жергілікті тұрақтылығы 103

2.7. Белдеулік қосылыстарды есептеу 111

2.8. Арқалықтар жапсары 114

2.9. Арқалықтардың тірек бөліктері 117

2.10. Тұйық қималы арқалықтарды жобалау ерекшеліктері 119

2.11. Арқалықтардың басқа конструкциялық шешімдері 129

3-тарау. Дәнекерленген бағаналар мен тіректер 141

3.1. Бағаналардың жалпы сипаттамасы 141
3.2. Орталықтан сығылған бағаналардың сырықтарын есептеу және конструкциялау ... 145
3.3. Орталықтан тыс сығылған бағаналар 153
3.4. Бағаналардың арқалықтары мен баулықтары 157
3.5. Бағаналар жапсары 161
4-тарау. Дәнекерленген фермалар..... 165
4.1. Жалпы мәліметтер 165
4.2. Фермаларды есептеудің жүйелілігі 168
4.3. Типтік фермалардың элементтерін жобалау ерекшеліктері..... 173
4.4. Сырықтарының қималары тұйықталған фермалар 175
4.5. Дәнекерленген фермаларды есептеу және конструкциялаудың негізгі қағидалары 180
5-тарау. Табақшалы (сырықшалы) конструкциялар..... 185
5.1. Жалпы мәліметтер 185
5.2. Жұқа қабықшаларды есептеу теориясының элементтері 189
5.3. Дәнекерленген бойлық резервуарлар 197
5.4. Бойлық цилиндрлік резервуарлар (цистерналар) 209
5.5. Шар (сфералық) және тамшы тәрізді резервуарлар 222
5.6. Құбырлар және құбыр желілері 226
6-тарау. Дәнекерленген бөлшектер және машиналардың тораптары..... 238
6.1. Дәнекерленген конструкцияларды машиналардың бөлшектері мен тораптарында қолдану 238
6.2. Дәнекерленген барабандар 239
6.3. Дәнекерленген тісті доңғалақтар және тегершіктер 242
Қосымшалар..... 244
Әдебиеттер тізімі 249
Негізгі нормативтік құжаттар..... 250

Оқу басылымы

Овчинников Виктор Васильевич

Дәнекерленген конструкцияларды есептеу және жобалау

Оқулық

4-басылым, стереотипті

Редакторлары *Ю.А. Чичов, С. И. Зубкова*
Техникалық редакторы *Н. И. Горбачёва*
Компьютерлік беттеу: *Р. Ю. Волкова*
Корректоры *С. Ю. Свиридова*

Баспа № 104113918. Басуға 25.11.2014ж. қол қойылды. Форматы 60 х 90/16.
«Балтика» гарнтитурасы. Офсеттік қағаз. № 1. Офсеттік баспа. 16,0 ш.б.т.
Таралымы 1 000 дана. Тапсырыс №

«Академия» баспа орталығы» ЖШҚ. www.academia-moscow.ru
129085, Москва, Мир даңғылы, 101В, стр. 1.
Тел./факс: (495) 648-0507, 616-00-29.
Санитарлық-эпидемиологиялық қорытынды № РОСС RU. АЕ51. Н 16592

Оқу басылымы

29.04.2014 ж.

Идел-Престе басып шығарылды.

Арқалықтың екі тіреуіште еркін жатқан Лст қабырғасының биіктігі қаттылық жағдайына байланысты және экономикалық тұрғыдан анықталады.

Арқалық үшін қаттылық нормасы арқалықтың қолданылу мақсатына байланысты әр түрлі болады. Мысалы, кран асты арқалықтарында [/ max / L] <1/600 ... 1/700, қабатаралық жабындардың негізгі арқалықтарында [fmax / L] = 1/400. Арқалықтардың қаттылығы негізінен оның биіктігіне байланысты болады. Қаттылық талаптарын қанағаттандыру үшін арқалықтың биіктігі кейбір шекті шамадан кем болмауы керек. Қаттылық шарттарын қанағаттандыратын арқалықтың биіктігі ең төменгі биіктік деп аталады. Ең минималды биіктік h_{min} жүктеме түрімен және жол берілетін кернеулермен [c] анықталады.

Біркелкі бөлінген жүктемемен жүктелген арқалық q үшін:

$$\frac{h_{min}}{L} \sim \frac{5\,[c_p]\,L}{24\,E\,f'} \qquad (2\ 1)$$

Бұл жерде Е - арқалық материалы серпімділігінің модулі.

Аралықтың ортасына жүгімен шоғырланған жүктемені жүктеу үшін

$$\frac{h_{min}}{L} \quad \frac{Ц^{!}£}{6E} \quad \frac{f}{f} \qquad (2.2)$$

Осылайша, арқалықтағы кернеу неғұрлым көп болса, h / L қатынасы соғұлым көп болуы тиіс. Сондықтан, қандайда бір есептерге байланысты арқалықтың *h* биіктігі шектелген болса, (2.1) кернеулер немесе (2.2) берілген *h/L* және f/L қатынастарында жағдайдың талаптарын қанағаттандыру үшін қиманы дамытуға тура келеді.

Егер h> hmin арқалықты жобалау мүмкін болмаса, онда берілген қатынастарды қанағаттандыратын, биіктігі төмен қиманы таңдап алуға болады.

Тұйық қима арқалықтарын жеткілікті кеңінен қолдану ең алдымен, төмен технологиялық және дайындауға көп еңбек қажет ету салдары ретінде түсіндіріледі. Өйткені өзара-перпендикуляр жазықтықта әрекет ететін иіліс моменттері бірдей болмағандықтан, ереже бойынша, тікбұрышты қорапты қима арқалықтарын жиі қолданады. Иіліс моментінің жуық теңдеу кезінде түтікті қима пайдалану мақсатқа лайық.

Атап айтқанда, қорапты қималарға қарағанда тұйық қималар

шектелген құрылыс биіктігі мен үлкен көлденең күштер кезінде айналатын моменті бар екі жазықтық иілісінде көлденең байланыстар болмаған кезде көлденең бағытта арқалықтың қаттылығын арттыру қажет болған кезде қолданылады. Осындай ұқсас күштер әсер етуімен аталған конструктивтік шектеуге көпірлердің арқалық конструкциялары, өнеркәсіптік құрылыстардың күш элементтері, крандар және т.б.ұшырайды.

Ереже бойынша қорапты арқалық алты ішкі күштерді қабылдай отырып, күрделі кедергі жағдайда жұмыс істейді: N бойлық, Qx және Qy көлденең, Мх және Му иіліс моменттері, Мкр айналатын моменті (2.26-сурет). Қима бойына бірқалыпсыз бөлінген, қимада қалыпты SF,sMx және sMужәне жанама tQx, tQy, ^мкр кернеулер пайда болады.

Қорапты арқалық қабырғалары арасындағы ең төменгі арақашықтығы диафрагманы қосу технологиясы мен шарттарына байланысты. Ереже бойынша, арқалықтарды бұрауға, сондай-ақ горизонталды жазықтықта қаттылыққа ие болуы тиіс. Қорапты көпірлер крандары үшін L/b1< 60 және hci/bl< 3,5 қабылдайды, мұнда bj— арқалық қабырғасының симметрия остері арасындағы арақашықтық.

Арқалықтың құрамалы қорапты массасын азайту үшін 8п белдік және 8ст қабырға қалыңдықтарын бірмезгілде азайту кезінде Ьп

және h өлшемдерін ұлғайту мақсатқа лайық болады. Бірақ 8ст/h және 8п/8ст қатынастарын азайту кезінде қабырғаның немесе белдіктің жергілікті тұрақтылығын жоғалту мүмкін. Қолданыстағы ұсыныстарға сәйкес қиманың өте көп жүктелген нүктелерінде тұрақтылық шегі жергілікті тұрақтылықты жоғалту жүргенше бұрынырақ қол жетімді болады. Осы жағдайда конструкцияның негізгі элементтерін қатаңдық қырлармен нығайту мақсатқа лайық емес.