

Курулуштагы ченемдик документтер тутуму  
**КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН КУРУЛУШ ЭРЕЖЕЛЕРИ**

Система нормативных документов в строительстве  
**СТРОИТЕЛЬНЫЕ ПРАВИЛА КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**АЛЮМИНИЙ КОНСТРУКЦИЯЛАРЫ**  
**КР КЭ 53-102:2023**

**АЛЮМИНИЕВЫЕ КОНСТРУКЦИИ**  
**СП КР 53-102:2023**

Актуализированная редакция СНиП 2.03.06-85  
КЧжЭ 2.03.06-85тин жаңырылган редакциясы

Расмий басылма  
Издание официальное

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН МИНИСТРЛЕР КАБИНЕТИНЕ КАРАШТУУ  
АРХИТЕКТУРА, КУРУЛУШ ЖАНА ТУРАК ЖАЙ-КОММУНАЛДЫК ЧАРБА БОЮНЧА  
МАМЛЕКЕТТИК АГЕНТТИГИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ АГЕНТСТВО АРХИТЕКТУРЫ, СТРОИТЕЛЬСТВА  
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА  
ПРИ КАБИНЕТЕ МИНИСТРОВ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

БИШКЕК 2023

## Сөз башы

1 Кыргыз Республикасынын Министрлер Кабинетине караштуу архитектура, курулуш жана турак жай-коммуналдык чарба мамлекеттик агенттигинин алдындагы (Мамкурулуш) Жер титирөөгө туруктуу курулуш жана инженердик долбоорлоо мамлекеттик институту (ЖТТКИДМИ) тарабынан **ЖАҢЫРТЫЛДЫ**

2 Мамкурулуштун архитектура жана техникалык ченемдөө башкармалыгы тарабынан **КИРГИЗИЛДИ**

3 Кыргыз Республикасынын Министрлер Кабинетинин 2021-жылдын 25-июнундагы №44 токтому менен бекитилген Мамкурулуш жөнүндө жобонун негизинде Мамкурулуштун 2023-жылдын 16-октябрындагы № 177-буйругу менен **БЕКИТИЛИП**, 2024-жылдын 10-январынан тартып **ИШКЕ КИРГИЗИЛДИ**

4 КЧЖЭ 2.03.06-85 «Алюминий конструкциялары»нын **ОРДУНА**

*Мамкурулуштун уруксатысыз ушул курулуш эрежелеринин расмий басылма катары толугу менен же жарым-жартылай көчүрмөсүн жасоого, аларды тираждоого жана таратууга болбойт.*

© Мамкурулуш, 2023

Ушул курулуш эрежелеринин жоболору кайра каралган (алмаштырылган) же жокко чыгарылган учурда, тиешелүү билдирме белгиленген тартипте жарыяланат. Тийиштүү маалымат, билдирмелер жана тексттер жалпы колдонгон маалыматтык тутумдарда – иштеп чыгуучунун расмий сайтында жайгаштырылат.

## Мазмуну

1 Колдонуу чөйрөсү .....	1
2 Ченемдик шилтемелер.....	1
3 Жалпы жоболор.....	3
4 Конструкциялар жана бириктирүүлөр үчүн материалдар .....	5
5 Материалдардын жана бириктирүүлөрдүн эсептик мүнөздөмөлөрү .....	8
6 Алюминий конструкцияларынын элементтерин октук күчтөргө жана ийилүүгө эсептөө .....	22
7 Алюминий конструкцияларынын эсептик узундугу жана чектүү ийилчээктиги.....	37
8 Ийилүүчү жана кысылган элементтердин капталдарынын жана курчоочу такталарынын туруктуулугун текшерүү.....	46
9 Жука такталуу алюминийди колдонуу менен конструкциялардын элементтерин эсептөө .....	57
10 Алюминий эритмелеринен конструкцияларды бириктирүүлөрдү эсептөө .....	64
11 Алюминий конструкцияларын долбоорлоо .....	70
12 Конструктивдик талаптар.....	75
А тиркемеси Алюминий конструкциялары үчүн материалдар жана алардын физикалык мүнөздөмөлөрү .....	81
Б тиркемеси Борбордук-кысылган элементтердин узата ийилүүсүнүн ф коэффициенти .....	85
В тиркемеси Устундардын жалпы туруктуулугун текшерүү үчүн $\varphi_b$ коэффициентин аныктоо .....	87
Г тиркемеси Борбордон тышкары кысылган жана кысылып-ийилүүчү элементтерди эсептөө .....	93
Д тиркемеси Жогорку курчоодогу жергиликтүү жүктөмдө устундардын капталдарынын туруктуулукка эсептөө .....	100
Е тиркемеси Трапеция түрүндөгү гофрлуу такталардын жантык грандарынын туруктуулугун эсептөө .....	103
Ж тиркемеси Ширетүү чекиттеринин кесилишине эсептик көтөрүүчү жөндөмдүүлүк .....	104
И тиркемеси Чондуктардын негизги тамгалык белгилөөлөрү .....	105

## Киришүү

КР КЭ «Алюминий конструкциялары» Кыргыз Республикасынын ушул курулуш эрежелери Кыргыз Республикасынын аймагындагы имараттардын жана курулмалардын алюминий конструкцияларын долбоорлоо боюнча негизги жоболорду камтыйт. Эрежелер жүктөмдөрдүн эселенген таасирине (чарчоо бекемдигине), ошондой эле кыймылдуу же динамикалуу жүктөмдөрдүн түздөнтүз таасирине же 100°Сдан ашык температуранын таасирине дуушар болгон көпүрөлөрдүн алюминий конструкцияларын жана имараттардын жана курулмалардын конструкцияларын долбоорлоого жайылтылбайт.

КЧЖЭ 2.03.06-85 «Алюминий конструкциялары» актуалдаштыруу ишенимдүүлүктүн, бышыктыктын жана үнөмдүүлүктүн зарыл талаптарына жооп берген жалпы критерийлерди жана долбоорлоо ыкмаларын камсыз кылуу, ошондой эле мүнөздөмөлөрү алюминий конструкцияларынын эсептөөлөрүндө ишке ашырылуучу материалдарды жана коштоочу өндүрүмдөрдү пайдалануу максатында аткарылган.

Ушул курулуш эрежелери Кыргыз Республикасынын Министрлер Кабинетине караштуу Архитектура, курулуш жана турак жай-коммуналдык чарба мамлекеттик агенттигинин Жер титирөөгө туруктуу курулуш жана инженердик долбоорлоо мамлекеттик институту (ЖТКИДМИ) тарабынан даярдалды.

КР КЭ 53-102:2023 «Алюминий конструкциялары» курулуш эрежелерин актуалдаштырууга төмөндөгүлөр катышты: Кенжетаев К.И. – т.и.к., Шаимбетов Дж.А. – т.и.к., Мудунова К. К. – инж., Жолбулакова А.Т. – инж.

Мамлекеттик тилге которууну «РК Глобал Групп» ЖЧКсы жүргүзгөн.

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН КУРУЛУШ ЭРЕЖЕЛЕРИ

---

Курулуштагы ченемдик документтердин системасы

**АЛЮМИНИЙ КОНСТРУКЦИЯЛАРЫ**

**Алюминиевые конструкции**

Aluminum structures

КЧжЭ 2.03.06-85тин  
жаңыртылган редакциясы

---

Киргизилген күнү – 2024.01.10

**1 Колдонуу чөйрөсү**

1.1 Бул курулуш эрежелери имараттардын жана курулмалардын курулуш алюминий конструкцияларын долбоорлоонун эрежелерин аныктайт (мындан ары – алюминий жана алюминий кошулмаларынын конструкциялары).

Бул эрежелердин көпүрөлөрдүн алюминий конструкцияларын жана жүктөмдөрдүн көп жолку таасирине дуушар болуучу (чарчоонун бекемдиги) жана ошондой эле кыймылдуу же динамикалык жүктөмдөрдүн же 100°C жогорку температуранын түздөн-түз таасирине дуушар болуучу имараттардын жана курулмалардын конструкцияларын долбоорлоого тиешеси жок.

1.2 Эксплуатациялоонун өзгөчө шарттарында турган конструкцияларды, уникалдуу имараттардын жана курулмалардын конструкцияларын, ошондой эле конструкциялардын атайын түрлөрүн долбоорлоодо ушул конструкциялардын иштөөсүнүн өзгөчөлүктөрү чагылдырылган тиешелүү ченемдик документтерде каралган талаптарды сактоо зарыл.

**2 Ченемдик шилтемелер**

Ушул курулуш эрежелеринде төмөнкү документтерге ченемдик шилтемелер пайдаланылды:

КЧ 53-01:2022 Болот конструкциялар. Долбоорлоонун ченемдери;

КР КЧЖЭ 23-02-00 Курулуш климатологиясы;

КР КЧЖЭ 2.01.07-85 Жүктөмдөр жана таасирлер;

КР КЧЖЭ 2.03.11-85 Курулуш конструкцияларын коррозиядан коргоо;

МАСТ 1759-87 Буроолор, буралмалар, жупбурооложана бурамалар;

МАСТ 2685-75 Куйма алюминий эритмелери. Маркалары, техникалык талаптар жана сыноолордун ыкмалары;

МАСТ 4784-2019 Алюминий жана деформациялануучу алюминий эритмелери. Маркалар;

МАСТ 7796-70 Тактыктын В классындагы кичирейтилген алты кырбет бөрктүү буроолор. Конструкциясы жана өлчөмдөрү;

МАСТ 7798-70\* Тактыктын В классындагы кичирейтилген алты кырбет бөрктүү буроолор. Конструкциясы жана өлчөмдөрү;

МАСТ 7871-2019 Алюминийден жана алюминий эритмелеринен ширетүүчү зым. Техникалык шарттары;

МАСТ 8617-2018 Алюминийден жана алюминий эритмелеринен пресстелген профилдер (капталбеттер). Техникалык шарттары;

МАСТ 10157 -2016 Газ сымал жана суюк аргон. Техникалык шарттары;

МАСТ 10299-80 Тактыгы В жана С класстарындагы жарым жумуру бөрктүү кадоолор. Техникалык шарттары;

МАСТ 10300-80 Тактыгы В жана С класстарындагы жылма бөрктүү кадоолор. Техникалык шарттары;

МАСТ 10301-80 Тактыгы В жана С класстарындагы жарым жылма бөрктүү кадоолор. Техникалык шарттары;

МАСТ 10619-80 Металл жана пластмасса үчүн жылма бөрктүү өзү кесүүчү буроолор. Конструкциясы жана өлчөмдөрү;

МАСТ 10621-80 Металл жана пластмасса үчүн жарым жумуру бөрктүү өзү кесүүчү буроолор. Конструкциясы жана өлчөмдөрү;

МАСТ 13726-97 Алюминий жана алюминий эритмелеринен тасмалар. Техникалык шарттары;

МАСТ 14776-79 Жаа ширетүү. Чекиттик ширетүү бириктирүүлөрү. Негизги түрлөрү, конструктивдик элементтер жана өлчөмдөрү;

МАСТ 14806-80 Алюминийди жана алюминий эритмелерин инерттик газдарда жаа ширетүү. Ширетип бириктирүүлөр. Негизги түрлөрү, конструктивдик элементтер жана өлчөмдөрү;

МАСТ 14838-78\* Муздак кысып чыгаруу үчүн алюминийден жана алюминий эритмелеринен зым. Техникалык шарттары;

МАСТ 15589-70\* Тактыктын С классындагы алты кырбетбөрткүү буроолор. Конструкциясы жана өлчөмдөрү;

МАСТ 15591-70 Тактыктын С классындагы кичирейтилген алты кырбет бөрткүү буроолор. Конструкциясы жана өлчөмдөрү;

МАСТ 17473-80\* Тактыктын А жана В класстарындагы жарым жумуру бөрткүү буралмалар. Конструкциясы жана өлчөмдөрү;

МАСТ 17475-80\* Тактыктын А жана В класстарындагы жылма бөрткүү буралмалар. Конструкциясы жана өлчөмдөрү;

МАСТ 18475-82\* Алюминийден жана алюминий эритмелеринен муздак деформацияланган түтүктөр. Техникалык шарттары;

МАСТ 18482-2018 Алюминийден жана алюминий эритмелеринен пресстелген түтүктөр. Техникалык шарттары;

МАСТ 21488-97 Алюминийден жана алюминий эритмелеринен пресстелген таякчалар. Техникалык шарттары;

МАСТ 21631-76 Алюминийден жана алюминий эритмелеринен такталар. Техникалык шарттары;

МАСТ 22233-1018 Алюминийден жана алюминий эритмелеринен тосмолоочу курулуш конструкциялары үчүн пресстелген профилдер. Жалпы техникалык шарттары.

Э с к е р т ү ү – Бул КЭни колдонууда шилтеме алынчу документтердин иш-аракеттерин текшерүү максатка ылайыктуу:

- жалпы колдонуудагы маалыматтык системада – Кыргызстандарттын официалдуу сайтында, тийиштүү жылга стандартташтыруу боюнча документтердин кварталдык, жылдык Каталогунда;

- курулуш боюнча «Курулуш каталогунун (КК)» Кыргыз Республикасынын территориясында тийиштүү жылга колдонуудагы ченемдик документтеринде.

Эгер шилтемелик документ алмаштырылган (өзгөртүлгөн) болсо, анда бул КЧны колдонгон учурда алмаштырылган (өзгөртүлгөн) документ жетекчиликке алынган ылайык. Эгер шилтемелик документ алмаштыруусуз жокко чыгарылган болсо, анда ага шилтеме берилгендеги жобо бул шилтеме тийиштүү болбогон бөлүгүндө пайдаланылат.

### **3 Жалпы жоболор**

3.1 Алюминий конструкцияларын тосмолоочу жана көтөрүүчү конструкциялар үчүн имараттарды жана курулмаларды курууда жана реконструкциялоодо талаптагыдай техникалык-экономикалык негиздемелөө менен төмөнкү учурларда колдонууга сунуш кылынат:

- имараттардын же курулмалардын тосмолоочу жана көтөрүүчү конструкцияларынын массасын олуттуу төмөндөтүүнүн зарылдыгында;

- имараттардын же курулмалардын конструкцияларына жогорулатылган архитектуралык талаптарды камсыз кылуу максатында;

- жогорулатылган коррозиялык туруктуулукту, төмөнкү температураларда бекемдиктин мүнөздөмөлөрүн сактап калуу, учкундун пайда болуусунун жана магниттик касиеттеринин жоктугун камсыз кылуунун зарылдыгында.

### 3.2 Алюминий конструкцияларын долбоорлоодо сунуш кылынат:

- конструкциялардын техникалык-экономикалык жагынан оптималдуу схемаларын, элементтердин жана деформациялануучу алюминий эритмелерин маркаларынын, техникалык алюминийдин жана куйма эритмелердин кесилиштерин тандап алуу<sup>1</sup>;

- үнөмдүү профилдерди тандап алуу;

- прогрессивдүү конструкцияларды (типтүү же стандарттуу) конструкцияларды колдонуу; тосмолоочу жана көтөрүүчү функцияларды биргелештирген, жука такталуу жана комбинирленген конструкцияларды, стандарттуу элементтерден ж.б. мейкиндиктүү системаларды колдонуу;

- жасап чыгаруунун жана монтаждоонун жогорку технологиялуулугун алдын ала караштыруу;

- аларды жасап чыгаруунун, ташуунун жана монтаждоонун эң аз эмгек сыйымдуулугун камсыз кылуучу конструкцияларды колдонуу;

- эреже катары алардын тынымсыз жасап чыгаруусун колдонуу;

- прогрессивдүү түрлөрдөгү (автоматтык жана жарым автоматтык ширетүүнүн, фланецтик, буроолору менен, анын ичинде жогорку бекемдиктеги, ичмектери бар) заводдук жана монтаждык бириктирүүлөрдү колдонууну алдын ала караштыруу.

3.3 Имараттарды жана курулмаларды долбоорлоодо бүтүндөй имараттардын жана курулмалардын жана ошондой эле алардын айрым элементтеринин ташуу, монтаждоо жана эксплуатациялоо учурунда бекемдигин, туруктуулугун жана мейкиндиктик өзгөрүлбөстүгүн камсыз кылуучу конструктивдик схемаларды кабыл алуу зарыл.

3.4 Алюминий конструкцияларынын элементтерин минималдуу кесилиште жана аларды ушул эрежелердин, мамлекеттик стандарттардын жана пресстелген профилдерге жана түтүктөргө коюлган талаптарды канааттандыруучу пресстелген профилдерден жасап чыгаруу мүмкүндүгүн эске алуу менен долбоорлоо сунуш кылынат.

---

<sup>1</sup> деформациялануучу алюминий эритмелери жана техникалык алюминий шарттуу түрдө “алюминий”, куйма эритмелер – “куйма алюминий” деп аталган.



## 4 Конструкциялар жана бириктирүүлөр үчүн материалдар

4.1 Конструкциялар үчүн алюминийдин маркасын жана абалын (иштетилишинин түрүн) төмөнкүлөргө жараша жүргүзүү сунуш кылынат:

- жүктөмдүн мүнөзүнө жана интенсивдүүлүгүнө, конструкциянын элементтеринин чыңалган абалына, эсептик температураларына жана алюминийдин талап кылынган механикалык касиеттерине;

- алюминийдин химиялык курамына жана анын коррозияга каршы туруктуулугуна;

- жарымфабрикаттардын жасап чыгарылышынын технологиялуулугуна;

- конструкцияларды жасап чыгаруу жана монтаждоо технологиясына;

- архитектуралык талаптарга.

4.2 Алюминий конструкциялары үчүн тиешелүү түрдө 1- жана 2- таблицада көрсөтүлгөн маркадагы жана абалдагы алюминийди колдонуу сунушталат

1 –та б л и ц а

Термикалык бекемделбей турган алюминий	
Алюминийдин маркасы жана абалы	МАСТ, ТШ
АД1М	МАСТ 21631; МАСТ 13726
АМцМ	МАСТ 21631; МАСТ 13726
АМг2М	МАСТ 21631; МАСТ 13726;
АМг2М	МАСТ 18475
АМг2Н2	МАСТ 21631; МАСТ 13726
АД31Т	МАСТ 8617; МАСТ 18482; МАСТ 22233
АД31Т1	МАСТ 8617; МАСТ 22233
АД31Т4	МАСТ 8617; МАСТ 22233
АД31Т5	МАСТ 8617; МАСТ 22233

1– таблицанын аягы

Термикалык бекемделбей турган алюминий	
Алюминийдин маркасы жана абалы	МАСТ, ТШ
1915	МАСТ 8617; МАСТ 18482; МАСТ 22233
1915Т	МАСТ 8617; МАСТ 18482; МАСТ 22233
1925	МАСТ 8617; МАСТ 18482;
1925	МАСТ 22233 МАСТ 8617; МАСТ 18482; МАСТ 22233

Э с к е р т ү ү – Техникалык-экономикалык негиздемелөө болгондо жана аны сыноочу конструкцияларда текшергенден кийин башка маркалардагы жана абалдагы алюминийди колдонууга жол берилет (1-табл. көрсөтүлбөгөн). Эсептик каршылыктарды бул учурда 4-табл. боюнча аныктоо сунушталат.

4.3 Арналышына жараша имараттардын жана курулмалардын конструкциялары төрт топко бөлүнүшөт. Топтор, ага кирген конструкциялардын тизмеси, колдонулуучу маркалар жана алюминийдин абалдары А тиркемесинде келтирилген.

4.4 Курулуш конструкциялары үчүн алюминий жарым фабрикаттарынын түрлөрүн, эреже катары, А тиркемесиндеги 4-таблица боюнча кабыл алуу керек. Алюминий жарым фабрикаттарынын башка түрлөрүн колдонууга аларды жөнөтүүчү заводдор менен макулдашуу шартында жол берилет.

2 – т а б л и ц а

Абалынын белгилениши	Алюминийдин абалы
М	Күйгүзүлгөн (жумшак)
Н2	Жарымнагартталган
Н	Нагартталган
Т	Чыңалтылган жана табигый эскиртилген
Т1	Чыңалтылган жана жасалма эскиртилген
Т4	Толук эмес чыңалтылган жана табигый эскиртилген
Т5	Толук эмес чыңалтылган жана жасалма эскиртилген
<p>Э с к е р т ү ү л ө р</p> <p>1 Жарымнагарттовкалоо жана нагарттовкалоо көбүнчө термикалык бекемделбей турган алюминий үчүн колдонулат.</p> <p>2 Чыңалтуу жана эскиртүү термикалык бекемделүүчү алюминий үчүн колдонулат.</p>	

4.5 Алюминий куйма эритмелеринен куюп алууларды МАСТ 2685 боюнча АЛ8 маркасындагы куйма алюминийден долбоорлоо сунуш кылынат. Алюминий конструкцияларында КР КЭ 53-01 көрсөтүлгөн материалдардан куюп алууларды колдонууга жол берилет.

4.6 Алюминий конструкцияларын ширетүүнүн жаа ыкмаларында электроддук жана присадкалык металлдар катары МАСТ 7871 боюнча СвА1, СвАМг3 жана 1557 маркаларындагы, жана ошондой эле техникалык шарттар боюнча алюминий ширетүү зымдарын колдонуу сунушталат. Электроддук же присадкалык зымды колдонуунун шарттары 8-10 таблицаларда келтирилген.

Коргоочу инерттүү газ катары МАСТ 10157 боюнча А маркасындагы аргонду колдонуу сунушталат.

Тиешелүү техникалык-экономикалык негиздемелөөдө конструкцияларды ширетүү үчүн прогрессивдүү ширеткич материалдарды (зымдар, коргоочу газдар) колдонууга жол берилет. Бул учурда ширетилген бирикмелердеги металлдын эсептик каршылыктары 9 -жана 10- таблицаларда келтирилгендерден төмөн болбошу керек.

4.7 Муздак абалында орнотулуучу кадоолор жана буроолор үчүн алюминийдин маркаларын 3-таблица боюнча кабыл алуу керек.

Болот буроолорду КР КЧ 53-01 талаптарына ылайык колдонуу сунуш кылынат.

Алюминийдин маркасы жана абалы	МАСТ
Кадоолор үчүн: АД1Н; АМг2Н; АМг5пМ; АВТ	МАСТ 10299
Буроолор үчүн: АМг5п АВТ1	МАСТ 14838 МАСТ 21488

4.8 Алюминий конструкцияларында төмөнкүлөрдү колдонуу сунуш кылынат:

- алюминийден жана болот буроолор (техникалык талаптар МАСТ 1759 боюнча) МАСТ 7796, МАСТ 7798, МАСТ 15589 жана МАСТ 15591 боюнча жогорулатылган, нормалдуу жана одоно тактыктагы;

- МАСТ17473, МАСТ17475, МАСТ 15589 жана МАСТ 15591 боюнча нормалдуу тактыктагы буралмалар;

- МАСТ 10299, МАСТ 10300, МАСТ 10301 жана МАСТ 10304 боюнча алюминий кадоолор.

4.9 Курулуш конструкциялары үчүн алюминийдин физикалык мүнөздөмөлөрү А тиркемесинин 2- жана 3 – таблицалары боюнча кабыл алуу сунуш кылынат.

## **5 Материалдардын жана бириктирүүлөрдүн эсептик мүнөздөмөлөрү**

5.1 Плюс 50 дөн минус 65°С чейинки тышкы абанын эсептик температуралары үчүн алюминийдин жана куйма алюминийдин каршылыктарынын эсептик маанилери (эсептик каршылыктар) 5-жана 6-таблицаларда келтирилген, ошол эле учурда жылышууга жана майтарылууга эсептик каршылыктар эсептик каршылыктардын маанисин 5 МПа (50 кгс/см<sup>2</sup>) чейин кыскартуу менен 4-таблицага ылайык белгиленген.

Конструкцияларды эсептөөдө тиешелүү түрдө 15жана 16 таблицаларда келтирилген температуранын өзгөрүүлөрүнүн таасиринин  $\gamma$ , коэффициенттерин жана алюминий конструкцияларынын элементтеринин иштөө шарттарынын  $\gamma_c$  коэффициенттерин, ошондой эле конструкцияларды долбоорлоо учурунда имараттардын жана курулмалардын жоопкерчилик даражасын эсепке алуу

эрежелерине ылайык кабыл алынуучу багытталышы боюнча ишенимдүүлүктүн  $\gamma_n$  коэффициенттерин эске алуу сунушталат.

4– таблица

Чыңалган абалы	Белгилениши	Эсептик каршылык
Чоюлуу, кысылуу жана ийилүү	$R$	$R$
Жылышуу	$R_s$	$R_s=0,6R$
Маңдай беттин майтарылуусу (эп келиштирүүдөн кийин)	$R_p$	$R_p=1,6R$

4– таблицанын аягы

Чыңалган абалы	Белгилениши	Эсептик каршылык
Толук тийишүүдөгү жергиликтүү майтарылуу	$R_{lp}$	$R_{lp}= 0,75R$
<p>* Алюминийдин эсептик каршылыгынын <math>R</math> маанисин агымдуулуктун шарттуу чеги <math>R_y</math> боюнча чоюлууга, кысылууга, ийилүүгө <math>R</math> алюминийдин эсептик каршылыгынын маанилеринин кичинесине жана убактылуу каршылык <math>R_u</math> боюнча <math>R</math> алюминийдин чоюлууга, кысылууга жана ийилүүгө барабар катары кабыл алуу сунуш кылынат. Бул учурда</p> $R_y = R_{yn} / \gamma_m$ $R_u = R_{un} / \gamma_m \gamma_u,$ <p><math>R_{yn}</math>– алюминийге болгон мамлекеттик стандарттар жана техникалык шарттар боюнча <math>\sigma_{0,2}</math> агымдуулуктун шарттуу чегинин мааниси менен бирдей катары кабыл алынуучу алюминийдин ченемдик каршылыгы;</p> <p><math>R_{un}</math>–алюминийге болгон мамлекеттик стандарттар жана техникалык шарттар боюнча <math>\sigma_{0,2}</math> алюминийдин айрылууга болгон минималдуу мааниси менен бирдей катары кабыл алынуучу убактылуу каршылыгынын мааниси;</p> $\gamma_m = 1,1$ $\gamma_u = 1,45$		

5 – т а б л и ц а

Чыңалган абал	Белгилениши	Төмөнкү маркалардагы термикалык бекемделбей турган алюминийдин эсептик каршылыгы $R$ , МПа (кгс/см <sup>2</sup> )					
		АД1М	АМцМ	АМг2М	АМг2Н2		АЛ8 маркасындагы куйма
					такталар	тасмалар	
Чоюлуу, кысылуу жана ийилүү	$R$	25 (250)	40 (400)	70 (700)	125 (1250)	145 (1500)	135 (1400)
Жылышуу	$R_s$	15 (150)	25 (250)	40 (400)	75 (750)	90 (900)	80 (800)
Маңдай беттин майтарылуусу (эп келиштирүүдөн кийинки)	$R_p$	40 (400)	65 (650)	110 (1100)	200 (2000)	230 (2400)	215 (2250)
Тыгыз тийишүүдөгү жергиликтүү майтарылуу	$R_{lp}$	20 (200)	30 (300)	50 (500)	90 (900)	110 (1100)	105 (1050)
Пресстелген жарым-фабрикаттардын жоон тарабына карата чоюлуусу	$R_{th}$	25 (250)	40 (400)	70 (700)	125 (1250)	-	-

6 – т а б л и ц а

Чыңалган абал	Белгилениши	Төмөнкү маркалардагы термикалык бекемделе турган алюминийдин эсептик каршылыгы $R$ , МПа (кгс/см <sup>2</sup> )					
		АД31Т; АД31Т4	АД31Т5	АД31Т1	1935Т	1925; 1915	1915Т
Чоюлуу, кысылуу жана ийилүү	$R$	55 (550)	100 (1000)	120 (1250)	140 (1450)	175 (1800)	195 (2000)
Жылышуу	$R_s$	35 (350)	60 (600)	75 (750)	85 (850)	105 (1050)	120 (1200)

6 – таблицанын аягы

Чыңалган абал	Белгиле-ниши	Төмөнкү маркалардагы термикалык бекемделе турган алюминийдин эсептик каршылыгы $R$ , МПа (кгс/см <sup>2</sup> )					
		АД31Т; АД31Т 4	АД31Т 5	АД31Т1	1935Т	1925; 1915	1915Т
Маңдай беттин майтарылуусу (эп келиштирүүдөн кийинки)	$R_p$	90 (900)	160 (1600)	190 (2000)	225 (2300)	280 (2900)	310 (3200)
Тыгыз тийишүүдөгү жергиликтүү майтарылуу	$R_{lp}$	40 (400)	75 (750)	90 (900)	105 (1050)	130 (1350)	145 (1500)
Пресстелген жарым-фабрикаттардын жоон тарабына карата чоюлуусу	$R_{th}$	55 (550)	100 (1000)	120 (1200)	50 (500)	50 (500)	50 (500)

КР КЧЖЭ 23-02 талаптарына ылайык, тышкы абанын эсептик температурасына эң суук беш күндүктүн орточо температурасы кабыл алынат.

5.2 Алюминий агымдуулуктун чегине жеткенден кийин дагы пайдаланууга мүмкүн болгон конструкциялардын элементтери үчүн такталардын  $R_{pl}$  алюминийинин чоюлууга болгон эсептик каршылыгын 7-таблица боюнча кабыл алуу сунуш кылынат.

7 – т а б л и ц а

Алюминийдин маркасы жана абалы	АД1М	АМцМ	АМr2М
Эсептик каршылык $R_{pl}$ , МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	35 (350)	55 (550)	85 (850)

5.3 Ширетилген, кадоолонгон жана буроолуу бирикмелердин эсептик каршылыктары тышкы абанын плюс 50 дөн минус 65<sup>0</sup> С га чейинки эсептик температуралары үчүн 9-14 таблицада келтирилген.

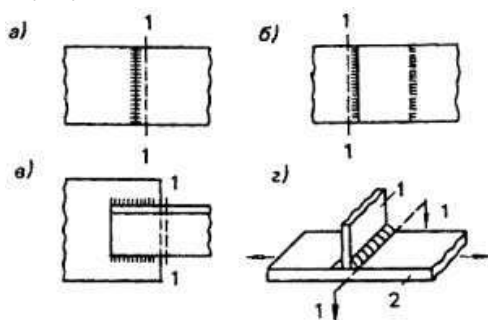
Кадоолор жана буроолор менен бекитилген бириктирүүлөр үчүн (12-14-таблицаарды кара) чоюлууга жана кесилүүгө эсептик каршылыктарды кадоолордун же буроолордун материалы боюнча, ал эми майтарылышы боюнча конструкциялардын бириктирилүүчү элементтеринин алюминийинин маркасы боюнча кабыл алуу сунушталат.

5.4 Аргондук жаа ширетүүдө тигиштерге жакын зоналардагы  $R_{wz}$  алюминийдин эсептик каршылыгын (1-сүр., 1-1 кесилиш) 8-таблица боюнча алууга сунуш кылынат.

5.5 Тигиштердин сапатын физикалык контролдоо (рентгендик же гамма-графирлөө, ультра үн дефектоскопиялоо ж.б) менен аргондук жаа ширетүү аркылуу аткарылган ширетилген бирикмелердин  $R_w$  эсептик каршылыгын 9-жана 10- таблица боюнча кабыл алуу сунушталат.

Сапаты физикалык ыкмалар менен контролдонбой турган беттештирилген (стык) узун тигиштүү ширетүүлөр үчүн эсептик каршылыктардын маанилери 9-жана 10- таблицалар боюнча 0,8 коэффициентине көбөйтүү сунушталат.

5.6.Ширетүү менен туурасынан элементтер бекитилген ширетилген конструкциялардын (1-сүр. кара) беттештирилбеген элементтерин (1-г сүр.)бекемдигин эсептөөдө 9-жана 10- таблица боюнча кабыл алынуучу  $R_w$ , маанисине чейин  $R$  алюминийдин эсептик каршылыгынын маанисин төмөндөтүү жолу менен ушул элементтердин жергиликтүү начарлоосун (термикалык таасир берүү чөлкөмүндө) эске алуу сунушталат.



1-сүр. Конструкцияларды ширетип бириктирүүлөрдүн схемалары

а – беттештирип; б –четтерин үстүнө келтирип маңдайлашкан тигиштер менен; в – четтерин үстүнө келтирип, флангалык тигиштер менен; г – туурасынан элементтин беттешүүсү жок элементке бекитүүнүн схемасы: 1 – туурасынан элемент; 2 – беттешүүсү жок элемент; 1-1 – эсептик кесилиш



5.7 Жука такталуу алюминий конструкцияларында эрип кетүүчү электрод менен контакттуу жана аргондук жаа ширетүүнү колдонууга жол берилет. МАСТ 14776 боюнча эрип кетүүчү электрод менен контакттуу жана аргондук жаа чекиттик ширетүү менен аткарылган ширетүү чекиттеринин кесилишинин алып жүрүүчү эсептик жөндөмдүүлүгү  $J$  тиркемесинде көрсөтүлгөн.

5.8 АД1М, АМцМ, АМг2М маркаларындагы алюминий үчүн контакттуу роликтүү ширетүү менен аткарылган четтерин үстүнө келтирилген ширетүү бирикмелеринин  $R_{wsm}$ , кесилишке эсептик каршылыктарын  $R$  эсептик каршылыктарга барабар катары кабыл алуу сунушталат (5-жана7- табл. кара).

АМг2Н2 маркасындагы алюминий үчүн  $R_{wsm}=(0,9-0,1t) R$  (бул жерде  $t$  – ширетилүүчү элементтердин ичинен эң жукасынын калыңдыгы,мм).

5.9 Муздак абалында көзөлгөн жана кеңейтип көзөлгөн тешиктерге коюлган кадоолордогу бирикмелердин  $R_{rs}$  кесилишине эсептик каршылыктары 11-таблицада келтирилген.

5.10 Көзөлгөн же кеңейтилип көзөлгөн тешиктерге буроолордогу бирикмелердин  $R_{bt}$  чоюлууга жана  $R_{bs}$  кесилишке эсептик каршылыктары 12-таблицада келтирилген.

8 – та б л и ц а

Ширетип бириктирүүнүн түрү	Чыңалган абал	Белгиле ниши	Алюминийдин тигишке жакын зонадагы эсептик каршылыгы МПа (кгс/см <sup>2</sup> )								
			Термикалык бекемделбей турган маркалардын			Термикалык бекемделүүчү маркалардын					
			АД1М	АМцМ	АМг2М; АМг2Н2	АД31Т; АД31Т4	АД31Т5	АД31Т1	1935Т	1915	1915Т
			Төмөнкү маркалардагы электроддук же присадкалык зымдарды колдонуу менен ширетүүдө								
			СВА1	СВАМг3		СВАМг3; 1557			1557		
Беттештирип жана четтерин үстүнө келтирип жана маңдайлашкан тигиштер менен (1,а,б, сүр. кесилиш 1-1)	Чоюлуу, кысылуу жана ийилүү Жылышуу	$R_{wz}$	25 (250)	40 (400)	65 (650)	55 (550)	65 (650)	80 (800)	115 (1150) 120(1250)	140 (1450)	511 (1600)
		$R_{wzs}$	15 (150)	25 (250)	40 (400)	35 (350)	40 (400)	50 (500)	80 (800)	90 (900)	105 (1050)
Флангдык тигиштер менен четтерин үстүнө келтирип	Чоюлуу, кысылуу жана ийилүү	$R_z$	25 (250)	40 (400)	65 (650)	50 (500)	60 (600)* 75(750)*	80 (800)* 105(1050)*	100 (1000)* 105(1050)*	130 (1300)* 140 (1450)*	140 (1450)* 155 (1600)*

8 – таблицанын аягы

Ширетип бириктирүү-нүн түрү	Чыңалган абал	Белгиле ниши	Алюминийдин тигишке жакын зонадагы эсептик каршылыгы МПа (кгс/см <sup>2</sup> )								
			Термикалык бекемделбей турган маркалардын			Термикалык бекемделүүчү маркалардын					
			АД1М	АМцМ	АМг2М; АМг2Н2	АД31Т; АД31Т4	АД31Т5	АД31Т1	1935Т	1915	1915Т
			Төмөнкү маркалардагы электроддук же присадкалык зымдарды колдонуу менен ширетүүдө								
			СВА1	СВАМг3		СВАМг3; 1557			1557		
<p>* Профилдик элементтерден четтерин үстүнө келтирүү менен бириктирүү үчүн.</p> <p>Эскертүүлөр</p> <p>1 1915Т маркасындагы алюминий үчүн <math>R_w</math> эсептик каршылык калыңдыгы 5-12 мм. профилдер үчүн көрсөтүлгөн. Калыңдыгы 4 мм профилдер үчүн вольфрам электроду менен ширетүүдө <math>R_{wz}= 165</math> МПа (1700 кгс/см<sup>2</sup>).</p> <p>2 Конструкциялардын элементтеринин узата ширетүү тигиштеринин ( каптоолордо, чатырды жабууларда ж.б.) алюминийдин тигишке жакын чөлкөмдөрүндөгү бошондошуна таасири эске алынбайт.</p> <p>3 1915Т маркасындагы алюминий үчүн <math>R_w</math> эсептик каршылык калыңдыгы 5-12 мм. профилдер үчүн көрсөтүлгөн. Калыңдыгы 4 мм профилдер үчүн вольфрам электроду менен ширетүүдө <math>R_{wz}=165</math> МПа (1700 кгс/см<sup>2</sup>).</p>											

9 – таблица

Ширетилген бириктирүүлөр жана тигиштер	Чыңалган абалы	Белгилениши	Төмөнкү маркалардагы алюминийдин ширетүү тигиштеринин эсептик каршылыгы МПа (кгс/см <sup>2</sup> )		
			АД1М	АМцМ	АМг2М;АМг2Н2
			төмөнкү маркалардагы электроддук же присадкалык зымдарды колдонуу менен ширетүүдө		
			СвА1	СвАМг3	СвАМг3
Беттештирип	Кысуу, чоюлуу, ийилүү	$R_w$	25 (250); 30 (300) *	40 (400); 45 (450) *	65 (650)
	Жылышуу	$R_{ws}$	15(150)	25 (250)	40 (400)
Бурчтук тигиштер	Кесилиш	$R_{wf}$	20 (200)	30 (300)	45 (450)
* Алюминий агымдуулуктун чегине жеткенден кийин пайдалануу мүмкүн болгон конструкциялар үчүн.					

10– т а б л и ц а

Ширетилген бириктирүүлөр жана тигиштер	Чыңалган абалы	Белгилениши	Төмөнкү маркалардагы алюминийдин ширетүү тигиштеринин эсептик каршылыгы МПа (кгс/см <sup>2</sup> )						
			АД31Т; АД31Т4	АД31Т5	АД31Т1	1935Т	1915	1915Т металдын калыңдыгы, мм	
								4	5-12
			Төмөнкү маркалардагы электроддук же присадкалык зымдарды колдонуу менен ширетүүдө						
			СвАМГ3; 1557			1557			
Беттештирилген	Электрод менен ширетүүдөгү кысуу, чоюлуу, ийилүү:  а) эрип кетүүчү (автоматтык жана жарым автоматтык ширетүү) б) вольфрамдык (кол менен жана механизациялаштырылган ширетүү)	$R_w$	55 (550)	65 (650)	80 (800)	120 (1250)	140 (1450)	–	155 (1600)
			55 (550)	65 (650)	80 (800)	115 (1150)	140 (1450)	155 (1600)	155 (1600)

Ширетилген бириктирүүлөр жана тигиштер	Чыңалган абалы	Белгилениши	Төмөнкү маркалардагы алюминийдин ширетүү тигиштеринин эсептик каршылыгы МПа (кгс/см <sup>2</sup> )						
			АД31Т; АД31Т4	АД31Т5	АД31Т1	1935Т	1915	1915Т металдын калыңдыгы, мм	
								4	5-12
			Төмөнкү маркалардагы электроддук же присадкалык зымдарды колдонуу менен ширетүүдө						
			СВАМг3; 1557			1557			
Беттештирип	Жылышуу	$R_{ws}$	35 (350)	40 (400)	50 (500)	80 (800)	90 (900)	110 (1100)	105 (1050)
Бурчтук (флангдык жана маңдайлаш тигиштер)	Кесим	$R_{wf}$	45 (450)	45 (450)	45 (450)	80 (800)	110 (1100)	110 (1100)	110 (1100)
<p><b>Эскертүүлөр</b></p> <p>1 1915Т маркасындагы алюминийдин ширетүү бирикмелеринин эсептик каршылыктары пресстелген профилдер үчүн көрсөтүлгөн.</p> <p>2 Термикалык бекемделүүчү алюминийдин ширетүү бирикмелеринин эсептик каршылыктары кайталануучу термикалык иштетүү менен жогорулатылышы мүмкүн (бирикмени ширетүүдөн кийин), бул учурда Al-Zn-Mg<math>R_w=R</math> системасындагы алюминий үчүн (R-6-табл. боюнча аныктала турган эсептик каршылык).</p> <p>АД31Т, АД31Т1, АД31Т4 и АД31Т5 маркаларындагы алюминийден четтерин үстүнө келтирип ширетилген бирикмелерде маңдайлаш тигиштерди колдонууга жол берилбейт.</p>									

11- т а б л и ц а

Кадоолор үчүн алюминийдин маркасы	АД1Н	АМг2Н	АМг5пМ	АВТ1
$R_{rs}$ кадоолорунда бирикмелердин кесилишине эсептик каршылык МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	35 (350)	70 (700)	100 (1000)	100 (1000)
<p>Э с к е р т ү ү л ө р</p> <p>1 Чуңкурайтылган тешиктерге кадоолорду коюуга жол берилбейт.</p> <p>2 Жылма же жарымжылма бөрктүү кадоо менен бирикмелерде эсептик каршылыктарды 20% га төмөндөтүү сунушталат. Көрсөтүлгөн кадоолор чоюлтуучу күчтөрдү сезбейт.</p>				

12- т а б л и ц а

Буроолор менен бириктирүү	Чыңалуудагы абал	Белгилениши	Төмөнкү маркалардагы алюминийден $R_b$ буроолору менен бириктирүүлөрдүн эсептик каршылыгы МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	
			Амг5п	АВТ1
Жогорулатылган тактыктагы	Чоюлушу	$R_{bt}$	125 (1250)	155 (1600)
	Кесилиши	$R_{bs}$	90 (900)	95 (950)
Нормалдуу жана одонотактыктагы	Чоюлушу	$R_{bt}$	125 (1250)	155 (1600)
	Кесилиши	$R_{bs}$	80 (800)	85 (850)

5.11 Көзөлгөн жана кеңейтилип көзөлгөн тешиктерге коюлган  $R_{rp}$  кадоолорундагы жана  $R_{bp}$  буроолорундагы бирикмелер үчүн конструкциянын элементтеринин майтарылышынын эсептик каршылыктарын 13-таблица боюнча кабыл алуу сунушталат.

13– т а б л и ц а

Алюминийдин маркасы элементтердин	Бирикмелер үчүн конструкциялардын элементтеринин майтарылышына эсептик каршылык МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	
	кадоолордо, $R_{rp}$	буроолордо, $R_{bp}$
АД1М	40 (400)	35 (350)
АМцМ	65 (650)	60 (600)

13 – таблицанын аягы

Алюминийдин маркасы элементтердин	Бирикмелер үчүн конструкциялардын элементтеринин майтарылышынына эсептик каршылык МПа (кг/см <sup>2</sup> )	
	кадоолордо, $R_{cp}$	буроолордо, $R_{bp}$
АМг2М	110 (1100)	100 (1000)
АМг2Н2	195 (2000)	175 (1800)
АД31Т	90 (900)	80 (800)
АД31Т4	90 (900)	80 (800)
АД31Т5	155 (1600)	140 (1450)
АД31Т1	195 (2000)	175 (1800)
1925	275 (2800)	245 (2500)
1915	275 (2800)	245 (2500)
1915Т	315 (3200)	285 (2900)

Э с к е р т ү ү – эсептик каршылыктаралардын огунанэлементтин четине чейин  $2d$  аралыкта коюлган буроолор менен бекитилген бирикмелер үчүн келтирилген. Бул аралыкты  $1,5d$  кыскартууда келтирилген эсептик каршылыктарды 40% га төмөндөтүү сунуш кылынат.

5.12 Алюминийдин жана куйма алюминийдин эсептик каршылыктары, 50°С жогорку эсептик температураларда эксплуатациялануучу ширетилген, кадоолор менен буроолор конструкциялары үчүн 14-таблицада көрсөтүлгөн  $\gamma_i$  коэффициентине көбөйтүү зарыл.

5.13 Алюминий конструкцияларын элементтерин жана бирикмелерин эсептөөдө 15-таблица боюнча кабыл алынуучу жумуш шарттарынын  $\gamma_i$  коэффициентин эске алуу сунуш кылынат.

14– т а б л и ц а

Конструкциялардын алюминийинин маркасы	АД1, АМц	АМг2, АД31, 1915, 1925, 1935, АЛ8
Коэффициент $\gamma_i$ (51 ден 100 °С чейинки температурада)	0,85	0,90
<p>Э с к е р т ү ү л ө р</p> <p>1 <math>\gamma_i</math> коэффициенттеринин келтирилген маанилери алюминийдин абалына көз каранды болот (2-таблицаны кара).</p> <p>2 50°С дан жогорку эсептик температураларда эксплуатациялануучу конструкциялар үчүн, <math>\gamma_i</math> коэффициенттерин нормативдик жүктөмдүн бир жылдан ашык үзгүлтүксүз аракетинде жана ошондой эле эсептегиден 0,9 дан жогоркуну түзүүчү эки жылдан ашык нормативдик жүктөмдүн эки жылдан ашык үзгүлтүксүз аракетинде 10% га азайтуу сунуш кылынат.</p>		



15-т а б л и ц а

Конструкциялардын элементтери	Коэффициент $\gamma_c$
1 Резервуарлардын корпуслары жана түптөрү	0,8
2 Турак жай жана коомдук имараттардын колонналары жана суу бергич мунаралардын таянычтары	0,9
3 Төмөнкү ийилчээктиктеги жалпак фермалардын торчосунун кысылган элементтери:	
$\lambda \leq 50$	0,9
$\lambda > 50$	0,75
4 Мейкиндиктик торчолуу конструкциялардын бир тактача менен бекитилүүчү бириндеген тик бурчтуктардан турган кысылган жантык тирөөчтөрү:	
а) ширетүү тигиштери же тик бурчтукту бойлото коюлган эки же андан көп кадоосу (буроосу) менен	0,75
б) бир буроо менен	0,6
5 Ушул таблицанын 4 поз. көрсөтүлгөн конструкциялардын элементтеринен жана бириндеген тик бурчтуктардан турган жалпак фермалардан башка, бир тактача менен бекитилүүчү бириндеген тик бурчтуктардан турган кысылган элементтер (бирдей эмес такталуу тик бурчтуктар үчүн – бир гана кууш тактасы бар).	0,6
Э с к е р т ү ү л ө р	
1 3 жана 5 поз. иштөөсүнүн шарттарынын коэффициенттери бир эле убакытта эске алынбайт.	
2 3 жана 4 поз. иштөөсүнүн шарттарынын коэффициенттери түйүндөрдөгү тиешелүү элементтердин бекитүүлөрүнө тиешелүү болбойт.	
3 Кергичтүү үч бурчтуу торчодогу бириндеген тик бурчтуктардан турган мейкиндиктүү торчолуу конструкциялардын кысылган жантык тирөөчтөрү үчүн 4-поз иштин коэффициенти эске алынбайт (8- а сүр. кара).	
4 Ушул таблицада каралбаган учурлар үчүн формулаларда $\gamma_c = 1,0$ кабыл алуу сунушталат.	

## 6 Алюминий конструкцияларынын элементтерин октук күчтөргө жана ийилүүгө эсептөө

### Борбордук чоюлган жана борбордук кысылган элементтер

6.1 Борбордук чоюлууга же кысылууга  $N$  күчү менен дуушар болгон элементтердин бекемдигин эсептөө төмөнкү формула менен жүргүзүү сунушталат

$$\frac{N}{A_n} \leq R\gamma_c \quad (1)$$

6.2 Борбордук кысылууга дуушар болуучу бүтүндөй капталдуу элементтердин туруктуулугун эсептөө төмөнкү формула менен жүргүзүү сунушталат

$$\frac{N}{\varphi A} \leq R\gamma_c \quad (2)$$

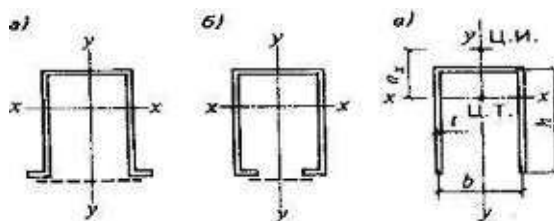
Коэффициенттин сандык маанилери  $B$  тиркемесинин 2-жана3- таблицаларда келтирилген.

6.3 Бириндеген тик бурчтуктардан өзөктөрдүн борбордук кысылууга эсептөөдө  $i$  кесилишинин инерциясынын радиусун төмөнкүдөй кабыл алуу сунушталат:

а) минималдуу, эгерде өзөктөрдөн учтарынан гана бекитилген болсо;

б) экинчи текчеге параллелдүү тегиздикте тик бурчтуктун чыгыш калуусунун багытын алдын ала аныктоочу орто аралык бекемдөө (кергичтер, шпренгелдер, байланыштар ж.б.) болгон учурда тик бурчтуктун текчелеринин бирине параллелдүү болгон окко карата.

6.4 Ачык  $\Pi$  сымал кесилиштеги бүтүндөй капталдары менен кысылган отбортовкалар же жооноюулар (бульбалар) менен күчтөндүрүлгөн же күчтөндүрүлбөгөн элементтерди (2-сүр.)  $\lambda_x < 3\lambda_y$  болгондо (бул жерде  $\lambda_x$  жана  $\lambda_y$   $x$ - $x$  жана  $y$ - $y$  окторуна перпендикулярдуу тегиздиктердеги элементтин эсептик ийилчээктиги), планкалар же торчолор менен күчтөндүрүү сунуш кылынат, бул учурда 6.5 жана 6.7 п. п. талаптары аткарылышы керек.



2-сүр. Элементтердин  $\Pi$  – сымал кесилиштери  
а,б – планкалар же торчо менен бекемделген; в – ачык

Планкалар же торчолор болбогон учурда мындай элементтерди (2) формула боюнча эсептөөдөн башка

$$\frac{N}{c\varphi_y A} \leq R\gamma_c \quad (3)$$

формуласы боюнча ийилүү-толгонуу формасында туруктуулукту жоготуусун текшерүү сунушталат, бул жерде

$$c = \frac{2}{1 + \delta + \sqrt{(1 - \delta)^2 + \frac{16\alpha^2}{\mu}}}, \quad (4)$$

формуласы менен аныктала турган  $c$ - коэффициент,

ал жерде  $\delta = \frac{4\rho}{\mu}$ ;

$$\rho = \frac{L_x + L_y}{Ah^2} + \alpha^2;$$

$$\alpha = \frac{a_x}{h}$$

- оордуктун борборунун жана ийилүүнүн борборунун ортосундагы салыштырмалуу аралык;

$$\mu = \frac{8I_\omega}{I_y h^2} + 0,156 \frac{I_t}{Ah^2} \lambda^2 y;$$

$I_\omega$ —кесилиштин инерциясынын секториалдык моменти;

$$I_t = \frac{1}{3} \sum b_i t_i^3$$

$b_i, t_i$  – тиешелүү түрдө кесилишти түзүүчү тик бурчтуу элементтердин жазылыгы жана калыңдыгы.

2-в сүр. келтирилген кесилиш үчүн маанилер  $\frac{I_\omega}{I_y h^2}$ ,  $\frac{I_t}{Ah^2}$  жана  $\alpha$  маанисин

төмөнкү формулалар менен аныктоо сунуш кылынат:

$$\left. \begin{aligned} \frac{I_\omega}{I_y h^2} &= \frac{39 + 2\beta}{(6 + \beta)^2}; \\ \frac{I_t}{Ah^2} &= \frac{1}{3} \left( \frac{t}{h} \right)^2; \\ \alpha &= \frac{4(3 + \beta)}{(2 + \beta)(6 + \beta)} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

бул жерде  $\beta = \frac{b}{h}$ .

$I_i$  толгонууда инерция моментинде тегерек кесилиште жооноюулар (бульбалар) болгон учурда  $\frac{n\pi D^4}{32}$ , га көбөйтүү сунуш кылынат, бул жерде  $n$ – кесилиштеги бульбалардын саны;

$D$  – бульбалардын диаметри.

6.5 Бутакары планкалар же торчолор менен бириктирилген курамдуу кысылган өзөктөр үчүн эркин окко карата  $\phi$  коэффициентин (планкалардын же торчолордун тегиздигине перпендикулярдуу болгон) по Б тиркемесинин 2-табл. Боюнча  $\lambda$  ны  $\lambda_{ef}$  га алмаштыруу менен аныктоо сунушталат.  $\lambda_{ef}$  маанилерин 16-табл. формулалары менен аныктагыла. Торчолуу курамдык өзөктөрдөбүтүндөй өзөктүн туруктуулугун эсептөөдөн тышкары түйүндөрдүн ортосундагы участкалардагы айрым бутактардын туруктуулугуна эсептөө жүргүзүү сунуш кылынат.

Айрым  $\lambda_1$  жана  $\lambda_1$  бутактардын планкалар ортосундагы участкадагы ийилчээктиги 30 дан ашпоосу керек.

Торчолуу курамдык өзөктөрдөгү айрым бутактардын түйүндөр ортосундагы ийилчээктиги бүтүндөй өзөктүн келтирилген  $\lambda_{ef}$  ашпоосу керек.

6.6 Тыгыз же прокладкалар аркылуу бириктирилген тик бурчтуктардан жана швеллерлерден ж.б. турган курамдык элементтердин эсебин эгерде алардын бириктирүүлөрүнүн (прокладкалар, шайбалар ж.б.) ортосундагы эң чоң аралыктар: кысылган элементтерүчүн –  $30i$ ; чоюлган элементтер үчүн–  $80i$  ашпаса бүтүндөй капталдуу катары аткаруу сунуш кылынат.

Бул жерде тик бурчтуктун же швеллердин  $i$  инерциясынын радиусун прокладкалардын жайгашуусунун тегиздигине параллелдүү огуна карата таврдуу же эки таврдуу кесилиштер үчүн, ал эми кресттүү кесилиштер үчүн минималдуу кабыл алуу сунушталат. Бул учурда кысылган элементтин узундугунун чектеринде экиден кем эмес прокладка коюу сунушталат.

16-таблица

Кесилиштин түрү	Кесилиштин схемасы	Өтмө кесилиштеги курамдык өзөктөрдүн келтирилген ийилчээктиктери $\lambda_{ef}$		
		Планкалары менен		Торчолору менен
		$I_s l / (I_b b) < 5$	$I_s l / (I_b b) > 5$	
1		$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda_y^2 + 0,82\lambda_4^2(1+n)}$ (6)	$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda_1^2 + \lambda_{a1}^2}$ (9)	$\lambda_y = \sqrt{\lambda_y^2 + \alpha \frac{A}{A_{a1}}}$ (12)
2		$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda^2 + 0,82[\lambda_4^2(1+n_1) + \lambda_2^2(1+n_2)]}$ (7)	$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda^2 + \lambda_1^2 + \lambda_2^2}$ (10)	$\lambda_y = \sqrt{\lambda_y^2 + \sqrt{A \left( \frac{\alpha_1}{A_{a1}} + \frac{\alpha_1}{A_{a2}} \right)}}$ (13)
3		$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda^2 + 0,82\lambda_3^2(1+3n_3)}$ (8)	$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda^2 + 1,3\lambda_3^2}$ (11)	$\lambda_y = \sqrt{\lambda_y^2 + \sqrt{\alpha \frac{2A}{3A_y}}}$ (14)

16-таблицада кабыл алынган белгилөөлөр:

$\lambda$  – бүткүл өзөктүн эң чоң ийилчээктиги;

1–1, 2–2 жана 3–3 тишелүү окторго перпендикулярдуу тегиздиктердеги, ширетилген планкалардын ортосундагы же четки буроолор же кадоолордун ортосундагы участкактордо ийүүдөгү  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  – айрым бутактардын ийилчээктиги;

$A$  – өзөктүн кесилишинин аянты;

$A_{a1}, A_{a2}$  – тишелүү түрдө 1–1 жана 2–2 окторуна перпендикулярдуу тегиздиктерде жаткан торчолордун жантык тирөөчтөрүнүн кесилиш аянттары (кресттүү торчодо -эки жантык тирөөчтүн);

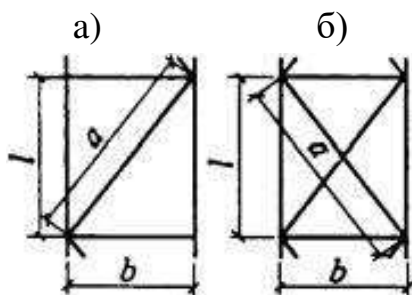
$A_d$  – бир капталдын тегиздигинде жаткан (үч кырдуу бирдей капталдуу өзөк үчүн) торчонун жантык тирөөчүнүн кесилишинин аянты кресттүү торчодо – эки жантык тирөөчтө).;

$a_1, a_2$  – формуласы менен аныктала турган коэффициенттер

$$\alpha = 10 \frac{a^3}{b^2 l};$$

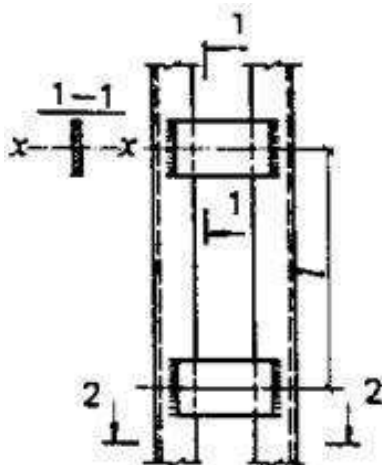
$a, b, l$  – 3 а жана 4 -сүр. боюнча кабыл алынуучу өлчөмдөр;

Кесилиштин түрү	Кесилиштин схемасы	Өтмө кесилиштеги курамдык өзөктөрдүн келтирилген ийилчээктиктери $\lambda_{ef}$		
		Планкалары менен		Торчолору менен
		$I_{sl}/(I_b b) < 5$	$I_{sl}/(I_b b) > 5$	
<p><math>n, n_1</math>–тиешелүү түрдө формулалар боюнча аныктала турган коэффициенттер:</p> $n = \frac{I_{b1} b}{I_s l}; \quad n_1 = \frac{I_{b1} b}{I_{s1} l};$ $n_2 = \frac{I_{b2} b}{I_{s2} l}; \quad n_3 = \frac{I_{b3} b}{I_s l};$ <p>бул жерде <math>I_{b1}, I_{b3}</math> – тиешелүү түрдө 1–1 жана 3–3(1 жана 3 түрлөрдүн кесилиштери үчүн) бутактардын кесилиштеринин инерциясынын моменттери;</p> <p><math>I_{b1}, I_{b2}</math> – тиешелүү түрдө окторуна карата 1–1 жана 2–2 (2-түрдөгү кесилиш үчүн) эки тик бурчтуктун кесилишинин инерциясынын моменттери;</p> <p><math>I_s</math> – өз огуна карата бир планканын кесилишинин инерциясынын momenti <math>x-x</math> (4-сүр);</p> <p><math>I_{s1}, I_{s2}</math> – 1–1 жана 2–2 тиешелүү окторго перпендикулярдуу тегиздиктерде жаткан планкалардын биринин кесилишинин инерциясынын моменттери.</p>				

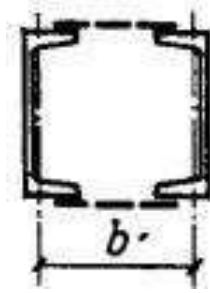


3-сүр. Торчонун схемасы

а – жантык тирөөчтүү; б – кергичтери менен кресттүү



2 – 2



4-сүр. Планкалардагы курамдык өзөк

6.7 Өтмө кесилиштеги кысылган курамдык өзөктөрдүн бириктирүүчү элементтерин (планкаларды, торчолорду) эсептөөнү өзөктүн бардык узундугунда туруктуу кабыл алынуучу  $Q_{fic}$ , шарттуу каптал күчкө жана формуласы боюнча аныкта аткаруу сунуш кылынат

$$Q_{fic} = 4,2 \cdot 10^{-6} \left( 4000 - \frac{E}{R} \right) \frac{N}{\varphi} \quad (15)$$

бул жерде  $N$ —курамдык өзөктөгү каптал күчү;

$\varphi$ —бириктирүүчү элементтердин тегиздигиндеги курамдык өтмө өзөк үчүн кабыл алына турган узата ийилүүнүн коэффициенти.

Шарттуу каптал күч  $Q_{fic}$  төмөнкүлөр болсо бөлүштүрүү сунуш кылынат:

Бириктирүүчү планкаларды (торчолорду) гана —ошого карата туруктуулук текшерилип жаткан окко перпендикулярдуу тегиздиктерде жаткан планкалардын (торчолордун) ортосунда теңме-тең;

Туташ тактаны жана бириктирүүчү планкаларды (торчолорду) — тактага параллелдүү жаткан тегиздиктеги такта жана планкалар ортосунда теңме-тең.

Бирдей капталдуу үч кырдуу курамдык өзөктөрдү эсептөөдө бир тегиздикте жайгашкан бириктирүүчү элементтердин системасына келип жаткан  $Q_{fic}$  шарттуу каптал күчүн  $0,8Q_{fic}$  барабар катары кабыл алуу сунушталат.

6.8 Бириктирүүчү планкаларды жана алардын бекитүүлөрүн (4-сүр. кара) төмөнкү формулалар боюнча жантак тирөөчсүз фермалардын элементтерин эсептөө сыяктуу аткаруу сунуш кылынат:

*планканы кесүүчү  $F$  күчүнө:*

$$F = \frac{Q_s l}{b}; \quad (16)$$

*планканы өзүнүн тегиздигинде ийилтүүчү  $M_1$ , моментине:*

$$M_1 = \frac{Q_s l^2}{2} \quad (17)$$

бул жерде  $Q_s$ —бир кырдын планкасына туура келүүчү шарттуу каптал күч;

$l$ —планкалардын борборлорунун ортосундагы аралык;

$b$ –бутактардын окторунун ортосундагы аралык.

6.9 Бириктирүүчү торчолорду эсептөө фермалардын торчолорун эсептөө катары жүргүзүү сунушталат. Кергичтери бар кресттик торчонун кайчылаш жантык тирөөчтөрүн (3-б сүр. кара) эсептөөдө ар бир тирөөчтө курчоолорду кысууда пайда боло турган жана

$$N_{ad} = \alpha N \frac{A_d}{A_1} \quad (18)$$

формуласы менен аныкталуучу кошумча  $N_{ad}$ , күчүн эске алуу зарыл.

бул жерде  $N$ – өзөктүн бир бутагынын күчү;

$A_d$ – бир жантык тирөөчтүн кесилишинин аянты;

$A_1$ – бир бутактын кесилишинин аянты

$$\alpha = \frac{al^2}{a^3 + 2b^3} \quad (19)$$

формуласы боюнча аныкталуучу коэффициент

$a, l, b$ – 3, б сүр. келтирилген өлчөмдөр.

6.10 Кысылган элементтердин эсептик узундугун азайтуу үчүн арналган өзөктөрдү эсептөөнү (15) формула менен аныкталуучу негизги кысылган элементтеги шарттуу каптал күчтөргө барабар күчтөргө аткаруу сунуш кылынат.

### Ийилүүчү элементтер

6.11 Башкы тегиздиктердин биринде ийилүүчү элементтердин бекемдигине эсептөө жүргүзүү төмөнкү формулалар менен аткаруу сунушталат:

$$\frac{M}{W_{n,min}} \leq R\gamma_c \quad (20)$$

$$\tau = \frac{QS}{L_t} \leq R_s\gamma_c \quad (21)$$

Кадоолор же буроолор үчүн көзөнөктөр менен начарлатуу болгон учурда  $\tau$  кыйыр чыңалуулардын (21) формуласында

$$\frac{a}{a-d}, \quad (22)$$

мамилесинин чоңдугуна көбөйтүү сунушталат,

бул жерде

$a$ – көзөнөктөрдүн аралыгы;

$d$ –көзөнөктүн диаметри.



6.12 (2) формуласы боюнча эсептелүүчү устундардын капталдары үчүн төмөнкү шарттар аткарылышы керек:

$$\sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}} \leq R\gamma_c;$$

бул жерде  $\sigma_x = \frac{M_x}{I_n}$  –устундун огуна параллелдүү капталдык ортолук тегиздигиндеги нормалдуу чыңалуулар;

$\sigma_y$  –устундун огуна перпендикулярдуу капталдын ортолук тегиздигиндеги нормалдуу чыңалуулар, анын ичинде Д тиркемесинин (1) формуласы боюнча аныкталуучу  $\sigma_{loc}$ ,

$$\tau_{xy} = \frac{Q}{th} \text{ – (22) формуланы эске алуу менен эсептелип чыгуучу орточо кыйыр}$$

чыңалуу;

$t, h$  – тиешелүү түрдө капталдын калыңдыгы жана бийиктиги.

$\sigma_x$  жана  $\sigma_y$  чыңалууларын устундун бетинин бир эле чекитинде аныктоо сунушталат жана ар бирин өз белгиси менен (23) формулада кабыл алуу сунушталат.

6.13 Капталдын тегиздигинде ийилүүчү экитаврдуу кесилиштеги устундардын туруктуулугун эсептөөнү формуласы менен аткаруу сунуш кылынат

$$\frac{M}{\varphi_b W_c} \leq R\gamma_c \quad (24)$$

бул жерде  $W_c$ - кысылган курчоо үчүн

$\varphi_b$  – милдеттүү В тиркемеси боюнча аныкталуучу коэффициент.

Устундун  $l_{ef}$  эсептик узундугуна  $\varphi_b$  маанисинаныктоодо кысылган курчоонун туурасынан жылып кетүүлөрүнүн бекитүүчү чекиттеринин аралыктарын алуу сунушталат; байланыштар жок болгондо  $l_{ef} = l$  (мында  $l$  – устундун аралыгы). Консолдун эсептик узундугуна горизонталдык тегиздикте консолдун аягындагы кысылган курчоону бекитүүсү болбогондо (бул жерде  $l$  – консолдун узундугу; курчоону консолдун аягында жана консолдун узундугу боюнча бекитүүдөгү горизонталдык тегиздиктеги кысылган курчоонун бекитилишинин чекиттеринин арасындагы аралык.

Устундардын туруктуулугун текшерүү талап кылынбайт:

а) устундун кысылган курчоосуна үзгүлтүксүз таянуучу жана аны менен ишенимдүү байланышкан, туташ бекем төшөө аркылуу жүктөмдү берүүдө (жалпак жана профилденген металл төшөөсү, толкундуу болот ж.б.);

б)  $l_{ef}$  устунунун эсептик узундугунун  $b$ , кысылган курчоосунун жазылыгына карата катышында, симметриялуу эки тараптуу кесилиштеги жана көбүрөөк өнүккөн кысуучу курчоосу бар, алар үчүн чоюлган курчоонун жазылыгы кысылган курчоонун 0,75 кем эмесин түзгөн устундар үчүн 17-таблицанын формалары менен аныктала турган маанилерден ашпаганда.

17– т а б л и ц а

Жүктөмдү коюунун орду	<p>Прокаттык жана ширетилген устундардын туруктуулугуна эсептөө жүргүзүү талап кылынбаган <math>\frac{l_{ef}}{b}</math>, эң чоң маанилери</p> <p><math>(1 \leq \frac{h}{b} &lt; 6</math> жана <math>15 \leq \frac{b}{t} \leq 35</math> болгондо)</p>
Жогорку курчоого	$0,45 \left[ 0,35 + 0,0032 \frac{b}{t} + (0,76 - 0,02 \frac{b}{t}) \frac{b}{h} \right] \sqrt{\frac{E}{R}} \quad (25)$
Төмөнкү курчоого	$0,45 \left[ 0,57 + 0,0032 \frac{b}{t} + (0,92 - 0,02 \frac{b}{t}) \frac{b}{h} \right] \sqrt{\frac{E}{R}} \quad (26)$
Устундун байланыштарынын ортосундагы участка-тогу жүктөмдү эсептөөдө же таза ийилүүдөгү жүктөмдү коюунун деңгээлине көз каранды эмес	$0,45 \left[ 0,41 + 0,0032 \frac{b}{t} + (0,73 - 0,016 \frac{b}{t}) \frac{b}{h} \right] \sqrt{\frac{E}{R}} \quad (27)$
<p><i>17-табл. кабыл алынган белгилөөлөр</i></p> <p><math>b, t</math> – тиешелүү түрдө кысылган курчоонун жазылыгы жана калыңдыгы;</p> <p><math>h</math> – курчоочу такталардын окторунун ортосундагы аралык (бийиктиги).</p> <p>Э с к е р т ү ү – 17-таблицанын формулалары боюнча эсептөөдө алына турган кадоолору жана жогорку бекемдиктеги буроолору бар курчалган бириктирүүлөрү менен устундар үчүн <math>\frac{l_{ef}}{b}</math>, маанилерин 1,2 коэффициентине көбөйтүү сунушталат.</p>	

6.14 Эки башкы тегиздикте ийиле турган элементтердин бекемдигин эсептөөнү төмөнкү формулада аткаруу сунуш кылынат

$$\frac{M_x}{L_{xn}} y \pm \frac{M_y}{L_{yn}} x \leq R \gamma_c \quad (28)$$

бул жерде  $x$ ,  $y$ –каралып жаткан кесилиштин чекитинин анын башкы окторуна карата координаттары. (28) формула боюнча эсептелип жаткан устундардагы устундун капталындагы чыңалуулардын маанилерин ийилүүнүн эки башкы тегиздигинде (21) жана (23) формулалары боюнча текшерүү сунушталат.

6.13а п. талаптарын аткарган учурда эки тегиздикте ийилүүчү устундар туруктуулукка текшерилбейт.

### **Ийилүү менен октук күчтүн аракетине дуушар болуучу элементтер**

6.15 Туташ капталдуу борбордон тышкары кысылган, кысылып ийилүүчү, борбордон тышкары чоюлган жана чоюлуп-ийилүүчү элементтердин бекемдигин эсептөөнү

$$\frac{N}{A_n} \pm \frac{M_x}{L_{xn}} y \pm \frac{M_y}{L_{yn}} x \leq R\gamma_c \quad (29)$$

формуласы менен аткаруу сунуш кылынат,

бул жерде  $x, y$  – каралып жаткан кесилиштин чекитинин анын башка огуна карата координаттары.

Курамдык өтмө өзөктөрдө ар бир бутакты ушул бутак үчүн эсептелип чыгарылган  $N$ ,  $M_x$ ,  $M_y$  тиешелүү маанилеринде (29) формуласы боюнча текшерүү зарыл.

6.16 Борбордон тышкары кысылган жана кысылган- ийилүүчү элементтердин туруктуулугуна эсептөөнү моменттин аракетинин тегиздигинде кандай болсо (туруктуулукту жоготуунун жалпак формасы), ошондой эле моменттин аракетинин тегиздигинен (туруктуулукту жоготуунун ийилүүчү - толгоочу формасы) аткаруу сунуш кылынат.

Борбордон тышкары кысылган жана кысылган-ийилүүчү туруктуу кесилиштеги элементтерди симметриянын тегиздигине дал келүүчү моменттин аракетинин тегиздигинде туруктуулукту эсептөөнү ушул формула менен аткаруу сунушталат

$$\frac{N}{\varphi_e A} \leq R\gamma_c \quad (30)$$

(30) формуласында коэффициент  $\varphi_e$  аныктоо сунушталат:

а) туташ капталдуу өзөктөр үчүн  $\Gamma$  тиркемесинин 1-таблицасы боюнча  $\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{\frac{R}{E}}$  шарттуу ийилчээктигинен жана формуласы менен аныкталуучу келтирилген  $m_{ef}$  салыштырмалуу эксцентриситине;

$$m_{ef} = \eta m, \quad (31)$$

анда  $\eta$  – тиркемесинин 3-табл. аныкталуучу кесилиштин формасынын таасиринин коэффициенти;

$m = \frac{eA}{W_c}$  – салыштырмалуу эксцентриситет (бул жерде  $e$  – эксцентриситет;

$W_c$  – абдан кысылган була үчүн кесилиштин каршылыгынын моменти).

$m_{ef} > 10$  де туташ капталдуу өзөктөр үчүн туруктуулукка эсептөө жүргүзүү талап кылынбайт;

б) ийилүүнүн тегиздигине параллелдүү тегиздиктерде жайгашкан торчолору же планкалары бар өтмө өзөктөр үчүн  $\Gamma$  тиркемесинин 2-таблицасы боюнча

$$\bar{\lambda}_{ef} = \lambda_{ef} \sqrt{\frac{r}{e}} \quad (32)$$

аныкталуучу келтирилген шарттуу ийилчээктигинен жана

$$\left. \begin{aligned} m_x &= e_x \frac{Ay_1}{L_x} \\ m_y &= e_y \frac{Ax_y}{L_y} \end{aligned} \right\} \quad (33)$$

формулалары менен аныктала турган салыштырмалуу  $m$ , эксцентриситетинен, бул жерде  $x_1, y_1$  –  $y$ - $y$  же  $x$ - $x$  огунан тиешелүү түрдө эң кысылган бутактын огуна чейинки, бирок бутактын дубалынын огуна чейинки аралыктан кем эмес аралык.

6.17  $e = \frac{M}{N}$  эксцентриситетин эсептеп чыгуу үчүн зарыл болгон ийилтүүчү

$M$  моменттеринин эсептик маанилерин төмөнкүлөргө барабар катары кабыл алуу сунушталат:

а) рамалык системалардын туруктуу кесилиштеги өзөктөрү үчүн – өзөктөрдүн узундугунун чектериндеги эң чоң моментине;

б) тепкичтүү өзөктөр үчүн – туруктуу кесилиштин участогунун узундугундагы эң чоң моментке;

в) консолдор үчүн – кыпчытуудагы моментке, бирок кыпчытуудан өзөктүн узундугунан үчтөн бириндей алыс турган кесилиштеги моменттен аз эмес;

г) ийилүүнүн тегиздиги менен дал келүүчү симметриянын бир огуна ээ болгон шарнирдүү – таянычтагы учтары жана кесилиштери менен кысылган өзөктөр үчүн 18-табл. формулалары менен аныктала турган;

симметриянын эки огуна ээ болгон шарнирдүү -таянган учтары жана кесилиштери бар кысылган өзөктөр үчүн келтирилген салыштырмалуу  $m_{ef}$  эксцентриситеттерин Г тиркемесинин 4-таблицасы боюнча аныктоо сунушталат.

18 – т а б л и ц а

$M_{max}$ барабар болгон салыштырмалуу эксцентриситет	Өзөктүн шарттуу ийилчээктигинде $M$ эсептик маанилери	
	$\bar{\lambda} < 4$	$\bar{\lambda} > 4$
$m \leq 3$	$M = M_2 = M_{max} - \frac{\bar{\lambda}}{4}(M_{max} - M_1)$	$M = M_1$
$3 < m \leq 10$	$M = M_2 + \frac{m-3}{7}(M_{max} - M_2)$	$M = M_1 + \frac{m-3}{7}(M_{max} - M_1)$
<p><i>18 таблицада кабыл алынган белгилөөлөр:</i>  <math>M_{max}</math>—өзөктүн узундугунун чектериндеги эң чоң ийилтүүчү момент;  <math>M_1</math>—өзөктүн узундугунун орточо үчтөн биринин чектериндеги эң чоң ийилтүүчү момент, бирок <math>0,5M_{max}</math> аз эмес;  <math>m = \frac{M_{max}A}{NW_c}</math> формуласы менен аныктала турган салыштырмалуу эксцентриситет                      Э с к е р т ү ү – Баардык учурларда <math>M &gt; 0,5M_{max}</math> кабыл алуу сунушталат</p>		

6.18 Симметриянын тегиздиги менен дал келүүчү эң чоң ( $I_x > I_y$ ) катуулуктагы тегиздикте алардын ийилүүсүндө моменттин аракетинин тегиздигинен туруктуу кесилиштеги борбордон тышкары кысылган элементтердин туруктуулугун эсептөөнү

$$\frac{N}{c\varphi_y A} \leq R\gamma_c \tag{34}$$

формуласы менен жүргүзүү сунушталат, бул жерде  $c$ – (35) формула боюнча эсептеп чыга турган коэффициент.

6.19  $c$  коэффициентин

$$c = \frac{\beta}{1 + \alpha m_x}, \tag{35}$$

формуласы боюнча аныктоо сунушталат. Бул жерде  $\alpha, \beta$  –19-таблица боюнча кабыл алына турган коэффициенттер.

$m_x$ , аныктоодо  $M_x$  эсептик моменти үчүн төмөнкүлөрдү кабыл алуу сунушталат:

а) моменттин аракетинин тегиздигине перпендикулярдуу жылышуусунан бекитилген шарнирдүү-таяныч учтары бар өзөктөр үчүн максималдуу момент узундуктун орточо үчтөн биринин чектеринде (бирок өзөктүн узундугундагы эн чоң моменттин жарымынан аз эмес);

б) консолдор үчүн момент кыпчытууда (бирок кыпчытуудан өзөктүн узундугунун үчтөн биринен алыс турган кесилиштин моментинен аз эмес).

19 – т а б л и ц а

Кесилиштин тиби	Коэффициенттердин маанилери		
	$\alpha$ болгондо $1 \leq m_x \leq 5$	$\beta$ болгондо	
		$\lambda_y \leq \lambda_c$	$\lambda_y > \lambda_c$
Ачык	$0,75 + 0,05m_x$	1	$\sqrt{\frac{\varphi_c}{\varphi_y}}$
	$1 - (0,25 - 0,05m_x) \frac{I_2}{I_1}$	1	$1 - (1 - \sqrt{\frac{\varphi_c}{\varphi_y}}) (2 \frac{I_2}{I_1} - 1)$
Туюк же торчолуу өтмө (же планкалар үчүн)	$0,55 + 0,05m_x$	1	$\sqrt{\frac{\varphi_c}{\varphi_y}}$

*19-таблицада кабыл алынган белгилөөлөр:*  
 $I_1, I_2$  – у-у кесилишинин симметриясынын огуна карата чоң же кичине текчелерге ылайык инерциянын моменти;  
 $\varphi_c$  – мааниси  $\varphi_y$  болгондо  $\lambda_y = \lambda_c = 3,8 \sqrt{\frac{E}{R}}$   
 Эскертүүлөр  
 1 Торчолуу (же планкалуу) өтмө өзөктөр үчүн  $a$  жана  $b$  коэффициенттеринин маанилерин өзөктүн узундугу боюнча экиден кем эмес орто аралык диафрагмалардын болушунда гана кабыл алуу сунуш кылынат. Андай болбогон учурда ачык экитаврдуу кесилиштеги өзөктөр үчүн белгиленген коэффициенттерди кабыл алуу сунушталат.  
 $2m_x < 1$  же  $m_x > 5$  маанилеринде тиешелүү түрдө  $m_x = 1$  же  $m_x = 5$  кабыл алуу сунушталат.

$\lambda_y > \lambda_c = 3,8 \sqrt{\frac{E}{R}}$  ийилчээктигинде өзөктөр үчүн  $c$  коэффициенти:

туюк кесилиштеги – бирден ашпоосу керек;  
 экитаврдуу симметриянын эки огу менен

$$c_{max} = \frac{2}{1 + \delta + \sqrt{(1 - \delta)^2 + \frac{16}{\mu} \left( \frac{M_x}{Nh} \right)^2}} \quad (36)$$

формуласы менен аныкталуучу маанилерден.

$$\text{бул жерде } \delta = \frac{4\rho}{\mu}; \rho = \frac{L_x + L_y}{Ah^2}$$

$h$ –курчоолордун окторунун ортосундагы аралык;

$$\mu = 2 + 0,156 \frac{I_t}{Ah^2} \lambda_y^2;$$

$$I_t = 0,433 \sum b_i t_i^3.$$

6.20  $\lambda_x > \lambda_y$ , деги ( $I_y < I_x$  жана  $e_y \neq 0$ ) эң аз катуулуктагы тегиздикте ийилүүчү борбордон тышкары кысылган элементтерди (30) формуласы боюнча эсептеп чыгуу жана ошондой эле

$$\frac{N}{\varphi_x A} \leq R\gamma_c \quad (37)$$

формуласы боюнча борбордук кысылган өзөктөр катары моменттин аракетинин тегиздигинен туруктуулукка текшерүүгө сунуш кылынат.

$\lambda_x \leq \lambda_y$  болгондо моменттин аракетинин тегиздигинен туруктуулукту текшерүү талап кылынбайт.

6.21 Ийилүүнүн тегиздигине параллелдүү тегиздикте жайгашкан борбордон тышкары кысылган өтмө өзөктөрдө жалпысынан өзөктүн туруктуулугун (30) формула боюнча эсептөөдөн башка, (2) формула боюнча айрым бутактарды борбордук кысылган өзөктөр катары текшерүү сунуш кылынат.

Ар бир бутактагы узата күчтү моменттен кошумча күчтү эске алуу менен аныктоо сунушталат: параллелдүү бутактардын учурундагы бул күчтүн чоңдугун

$$N_{ad} = \frac{M}{b}$$

формуласы боюнча аныктоо зарыл, бул жерде  $b$ –бутактардын (курчоолордун) окторунун ортосундагы аралык.

Борбордон тышкары кысылган өтмө элементтердин планкалары бар айрым бутактарын моменттен болгон күчтөрдү жана фактылык же шарттуу туурасынан кеткен күчтөн бутактардын жергиликтүү ийилишинин эске алуу менен (жантык таянычсыз ферманын курчоолорундагыдай) туруктуулукка текшерүү сунуш кылынат.

6.22 Эки башкы тегиздиктерде кысылууга жана ийилүүгө дуушар болуучу туташ капталдуу өзөктөрдү эң катуулуктун тегиздигинин ( $L_x > L_y$ ) симметриянын тегиздиги менен дал келүүсүндө туруктуулугун эсептөө

$$\frac{N}{\varphi_{exy}A} \leq R\gamma_c, \quad (38)$$

менен жүргүзүлөт, бул жерде  $\varphi_{exy} = \varphi_{ey} \sqrt{c}$ ,

$\varphi_{ey}$  – 6.16 п. талаптарына ылайык аныктоо сунушталат.;

$c$  – 6.19 п. талаптарына ылайык аныктоо зарыл.

Эгерде  $m_{ef,y} < 2m_x$ , анда (38) формула боюнча эсептөөдөн башка,  $e_y=0$  деп кабыл алуу менен (30) жана (34) формулалары боюнча кошумча текшерүүнү жүргүзүү сунуш кылынат.

Салыштырмалуу эксцентриситеттердин маанилерин

$$m_x = e_x \frac{A}{W_{cx}} \text{ жана } m_y = e_y \frac{A}{W_{cy}}, \quad (39)$$

формулалары менен аныктоо сунуш кылынат.

Бул жерде  $w_{cx}$ ,  $w_{cy}$  – тиешелүү түрдө  $x$ – $x$  жана  $y$ – $y$  окторуна карата абдан көп кысылган була үчүн кесилиштердин каршылыгынын моменттери.

Эгерде  $\lambda_x > \lambda_y$ , болсо, анда (38) формула боюнча эсептөөдөн башка,  $e_y=0$  барабар деп кабыл алуу менен (30) формула менен кошумча текшерүүнү жүргүзүү сунуш кылынат. Эң чоң катуулуктун тегиздигинин ( $L_x > L_y$ ) симметриянын тегиздигине дал келбөөсүндө  $m_x$  эсептик маанисин 25% көбөйтүүгө сунуш кылынат.

6.23 Эки параллелдүү тегиздиктердеги торчолору бар  $y$ – $y$  (5-сүр.) огуна карата симметриялуу, эки башкы тегиздиктерде кысылууга жана ийилүүгө дуушар болуучу эки туташ дубалдуу бутактардан турган өтмө өзөктөрдүн туруктуулугун эсептөөнү төмөнкүдөй аткаруу сунушталат:

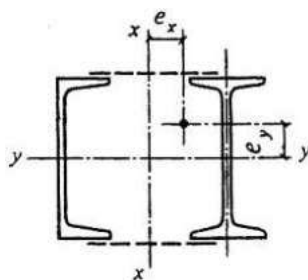
Жалпысынан өзөктөр үчүн 6.16 п. талаптарына ылайык,  $e_y=0$  (5-сүр. кара) кабыл алуу менен – торчолордун тегиздиктерине параллелдүү тегиздикте;

айрым бутактар үчүн – (30) жана (34) формулалары боюнча борбордон тышкары кысылган элементтердей, бул учурда ар бир бутактагы узата күчүн  $M_x$  моментинен келген аракетти эске алуу менен (6.21 п. кара) аныктоо, ал эми  $M_y$ – моментин бутактар ортосунда алардын катуулуктарына пропорционалдуу бөлүштүрүү сунуш кылынат;

Эгерде  $M_y$ –моменти бутактардын биринин тегиздигинде аракет кылса, анда аны толугу менен ушул бутакка өтүп кетүүчү катары эсептөө сунуш кылынат.

Айрым бутакты (34) формуласы боюнча текшерүүдө анын ийилчээктиги торчонун түйүндөрүнүн ортосундагы максималдуу аралыктар боюнча аныкталат.





5-сүр. Эки параллелдүү тегиздиктеги торчолуу эки туташ -беттен турган курамдуу элементтин кесилиши

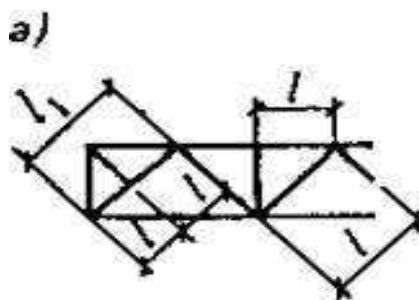
6.24 Өтмө борбордон тышкары кысылган өзөктөрдүн бириктирүүчү элементтерин эсептөөнү 6.7-6.9 п. эң чоң туурасынан күчкө – фактылык  $Q$  же шарттуу  $Q_{fic}$  талаптарына ылайык аткаруу сунушталат.

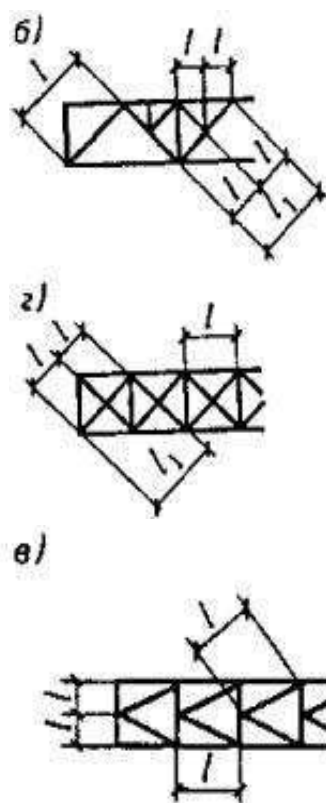
Эгерде фактылык туурасынан келген күч шарттуудан чоң болсо, өтмө борбордон тышкары кысылган элементтердин бутактарын планкалар менен бириктирүү эреже катары, сунуш кылынбайт.

## 7 Алюминий конструкцияларынын эсептик узундугу жана чектүү ийилчээктиги

### Эсептик узундугу

7.1 Фермалардын кайчылаш торчолорунун элементтерин эсептебегенде жалпак фермалардын жана байланыштардын элементтеринин  $l_{ef}$  эсептик узундугун (6,г сүрөт) 20 таблица боюнча кабыл алуу сунушталат.





6-сүр. Элементтердин эсептик узундугун аныктоо үчүн фермалардын торчолорунун схемалары

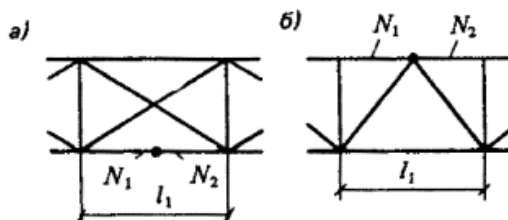
а – четки панелдеги жантак тирөөчү менен үч бурчтуу; б – үч бурчтуу, шпренгели менен; в – жарым жантак тирөөчтүү; г – кайчылаш

20 – т а б л и ц а

Узата ийилүүнүн багыты	Эсептик узундук $l_{ef}$		
	курчоолордун	Жантак таяныч тирөөчтөр жана түркүктө	Торчонун башка элементтери
Ферманын тегиздигинде	$l$	$l$	$0,8l$
Ферманын тегиздигине перпендикулярдуу багытта (ферманын тегиздигинен)	$l_1$	$l_1$	$l_1$
<p>20-табл. жана 6-сүр. кабыл алынган белгилөөлөр:</p> <p><math>L</math>–ферманын тегиздигиндеги элементтин геометриялык узундугу (түйүндөрдүн борборлорунун ортосундагы аралык);</p> <p><math>l_1</math>–ферманын тегиздигинен жылышып кетүүсүнөн бекиткен түйүндөрдүн аралыгы (атайын байланыштар, каптоолордун катуу такталары менен, курчоого бекитилген ширетүү тигиштери жана буроолор менен ж.б.)</p>			

7.2  $l_1$  узундугу боюнча ферманын тегиздигинен  $N_1$  жана  $N_2 (N_1 > N_2)$  кысуучу күчтөр аракет кылган  $l_{ef}$  элементтин эсептик узундугун төмөнкү формула боюнча эсептеп чыгуу сунуш кылынат

$$l_{ef} = l_1 \left( 0,75 + 0,25 \frac{N_2}{N_1} \right) \quad (40)$$



7-сүрөт Ар кандай  $N_1$  жана  $N_2$  аракеттери менен элементтин эсептик узундугун аныктоо үчүн схемалар (анын узундугу боюнча)

- а– фермалардын ортосундагы байланыштардын схемасы (үстүнөн караганда);
- б– ферманын схемасы

Бул учурда туруктуулукка эсептөөнү  $N_1$  чоң күчүнө аткаруу сунуш кылынат.

7.3 Кайчылаш торчонун  $l_{ef}$  элементтеринин (б, г сүр. кара) эсептик узундугун төмөнкүдөй кабыл алуу сунушталат:

Ферманын тегиздигинде – ферманын түйүнүнүн борборунан алардын кесилишкен чекитине чейинки аралыкка барабар ( $l_{ef}=l$ );

Ферманын тегиздигинен: кысылган элементтер үчүн – 21 -табл. боюнча; чоюлган элементтер үчүн – элементтин толук геометриялык узундугуна барабар ( $l_{ef}=l$ ).

21 – т а б л и ц а

Торчонун элементтеринин кесилиш түйүндөрүнүн конструкциясы	Түртүп туруучу элементте ферманын тегиздигинен $l_{ef}$ эсептик узундугу		
	чоюлган	иштебеген	кысылган
Эки элемент тең үзүлбөйт	$l$	$0,7l$	$l_1$
Түртүп туруучу элемент үзгүлтүктүү болот жана фасонка менен жабылат	$0,7l_1$	$l_1$	$1,4l_1$
<p>21-табл. жана б-сүр. кабыл алынган белгилөөлөр:</p> <p><math>l</math>–ферманын түйүнүнүн борборунан элементтердин кесилиштерине чейинки аралык;</p> <p><math>l_1</math>– элементтин толук геометриялык узундугу.</p>			

7.4 Бириндеген тик бурчтуктардан кайчылаш торчонун элементтеринин *i* кесилиштеринин инерциясынын радиустарын төмөнкүдөй кабыл алуу сунушталат:

$l_{ef}$  барабар элементтин эсептик узундугунда (бул жерде  $l$  эң жакын түйүндөрдүн ортосундагы аралык) –минималдуу ( $i=i_{min}$ );

калган учурларда ферманын тегиздигине перпендикулярдуу же параллелдүү ( $i=i_x$  же  $i=i_y$ –узата ийилүүнүн багытына жараша).

7.5  $l_{ef}$  эсептик узундугун жана бириндеген тик бурчтуктардан турган мейкиндиктин торчолуу конструкциялардын элементтеринин *i* кесилиштеринин инерциясынын радиусун 22-таблица боюнча кабыл алуу сунушталат.

7.6  $l_{ef}$  колонналарынын (түркүктөрүнүн) эсептик узундугун

$$l_{ef} = \mu l$$

формуласы менен аныктоо сунушталат, бул жерде  $l$ – колоннанын же анын өзүнчө участогунун узундугу.

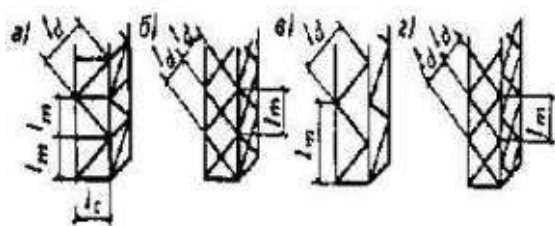
Туруктуу кесилиштеги  $\mu$  колонналардын (түркүктөрдүн) эсептик узундугунун коэффициенттерин алардын учтарын бекитүүнүн шарттарына жана жүктөмдүн түрүнө карата 26-табл. боюнча кабыл алуу сунушталат. Колонналарда алюминийди колдонууга чогултулуучу-чачыратылуучу конструкцияларда же агрессивдүү чөйрөнүн болушунда жол берилет.

22 – т а б л и ц а

Конструкция	$l_{ef}$ эсептик узундугу жана $I$ кесилишинин инерциясынын радиусу				
	курчоолордун		торчолор		
	$l_{ef}$	$i$	$l_{ef}$		$i$
			жантык тирөөчтүн	түркүктүн	
Чектеш кырларда айкалыштырылган С түйүндөрү менен (8 а, б сүр.)	$l_m$	$i_{min}$	$m_d l_d$	$0,8l_c$	$i_{min}$
Чектеш кырларда айкалыштырылбаган С түйүндөрү менен (8, в, г сүр.)	$m_m l_m$	$i_{x или y}$	$m_d l_d$	–	$i_{min}$

22 – таблицанын аягы

Конструкция	$l_{ef}$ эсептик узундугу жана $i$ кесилишинин инерциясынын радиусу			
	курчоолордун		торчолор	
	$l_{ef}$	$i$	$l_{ef}$	
			жантык тирөөчтүн	түркүктүн
			$i$	
<p>22-табл. кабыл алынган белгилөөлөр</p> <p><math>i_m</math> – ферманын курчоосунун панелинин узундугу (айкалыштырылбаган түйүндөрдө бир кырдын түйүндөрүнүн ортосундагы аралык менен бирдей катары кабыл алынат; (8 в, г сүр. кара);</p> <p><math>\mu_m</math> – курчоонун эсептик узундугунун коэффициентин жантык тирөөчкө жандата жайгашкан (жантык тирөөчтөрдү курчоого ширетүү тигиштери же эки буроо же андан көп кадоолор менен бекитүүдө) 23-табл. боюнча аныктоо сунушталат, жантык тирөөчтөрдү курчоого бир буроо менен бекитүүдө төмөнкүлөрдү кабыл алуу сунуш кылынат:</p> <p><math>\mu_m = 1,14</math>;</p> <p><math>i_{min}</math> – кесилиштин инерциясынын минималдуу радиусу (курчоонун же торчонун);</p> <p><math>l_d, l_c</math> – 8-сүр. кара;</p> <p><math>i_x, i_y</math> – <math>x</math> жана <math>y</math> текчелерине параллелдүү окторуна карата тик бурчтуктун туурасынан кесилишинин инерциясынын радиусу;</p> <p><math>\mu_d</math> – курчоонун эсептик узундугунун коэффициентин жантык тирөөчкө жандата жайгашкан (жантык тирөөчтөрдү курчоого ширетүү тигиштери же эки буроо же андан көп кадоолор менен бекитүүдө) 24-табл. боюнча аныктоо сунушталат, жантык тирөөчтөрдү курчоого бир буроо же бир кадоо менен бекитүүдө 25-табл. боюнча аныктоо сунуш кылынат.</p>				



8-сүрөт Бириндеген тик бурчтуктардан мейкиндиктүү торчолуу конструкциялардын схемасы

*a* – чектеш кырлардагы айкалыштырган түйүндөрү менен схема (жантык тирөөчтөрү менен үч бурчтуу торчо); *б* – ошол эле (кайчылаш торчо); *в* – чектеш кырларда айкалышпаган түйүндөрү менен схема (үч бурчтуу торчо); *z* – ошол эле (кайчылаш торчо)

23-таблица

<i>n</i>	10	5	2.5	1,25	1
$\mu_m$	1,13	1,08	1,03	1,00	0,98

23-табл. кабыл алынган белгилөө:

$$n = \frac{L_{m,min} L_d}{L_{d,min} L_m}, \text{ мында } L_{m,min} L_{d,min} - \text{курчоого жана ферманын жантык тирөөчүнө}$$

шайкеш кесилиштин инерциясынын минималдык моменттери.

Эскертүү – *n* орто аралык маанилер үчүн  $\mu_m$  коэффициентин түз сызыктуу интерполяция менен аныктоо сунушталат.

24-таблица

<i>n</i>	$\frac{l_d}{i_{min}}$ деги $\mu_d$ маанилери							
	60	80	100	120	140	160	180	200
$\leq 2$	0,89	0,81	0,77	0,74	0,72	0,70	0,65	0,61
$\geq 6$	0,86	0,78	0,74	0,71	0,69	0,66	0,62	0,59

24-таблицада кабыл алынган белгилөөлөр:

*n* – 23-табл. кара;

*l<sub>d</sub>* – 8-сүр. кара;

*i<sub>min</sub>* – жантык тирөөчтөрдүн кесилишинин инерциясынын минималдуу радиусу.

Эскертүү – *n* орто аралык маанилери жана  $\frac{l_d}{i_{min}}$  катышы үчүн  $\mu_d$  коэффициентин түз сызыктуу интерполяция менен аныктоо сунушталат



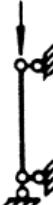





25– т а б л и ц а

$\frac{l_d}{i_{min}}$	60	80	100	$\geq 120$
$\mu_d$	0,89	0,81	0,77	0,74

*Белгилөөлөр 24-таблицадагыдай.*

Э с к е р т ү ү – n орто аралык маанилери  $\frac{l_d}{i_{min}}$  катышынын орто аралык маанилери үчүн  $\mu_d$  коэффициентин түз сызыктуу интерполяция менен аныктоо сунушталат.

26 – т а б л и ц а

Колонналарды бекитүүнү (түркүктөрдүн) схемасы жана жүктөм	$\mu$	Колонналарды бекитүүнү (түркүктөрдүн) схемасы жана жүктөм	$\mu$
	2		1
	1		2
	0,7		0,725
	0,5		1,12

7.7 Бир кабаттуу рамалардын туруктуу кесилиштеги  $m$  колонналарынын эсептик узундугунун коэффициенттери ригелдерди колонналарга бекем бекиткенден кийин жана жогорку түйүндөрүнө жүктөм бергенден кийин колонналарды фундаментке бекиткенде төмөнкү формулалар менен аныктоого сунуш кылынат

*шарнирдүү*

$$\mu = 2\sqrt{1 + \frac{0,38}{n}}; \quad (41)$$

*бекем*

$$\mu = \sqrt{\frac{n + 0,56}{n + 0,14}} \quad (42)$$

(41) жана (42): формулаларында

$$n = \frac{l_c}{I_c} \left( \frac{I_{r1}}{l_{r1}} + \frac{I_{r2}}{l_{r2}} \right),$$

бул жерде тиешелүү түрдө  $I_c$ ,  $l_c$  – кесилиштин инерциясынын моменти жана текшерилүүчү колоннанын узундугу;

$I_{r1}$ ,  $I_{r2}$  – тиешелүү түрдө инерциянын моменттери;

$l_{r1}$ ,  $l_{r2}$  – ушул колоннага кошулуучу ригелдердин кесилиштери жана узундуктары.

Колоннага ригелдерди шарнирдүү бекитүүдө (42) формулада  $n=0$  кабыл алуу сунушталат.

7.8 Имаратка бойлото багытта рамалардын колонналарынын эсептик узундугун (раманын тегиздигинен) раманын тегиздигинен жылышып кетүүсүнөн бекитилген чекиттердин ортосундагы аралыкка барабар катары кабыл алуу сунушталат (колонналардын таянычтары, кран алдындагы устундардын жана стропила алдындагы фермалардын, байланыштардын жана ригелдердин бекитүү түйүндөрү менен). Эсептик узундукту колонналардын учтарын бекитилишинин фактылык шарттарын эске алуучу эсептик схеманын негизинде аныктоого жол берилет.

### Элементтердин чектүү ийилчээктиги

7.9 Кысылган элементтердин ийилчээктиги 27-таблицада келтирилген маанилерден ашпоосу керек.



## 27-таблица

Конструкциялардын элементтери	Кысылган элементтердин чектүү ийилчээктиги
Таяныч реакцияларын өткөрө турган курчоолор, жантык тирөөчтүү таянычтар жана фермалардын түркүктөрү	100
Фермалардын башка элементтери	120
Экинчи даражадагы колонналар (фахверктин, фонарлардын ж.б. түркүктөрү), колонналардын торчосунун элементтери	120
Байланыштар	150
Кысылган өзөктөрдүн эсептик узундуктарын азайтуу үчүн кызмат кылуучу өзөктөр жана башка жүктөлбөгөн элементтер	150
Симметриялуу жүктөлгөн тосмолоочу конструкциялардын элементтери:	
Симметриялуу жүктөлгөн	100
Симметриялуу эмес жүктөлгөн (витраждардын четки жана бурчтук түркүктөрү ж.б.)	70
Э с к е р т ү ү – 27-табл. келтирилген маалыматтар күчтөрдүн аракетине карата симметриялуу кесилиштеги элементтерге тиешелүү. Күчтөрдүн аракетине карата симметриялуу эмес кесилиштерде чектүү ийилчээктиги 30% азайтууга жатат.	

7.10 Чоюлган элементтердин ийилчээктиги 28-таблицада келтирилген маанилерден ашпоосу керек.

Конструкциялардын элементтери	Чоюлган элементтердин чектүү ийилчээктиги
Курчоолор жана фермалардын жантык тирөөчтүү таянычтары	300
Фермалардын башка элементтери	300
Байланыштар (алдын ала чоюлууга дуушар болуучу элементтерден башка )	300
Э с к е р т ү ү л ө р 1 Чоюлган элементтердин ийилчээктиги вертикалдуу гана тегиздикте текшерилет.	
Э с к е р т ү ү л ө р 2 Бириндеген тик бурчтуктардан турган кайчылаш торчонун чоюлган өзөктөрүнүн ийилчээктигин текшерүүдө инерциянын радиусу тик бурчтуктун текчесине параллелдүү окко карата кабыл алынат. 3 Кайчылаш торчонун өзөктөрүнүн кесилишкен жерде өз ара бекитилиши керек. 4 Жүктөмдүн жагымсыз жайгашуусунда күчтөн белгиси көбөйүшү мүмкүн болгон анча чоң эмес күчтөгү стропилалык фермалардын керилген жантык тирөөчтөрү үчүн чектүү ийилчээктик кысылган элементтер үчүн катары кабыл алынат, бул учурда бириктирүүчү прокладкалар $40i$ кем эмес аралыкта орнотулушу керек	

## 8 Ийилүүчү жана кысылган элементтердин капталдарынын жана курчоочу такталарынын туруктуулугун текшерүү

### Устундардын капталдары

8.1 Устундардын капталдарын алардын туруктуулугун камсыз кылуу үчүн эки жактуу кырлар менен бекемдөө сунушталат:

капталдын баардык бийиктигине коюлган негизги туура;

негизги туура жана узата;

негизги туура жана орто аралык, капталдын кысылган чөлкөмүнө коюлган, кыска –кадоолонгон гана устундарда.

8.2 Устундардын туруктуулугуна эсептөөнү  $\sigma, \tau, \sigma_{loc}$  баардык компоненттердин чыңалган абалын эске алуу менен аткаруу сунушталат. Чыңалуусунун  $\sigma, \tau, \sigma_{loc}$  коэффициенти эске албастан брутто кесилиш боюнча материалдын серпилгичтүү ишин болжолдоо эсептеп чыгаруу сунуш кылынат.

Капталдын эсептик чек арасынын  $\sigma$  кысуучу (четки) чыңалуусу (“плюс” белгиси менен жана орточо жанып өтүүчү  $\tau$  чыңалуу төмөнкү формулалар менен эсептеп чыгуу сунушталат:

$$\sigma = \frac{M}{L_x} y; \quad (43)$$

$$\tau = \frac{Q}{th}, \quad (44)$$

Бул жерде  $h$ – капталдын толук бийиктиги;

$M$ ,  $Q$ –тиешелүү түрдө бөлүмдүн чектериндеги моменттин жана каптал күчтүн орточо маанилери; эгерде бөлүмдүн узундугу анын эсептик бийиктигинен чоң болсо, анда  $M$  ди жана  $Q$  ну бөлүмдүн бийиктигине барабар болгон узундуктагы көбүрөөк чыңалган участок үчүн эсептеп чыгуу сунушталат; эгерде бөлүмдүн чектеринде момент же каптал күч белгинин алмаштырса, анда алардын орто маанилерин бир белгиси бар бөлүмдүн участкасында эсептеп чыгуу сунуш кылынат.

Капталдагы топтолгон жүктөмдөгү жергиликтүү чыңалуу  $\sigma_{loc}$  Д тиркемесинин талаптарына ылайык аныктоого сунуш кылынат.

Курчоолордун жана жанындагы катуулуктун негизги туура кырларынын ортосунда жаткан дубалдын тик бурчтуу бөлүмдөрүнүн туруктуулугун текшерүүдө пластиканын эсептик өлчөмдөрү болуп төмөнкүлөр эсептелет:

$A$  –туура кырларынын окторунун ортосундагы аралык;

$h_{ef}$ – жогорку бекемдиктеги буроолордогу курчоолуу биригүүлөрү менен устундарда – курчоолук тик бурчтуктардын четтери менен устундун огунун ортосундагы эң жакын аралыкка барабар болгон капталчанын эсептик бийиктиги; кадоолонгон устундарда – курчоолордун тик бурчтуктарынын белгилери менен устундун огунун ортосундагы эң жакын аралыкка; ширетилген устундарда – капталчанын толук бийиктигине; пресстелген профилдерде – текчелеринин ортосундагы жарыктагы бийиктигине;

$t$  –капталдын калыңдыгы.

8.3 Эгерде капталдын шарттуу ийилчээктиги  $\bar{\lambda}_w = \frac{h_{ef}}{t} \sqrt{\frac{R}{E}}$

чектүү маанилерден ашпай турган болсо, устундардын капталдарынын туруктуулугун текшерүү талап кылынбайт:

$75(1 - 95 \frac{R}{E}) \sqrt{\frac{R}{E}}$  –ширетилген же пресстелген устундар үчүн;

$115(1 - 123 \frac{R}{E}) \sqrt{\frac{R}{E}}$  –кадоолонгон, буроолор жана жогорку бекемдиктеги

буроолор менен бекитилген устундар үчүн.

Устундардын капталдарында жергиликтүү чыңалуулар орун алган учурда  $\bar{\lambda}_w$  көрсөтүлгөн чектүү маанилерин 0,7 коэффициентине көбөйтүү сунушталат.

Устундардын капталдарын катуулатуунун туура кырлары менен бекемдөө сунуш кылынат ( $\bar{\lambda}_w > 2,5$  де, 8.6-п. кара).

8.4 Жогорку курчоосу боюнча жергиликтүү жүктөмдөгү устундарда каптылдык туруктуулугун Д тиркемесиндеги көрсөтмөлөргө ылайык текшерүү сунуш кылынат.

8.5 Катуулатуунун туурасынан негизги кырлары менен гана бекемделген устундардын капталдарынын туруктуулугун эсептөө жергиликтүү чыңалуунун ( $\sigma_{loc} = 0$ ) жоктугунда төмөнкү формула менен аткаруу сунушталат:

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_{cr}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr}}\right)^2} \leq \vartheta \gamma_c, \tag{45}$$

булжерде 
$$\sigma_{cr} = 30 \frac{R}{\lambda_w^2}; \tag{46}$$

$$\tau_{cr} = 10,3 \left(1 + \frac{0,76}{\mu^2}\right) \frac{R_s}{\lambda_d^2}; \tag{47}$$

$$\vartheta = 1 - \frac{11 \left(\frac{\sigma_i}{R} - 0,7\right)^2}{1 + 507 \frac{R}{E}} \tag{48}$$

( $\frac{\sigma_i}{R} \leq 0,7$  болгондо  $\vartheta = 1$  кабыл алуу сунуш кылынат.  $\frac{\sigma_i}{R} > 1$  маанилерине жол берилбейт);  $\gamma_c$  15-таблица боюнча кабыл алуу сунушталат.

45) – (48) формулаларында:

$m$  – пластинканын чоң жагынын кичине жагына болгон катышы;

$\bar{\lambda}_d = \frac{d}{t} \sqrt{\frac{R}{E}}$  –  $d$  бийиктигиндеги пластинканын шарттуу ийилчээктиги (бул

жерде  $d$ –кичинекей тарап  $h_{ef}$  жактарынын же  $a$  пластинканын кичинеси);

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{4}{9} \sigma^2} \tag{49}$$

Бөлүмдүн эсептик (кысылган) чек арасынан  $h_1$  аралыкта жайгашкан негизги туура кырлардан башка бир узата кыр менен бекемделген симметриялуу

кесилиштеги устундун капталындагы бөлүмгөүшул кыр бөлүп турган эки пластинканы өзүнчө эсептөөнү сунуш кылат:

а) кысылган курчоо жана узата кырдын ортосунда жайгашкан пластинканы төмөнкү формулада:

$$\frac{\sigma}{\sigma_{cr1}} + \left( \frac{\tau}{\tau_{cr1}} \right)^2 \leq \gamma_c, \quad (50)$$

бул жерде

$$\sigma_{cr1} = \frac{4,76}{1 - \frac{h_1}{h_{ef}}} \frac{R}{\lambda_1^2}$$

(51)

(мында  $\bar{\lambda}_1 = \frac{h_1}{t} \sqrt{\frac{R}{E}} - h_1$  бийиктиктеги пластинканын шарттуу ийилчээктиги);

$\tau_{cr1}$  – (47) формуласы боюнча текшерилип жаткан пластинканын өлчөмдөрүн кошуу менен аныктоо сунушталат;

$\gamma_c$  – ушуну менен кошо

$$\sigma_i = \sqrt{\left( 1 - \frac{h_1}{h_{ef}} \right)^2 \sigma^2 + 3(0,9\tau)^2};$$

кабыл алуу менен (48) формула боюнча аныктоо

сунушталат

$\gamma_c$  – 15-таблица боюнча кабыл алуу сунушталат;

б) чоюлган курчоо менен узата кырдын ортосунда жайгашкан пластинканы, – төмөнкү формула менен

$$\sqrt{\frac{\sigma^2 \left( 1 - 2 \frac{h_1}{h_{ef}} \right)^2}{\sigma_{cr2}^2} + \left( \frac{\tau}{\tau_{cr2}} \right)^2} \leq \gamma_c \quad (52)$$

бул жерде

$$\sigma_{cr2} = \frac{5,43}{\left( 0,5 - \frac{h_1}{h_{ef}} \right)^2} \frac{R}{\lambda_w^2} \quad (53)$$

$\tau_{cr2}$  – текшерилип жаткан пластинканын өлчөмдөрүн кошо (47) формула менен аныктоо сунушталат;

$\tau_c$  – 15-таблица боюнча кабыл алуу сунушталат

8.6 Катуюлатуунун туура кырлары менен гана бекемделген капталда алардын чыгып турган  $b_h$  бөлүгүнүн жазылыгы симметриялуу жуп кыр үчүн  $\frac{h_{ef}}{30} + 40$  мм ден

кем эмес;  $t_s$  кырынын калыңдыгы  $\frac{b_n}{12}$  кем эмес, ал эми кырларынын ортосундагы аралык  $2h_{ef}$  ашпоосу керек.

8.7 Капталды туура кырлар жана бир узата кыр менен бекемдөөдө катуулатуунун кырларынын  $I_s$  кесилиштеринин инерциясынын зарыл моменттерин төмөнкүдөй аныктоо сунушталат:

$$\text{туура кырлар үчүн } I_s = 3h_{ef}t^3 \quad (54)$$

формуласы боюнча

узата кыр үчүн 29-таблицасынын формулалары боюнча алардын чектүү маанилерин эске алуу менен.

Узата жана туура кырларынын капталдын бир жагында жайгашуусунда ар биринин кесилиштеринин инерциясынын моменттери кырга эң жакын турган капталдын кыры менен дал келишкен окко карата эсептелип чыгат.

29 – т а б л и ц а

$\frac{h_1}{h_{ef}}$	$I_{sl}$ узата кырынын кесилишинин инерциясынын зарыл болгон momenti	Чектүү маанилери	
		минималдуу $I_{sl,min}$	максималдуу $I_{sl,max}$
0,20	$(2,5 - 0,5 \frac{a}{h_{ef}}) \frac{a^2 t^3}{h_{ef}}$	$1,5h_{ef}t^3$	$7h_{ef}t^3$
0,25	$(1,5 - 0,4 \frac{a}{h_{ef}}) \frac{a^2 t^3}{h_{ef}}$	$1,5h_{ef}t^3$	$3,5h_{ef}t^3$
0,30	$1,5h_{ef}t^3$	—	—
Э с к е р т ү ү – $\frac{h_1}{h_{ef}}$ орто аралык маанилер үчүн $I_{sl}$ эсептөөдө түз сызыктуу интерполяцияга жол берилет			

8.8 Таянычтын үстүндөгү курамдуу кесилиштеги устундун капталынын участогун катуулатуунун кырлары менен бекемдөөдө таяныч реакциясы менен жүктөлгөн түркүк катары тегиздиктен узата ийилүүсүнө эсептөө сунушталат. Бул түркүктүн эсептик кесилишине катуулантуучу кырдын кесилишин жана ар бир кырдын капталынан  $0,5t\sqrt{\frac{E}{R}}$  жазылыктагы капталдын тилкесинин кесилишин дагы кошуу сунуш кылынат.

Катуулантуунун таяныч кырларынын төмөнкү учтары устундун төмөнкү курчоосуна тыгыз шыкалып же ширетилип жана таяныч реакциянын таасирине эсептелиши керек.

**Борбордук, - борбордон тышкары кысылган жана кысылып-ийилүүчү элементтердин капталдары**

8.9 Борбордук – кысылган элементтер үчүн  $\bar{\lambda}_w = \frac{h_{ef}}{t} \sqrt{\frac{R}{E}}$  капталынын шарттуу ийилчээктигин 30 таблицанын формулалары боюнча аныктала турган маанилерден чоң эмес кабыл алуу сунушталат.

Элементтин кесилишин чектүү ийилчээктиги боюнча дайындоодо, жана ошондой эле эсептөө менен тиешелүү түрдө негиздөөдө  $\bar{\lambda}_w \sqrt{\frac{R\varphi}{\sigma}}$  (где  $\sigma = \frac{N}{A}$ ) коэффициентине, бирок 1,5 эседен көп эмес көбөйтүү сунуш кылынат. Бул жерде  $\bar{\lambda}_w$  маанисин 5,3 төн ашык эмес кабыл алуу сунуш кылынат.

30 – т а б л и ц а

Элементтин кесилиши	Өзөктүн шарттуу ийилчээктигинин маанилериндеги $\bar{\lambda}_w$ эң чоң маанилери	
	$\bar{\lambda} \leq 1$	$\bar{\lambda} \geq 5$
Экитаврдуу	$\frac{52}{\sqrt{\frac{E}{R} + 507}}$	3,1
H–түрүндөгү	$\frac{46}{\sqrt{\frac{E}{R} + 507}}$	3,5
Швеллердик, тик бурчтуу түтүктүү ( $h_{ef}$ – чоң дубалча үчүн)	$\frac{42}{\sqrt{\frac{E}{R} + 507}}$	2,5
Квадраттуу түтүктүү	$\frac{37}{\sqrt{\frac{E}{R} + 507}}$	2,25
<p><b>Э с к е р т ү ү л ө р</b>                      130-табл. келтирилген маалыматтар ширетилген жана пресстелген профилдерге тиешелүү. 31-табл. кадоолонгон элементтеринин <math>\bar{\lambda}_w</math> маанилерин 5% көбөйтүү сунуш кылынат.</p> <p>2 Орто аралык маанилер үчүн <math>\bar{\lambda}_w</math> эсептөөдө <math>\bar{\lambda}=1</math> жана <math>\bar{\lambda}=5</math> маанилеринин ортосунда түз сызыктуу интерполяцияга жол берилет</p>		

8.10 Борбордон тышкары кысылган жана кысылып-ийилүүчү элементтер үчүн  $\bar{\lambda}_w$  капталынын шарттуу ийилчээктигин  $\alpha = \frac{\sigma - \sigma_1}{\sigma}$  маанисине карата аныкто сунуш кылынат (бул жерде  $\sigma$  – “плюс” белгиси менен кабыл алынуучу жана коэффициенттерин эске албастан эсептеп чыгарылган капталдын эсептик чек арасынын жанындагы эңчоң кысуучу чыңалуу  $\varphi_{ex}$ ,  $\varphi_{exy}$  же сф  $\sigma_1$  – карама-каршы турган капталдын эсептик чек арасындагы тиешелүү чыңалуусу) жана  $\alpha \leq 0,5$  – 6.9 п. боюнча;

$\alpha \geq 1$  – формуласы менен

$$\bar{\lambda}_w \leq 3,1 \sqrt{\frac{R}{\sigma}(2\alpha - 1)}; \quad (55)$$

$\alpha = 0,5$  жана  $\alpha = 1$  де эсептелип чыккан  $0,5 < \alpha < 1$  – маанилеринин ортосундагы түз сызыктуу интерполяция менен аныктала турган маанилерден чоң эмес кабыл алуу сунушталат.

8.11 Борбордон тышкары кысылган же кысылып-ийилүүчү элементтин капталын капталдын ортосунда жайгашкан инерциясынын моменти  $I_{s1} \geq 6h_{ef}^3$ , катуулантуучу кыр менен узатасынан бекемдөөдө, курчоо менен капталдын огунун ортосундагы өтө жүктөлгөн бөлүгүн өз бетинче пластинка катары карап, 8.10 п. талаптарына ылайык текшерүү талап кылынат.

Катуулантуунун узата кырларын элементтердин эсептик кесилиштерине кошуу сунушталат.

Эгерде капталдын туруктуулугу камсыздалбаган болсо, анда эсепке жазылыгы  $0,6 \sqrt{\frac{E}{R}}$ , болгон капталчанын эки четки участогун киргизүү сунуш кылынат.

8.12 Туташ колонналардын жана түркүктөрдүн капталдарын  $\bar{\lambda}_w \geq 2,5$  учурунда бир-биринен  $2h_{ef}$  аралыкта жайгашкан катуулантуунун туура кырлары менен бекемдөө сунуш кылынат; ар бир жөнөтүлүүчү элементте экиден кем эмес кыр болушу керек. Узата кыры бар болгон учурда туура кырларынын ортосундагы аралыкты 1,5 эсеге көбөйтүүгө жол берилет.

Катуулантуунун чыгып турган туура кырларынын минималдуу өлчөмдөрүн 8.6 п. талаптарына ылайык кабыл алуу сунушталат.

### **Борбордук-, борбордон тышкары кысылган, кысылган ийилүүчү жана ийилүүчү элементтердин курчоо такталары жана текчелери**

8.13 Курчоо такталарынын (текчелердин)  $b_{ef}$  салаңдоосунун эсептик жазылыгын төмөнкү аралыкка барабар катары алуу сунуш кылынат: пресстелген,



прокаттык ширетилген жана кадоолонгон курчоочу тактасы жок элементтерде – капталынын кырынан курчоочу тактанын (текченин) четине чейин; курчоочу такталуу кадоолонгон элементтерде – кадоолордун эң жакын чийининен тактанын бош четине чейин. 30°кем эмес салаңдоосу менен бурчту түзгөн вутболгон учурда, салаңдоонун эсептик жазылыгын вут башталганга чейин өлчөө сунушталат (выкружка болгон учурда – ичиндеги вутту кабыл алуу).

8.14 Борбордук-, борбордон тышкары кысылган жана кысылып ийилүүчү элементтерде  $\bar{\lambda}_f = \frac{b_{ef}}{t} \sqrt{\frac{R}{E}}$  курчоочу тактанын (текченин) салаңдоосунун

ийилчээктигинин маанисин  $\bar{\lambda}$  шарттуу ийилчээктигинен жана кесилиштин түрүнөн көз карандылыкта 31 -таблицада көрсөтүлгөн маанилерден чоң эмес кабыл алуу сунуш кылынат (бул жерде  $b_{ef}$  8.13 п. ылайык кабыл алынат;  $t$ – салаңдоонун калыңдыгы). Элементтин жетишерлик эмес чыңалуусунда

31-табл.  $\bar{\lambda}_f$  эң чоң маанисин  $\sqrt{\frac{R\varphi_m}{\sigma}}$  эсе, бирок 1,5 эседен көп эмес көбөйтүү сунуш кылынат, бул учурда  $\bar{\lambda}_f$  маанилерин 1,3 ашык эмес кабыл алуу керек (бул жерде  $\varphi_m$  –өзөктүн туруктуулугун текшерүүдө колдонулган  $\varphi, \varphi_e, \varphi_{ex}, \varphi_c, \varphi$ , маанилеринен аз;  $\sigma = \frac{N}{A}$ ).

31 – т а б л и ц а

Текченин (курчоо тактасынын жана элементтин кесилишинин мүнөздөмөлөрү	Өзөктүн шарттуу ийилчээктигиндеги маанилериндеги $\bar{\lambda}_f$ эң чоң маанилери	
	$\bar{\lambda} \leq 1$	$\bar{\lambda} \geq 5$
Четтери кыюуланбаган эки тавр жана тавра	$\frac{14}{\sqrt{\frac{E}{R} + 507}}$	0,8
Четтери кыюуланбаган чоң бирдей эмес такталуу тик бурчтуктун, таврдын капталы жана швеллердин капталы	$\frac{15}{\sqrt{\frac{E}{R} + 507}}$	0,8
Четтери кыюуланбаган бирдей текчелүү тик бурчтуктардын	$\frac{14}{\sqrt{\frac{E}{R} + 507}}$	0,7

Э с к е р т ү ү – Орто аралык маанилер үчүн  $\bar{\lambda}_f$  эсептеп чыгарууда  $\bar{\lambda}_{ны} \bar{\lambda}=1$  жана  $\bar{\lambda}=5$  деги маанилердин ортосундагы түз сызыктуу интерполяция менен аныктоо сунушталат.

8.15 Ийилүүчү элементтерде курчоо тактасынын (текченин) пресстелген, ширетилген жана кадоолонгон устундардын салаңдоосунун эң чоң ийилчээктигин

31 -таблицада  $\bar{\lambda} < 1$  үчүн келтирилген салаңдоолордун чектүү өлчөмдөрүн эске алуу менен дайындоо сунушталат.

Горизонталдуу такталары жок кадоолонгон устундардын кысылган курчоолорунда тик бурчтуктардын кыюуланбаган текчелеринин эң чоң ийилчээктигин

$$\bar{\lambda}_f = 0,6 + \sqrt{\frac{R}{E}} \quad (56)$$

формуласы боюнча кабыл алуу сунушталат.

Элементтин чала чыңалуусунда курчоочу тактанын (тактачанын) эң чоң ийилчээктигин  $\sqrt{\frac{R}{\sigma}}$  эсеге, бирок 1,5 эседен ашык эмес көбөйтүү сунуш кылынат.

бул жерде  $\sigma$  – эки маанинин чоңу:

$$\sigma = \frac{M}{\varphi_b W} \quad \text{же} \quad \sigma = \left| \frac{M_x y}{L_{xn}} + \frac{M_y x}{L_{yn}} \right|$$

8.16 Эркин салаңдоолорду жооноюулар (бульбалар) менен күчтөндүрүүдө

салаңдоонун эң чоң мааниси  $\bar{\lambda}_f = \frac{b_{ef1}}{t} \sqrt{\frac{R}{E}}$  [бул жерде  $b_{ef1}$  – жооноюунун борборуна бириге турган капталдын (текченин) кырына же вуттун башталышына чейин өлчөнө турган курчоонун такталарынын же текчелеринин салаңдоосунун эсептик жазылыгы; 8.13 п. кара]

$$\bar{\lambda}_{f1} = k \bar{\lambda}_f, \quad (57)$$

формуласы менен аныктоо сунушталат, анда  $k$   $\bar{\lambda}_f, \gamma_1, \bar{\lambda}$ ; жараша 32-табл. боюнча аныктала турган коэффициент.

$\bar{\lambda}_f$  – 31-табл. боюнча кабыл алына турган жооноюунун жогундады шарттуу ийилчээктигинин эң чоң мааниси.

$\gamma_1$  чоңдугу барабар:

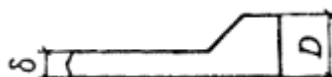
$$\gamma_1 = \frac{D}{t}$$

бул жерде  $D$  – жумуру бульбанын диаметрине барабар болгон жооноюунун өлчөмү; нормалдуу профилдеги квадраттык жана трапеция сымал жооноюуларда  $D$  – бульбанын жазылыгы 1,5  $D$  дан кем эмесе жооноюунун бийиктиги трапеция сымал (9-сүр.) жана  $D$  дан аз тик бурчтуу жооноюуларда.

32 – т а б л и ц а

Кесилиш	$\bar{\lambda}_f$	$r_1$	Мааниси $k$ коэффициентинин (57) формуласында $\bar{\lambda}$ барабар ийилчээктикте	
			1	5
Швеллер, эки тавр	$0,35 \leq \bar{\lambda}_f \leq 0,60$	2,5	1,06	1,35
		3,0	1,24	1,69
		3,5	1,46	2,05
	$0,75 \leq \bar{\lambda}_f \leq 0,90$	2,5	1,04	1,28
		3,0	1,20	1,59
		3,5	1,40	1,94
Тик бурчтук, тавр, кресттик	$0,35 \leq \bar{\lambda}_f \leq 0,60$	2,5	1,06	1,17
		3,0	1,24	1,47
		3,5	1,46	1,67
	$0,75 \leq \bar{\lambda}_f \leq 0,90$	2,5	1,04	1,13
		3,0	1,20	1,35
		3,5	1,40	1,67

Э с к е р т ү ү – аралык баалуулуктар үчүн  $\bar{\lambda}_f$  ден 0,6 га 0,75 чейинки орто аралык маанилер үчүн жана  $\bar{\lambda}$  1 ден 5 ке ийилчээктигинин  $k$  коэффициенти түз сызыктуу интерполяция менен аныкталат.



9-сүр. Жооноюнун схемасы (бульбанын)

8.17 Параллелдик түзүүчү менен бир калыпта кысылган айлануунун тегерете туюк цилиндрлик каптоолорунун туруктуулугун эсептөөнү

$$\sigma_1 \leq \gamma_c \sigma_{cr1} \tag{58}$$

формуласы боюнча аткаруу сунушталат,

бул жерде  $\sigma_1$  – каптоодогу болжолдуу чыңалуу;

$\sigma_{cr1}$  – маанилеринин кичинесине барабар опуртал чыңалуу  $\psi R$  же  $\frac{cET}{r}$  (бул жерде  $r$  – каптоонун ортоңку бетинин радиусу;  $t$  – каптоонун калыңдыгы).

$\Psi$  жана  $c$  коэффициенттеринин маанилерин тиешелүү түрдө 33- жана 34- табл. боюнча аныктоо сунушталат.

Түзүүчүгө параллелдүү борбордон тышкары кысуу болгондо же  $0,07E\left(\frac{t}{r}\right)^{\frac{3}{2}}$  маанилеринен аштаган моменттин ордунда жанып өтүүчү чыңалууларда диаметралдык тегиздиктеги таза ийилүүдө  $\sigma_{cr1}$  чыңалуусун  $\left(1,1 - 0,1\frac{\sigma_1'}{\sigma_1}\right)$  эсе көбөйтүү сунуш кылынат, бул жерде  $\sigma_1'$  – эң аз чыңалуу (чоюучу чыңалуунун терс катары эсептөө керек).

8.18  $\bar{\lambda} = \lambda\sqrt{\frac{R}{E}} \geq 0,65$  шарттуу ийилчээктикте 4 – бөлүк боюнча кысылган же кысылып – ийилиүүчү өзөктөр катары эсепелүүчү жумуру түтүктөрдө шарты аткарылышы керек

$$\frac{r}{t} \leq \frac{280}{1 + 1400\frac{R}{E}}$$

Мындан башка, мындай түтүктөрдүн капталдарынын туруктуулугу 8.17 п. боюнча текшерилиши керек.

Эгерде  $\frac{r}{t}$  35 ти же  $1,7\sqrt{\frac{R}{E}}$  маанилеринен ашпаса, тигишсиз түтүктөрдүн капталдарынын туруктуулугун эсептөө талап кылынбайт.

33–т а б л и ц а

R, Мпа мааниси	Төмөнкүлөргө $\frac{r}{t}$ барабар $\psi$ коэффициенттери								
	0	25	50	75	100	125	150	200	250
$R \leq 140$	1,00	0,98	0,88	0,79	0,72	0,65	0,59	0,45	0,39
$R \geq 280$	1,00	0,94	0,78	0,67	0,57	0,49	0,42	0,29	–
Э с к е р т ү ү – $\psi$ 140 МПа $< R < 280$ Мпа дагы жана $\frac{r}{t}$ орто аралык маанилери үчүн түз сызыктуу интерполяция менен эсептелет.									

34 – т а б л и ц а

$\frac{r}{t}$ мааниси	≤50	100	150	200	250	500
c коэффициенти	0,30	0,22	0,20	0,18	0,16	0,12
Э с к е р т ү ү – $\frac{r}{t}$ орто аралык маанилери үчүн түз сызыктуу интерполяция менен эсептөө сунушталат.						

## 9 Жука такталуу алюминийди колдонуу менен конструкциялардын элементтерин эсептөө

9.1 Жука такталуу алюминий (калыңдыгы 22 мм ге чейин) тосмолоочу жана көтөрүүчү конструкциялардын элементтери катары колдонуу сунуш кылынат:

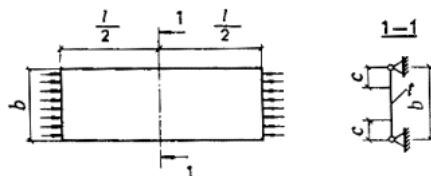
- а) кырлары же атайын штамповкалоо менен бекемделген жалпак такталар;
- б) алдын ала бир багытта кандай болсо, ошондой эле эки багытта дагы чыңалган жалпак такталар жана тасмалар;
- в) бекемдөөсү жок же атайын бекемдөөлөрү бар гофрланган такталар.

### Кысылууга жана ийилүүгө иштеген элементтер

9.2 Контуру боюнча шарнирдүү-таянган бир багытта кысылган жалпак тактаны бекемдикке эсептөөдө (10-сүр.) жумушчу аянтка формуласы менен аныкталуучу  $2c$  өлчөмүндөгү тактанын бир бөлүгү кошулат

$$c = 1,16t \sqrt{\frac{E}{R}}, \tag{59}$$

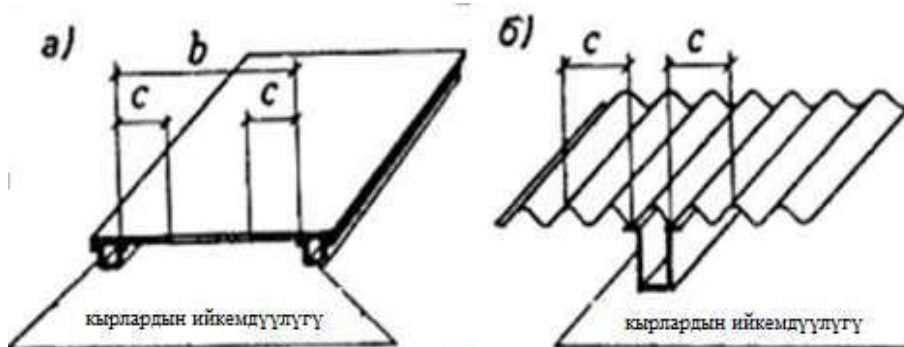
бул жерде  $t$  – тактанын калыңдыгы.



10-сүр. Кысылган жука такталуу элементтин эсептик схемасы  
 $b$  – кесилиштин толук жазылыгы;  $c$  – кесилиштин жумушчу жазылыгы

9.3 Узата жана туурасынан болгон жүктөмдөрдүн аракетинде жука такта кысылуучу чыңалууга ээ болгон узата кырлар менен күчтөндүрүлгөн жука такталуу конструкцияларды бекемдикке жана деформативдүүлүккө эсептөөдө

кырларынын жумушчу аянтына тактанын (59) формуласы боюнча аныкталуучу  $c$  өлчөмдөгү бир бөлүгүн (11 а-сүр.) кошуу сунуш кылынат.



11-сүр. Узата кырлар менен күчтөндүрүлгөн жука такталуу конструкциялардын эсептик схемасы  $a$  –жалпак такта;  $b$ –гофрланган такта

9.4 Контуру боюнча шарнирдүү таянган жана гофрлар тарабына кысылуучу толкундуу жана трапеция сымал гофрлары менен такталарды бекемдикке эсептөөдө  $\frac{a}{b} \geq 3$  (12-сүр., а) жумушчу аянтка тактанын  $2c$  өлчөмүндөгү тактанын бир бөлүгүн кошуу сунуш кылынат:

$$c = 1,04 \sqrt{\frac{K}{tdR} (\sqrt{D_x D_y} + D_{xy})} \quad (60)$$

бул жерде

$$D_x = EL_x; D_y = \frac{K}{d} \frac{Et^3}{12(1-\mu^2)};$$

$$D_{xy} = \mu D_y + \frac{d}{K} \frac{ct^3}{6}; I_x = \frac{I_{x1}}{2K},$$

мындагы  $K, d$  – тиешелүү түрдө периметри боюнча бир жарым толкундун кадамы жана узундугу (13-сүр.);

$I_{x1}$ —бир толкундун инерциясынын моменти.

Качан  $\frac{a}{b} < 3$  мамилеси же гофрланган такта тараптардын  $\frac{a}{b} < 3$  ( 12,б-сүр.

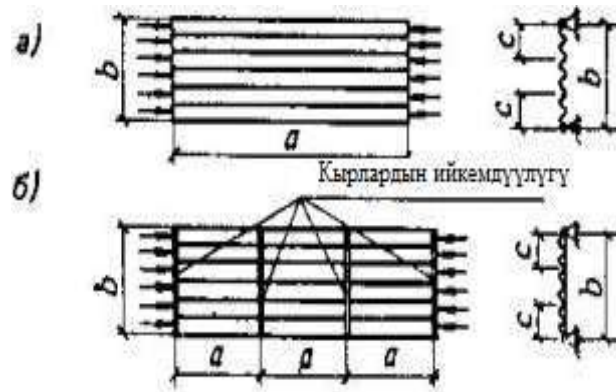
кара) байланышы бар бир катар ячейкаларына инерциянын  $I_s$  моментине ээ болгон (п. 9.5 сүр.кара) туура кырлар менен бөлүнсө,  $c$  нын маанисин

$$c = 0,74 \sqrt{\frac{K}{tdR} (D_x \frac{b^2}{a^2} + 2D_{xy} + D_y \frac{b^2}{a^2})}. \quad (61)$$

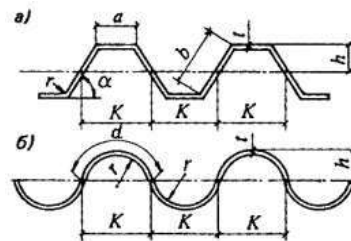
формуласы менен аныктоо сунушталат.

(61) формуласындагы белгилөөлөр (60) формуладагыдай эле;

$a$  менен  $b$  нын маанилерин 12 -сүр. боюнча кабыл алуу сунуш кылынат

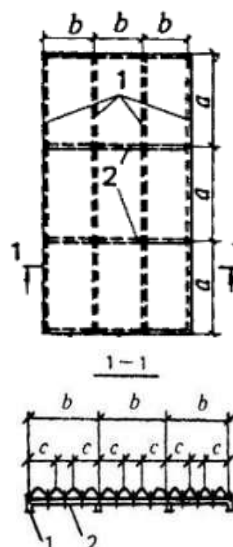


12-сүр. Кысылган гофрланган тактанын эсептик схемасы  
 $a$  –катуулантуунун туура кырлары жок;  $b$ –катуулантуунун туура кырлары менен



13-сүр. Гофр үчүн геометриялык параметрлер

Узата кырлары болгон учурда (14-сүр.) жумушчу аянтка ушул кырлардын аянтын жана кырдан ар бир тарабын көздөй  $c$  өлчөмүндөгү тактанын бир бөлүгүн кошуу сунуш кылынат.



14-сүр. Узата жана туура кырлары бар гофрланган тактадан плитанын схемасы  
 1-узата кырлар; 2-туура кырлар

9.5 (43) формуласы боюнча эсептөөдө катуулантуунун туура кырларынын инерциясынын моменти чоңдугунан аз болбоосу керек

$$I_s \geq \frac{I_x b^4}{4a^3}, \quad (62)$$

Эгерде гофрланган такта жана туура кырлар серпилгичтиктин ар кандай модулдарына ээ болсо, анда

$$I_s \geq \frac{I_x b^4}{4a^3}, \quad (63)$$

бул жерде  $E_2$  кырдын материалынын серпилгичтигинин модулу.

(62) жана (63) формулалардагы белгилөөлөр (60) формуладагыдай эле.

Эгерде,  $I_s$  маанилери көрсөтүлгөн (62) жана (63) формулалардагы чоңдуктардан аз болсо, анда  $c$  нын мааниси (60) формула боюнча эсептелет. Бул учурда  $D_y$  маанисин кабыл алуу керек.

$$D_y = \frac{K}{d} \frac{Et^3}{12(1-\mu^2)} + \frac{EI_s}{a}$$

9.6 Күчтөндүрүүчү кырлары жок гофрланган тактаны туурасынан жүктөм аракет кылганда ийилүүгө эсептөөнү (20) жана (21) формулалар боюнча устун катары эсептөө сунушталат.

Эсептик кесилишке кошула турган трапеция түрүндөгү гофрлуу такталар үчүн кысылган такталардын өлчөмүн (59) формула боюнча аныктоо сунушталат. Бул учурда (20) жана (21) формулаларда  $W_x$  менен  $I_x$  кесилиштин жумушчу аянты үчүн эсептеп чыгуу сунушталат.

9.7 Ийилүүдө эркин таянган гофрланган такталардын  $f$  ийилүүсүн формуласы менен аныктоо сунуш кылынат.

$$f = af_0, \quad (64)$$

Бул жерде  $a$  –жүктөм алдындагы гофрланган тактанын туура кесилишинин деформациясынын аркасында ийилүүсүнүн көбөйүшүн эске алуучу жана төмөнкүлөрдөй кабыл алуучу: толкундуу такталар үчүн– 1ге барабар, трапеция сымалдар үчүн 35-табл. боюнча, трапеция түрүндөгү гофрлуу чапталган катуу жылуулагычы менен (пенопласт тибиндеги) такта үчүн  $a=1$ ;

$f_0$ –эсептеп чыгарууда  $I_x$  9.6 п. ылайык кабыл алынуучу устун катары иштөөчү гофрлонгон тактанын ийилүүсү.



35 – т а б л и ц а

$\frac{b}{a}$ катышы	Гофрдун каптал кырларынын жантаюусунун бурчундагы маанилери, град			
	45	60	75	90
$\geq 2,0$	1,10	1,14	1,20	1,30
1,5	1,15	1,20	1,30	1,40
1,0	1,20	1,25	1,35	1,45
0,5	1,25	1,30	1,40	1,50

*35-табл. кабыл алынган белгилөөлөр:*  
*b*–жантык кырдын өлчөмү;  
*a*–кысылган горизонталдуукырдын өлчөмү (13-сүр. кара).  
 Э с к е р т ү ү – Орто аралык катыштар үчүн *a* маанисин – түз сызыктуу интерполяция менен аныктоо сунуш кылынат.

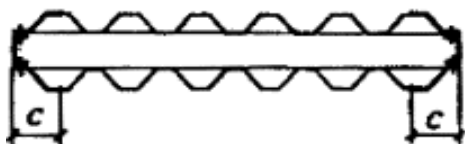
9.8 Ийилтилүүчү гофрланган такталуу узата кырлары менен күчтөндүрүлгөн жука такта конструкцияларын бекемдикке жана ийилүүгө эсептөөнү кырлардын жана тактанын кырдын ар бир тарабынын с өлчөмүндөгү бөлүгүнүн ишкекиришүүсүн (11-б сүр. кара) (60) формула менен туура кырларынын болуусуна карабастан аныктала тургандыгын эске алуу менен эсептөө сунуш кылынат.

9.9 Трапеция түрүндөгү гофрлуу кысылып -ийилүүчү жана чоюлуп -ийилүүчү гофрланган такталарды (салынган жылуулагычы бар үч катмарлуу панелдердин каптоолорун) гофрланган такталардын алардын нейтралдуу окторуна карата инерциясынын моменттеринен башка каптоолорунун жана узата кырларынын биргелешип иштөөсүн камсыз кылууда бекемдигин эсептөөдө узата кырлары жана с өлчөмүндөгү каптоолордун бөлүгү кирген кесилиштин инерциясынын моментин эске алуу сунушталат (15-сүр):

$$c = 47 + 30 \frac{b}{a} - 3,3 \frac{EI_x}{10^5}, \text{ мм} \tag{65}$$

Бул жерде  $\frac{b}{a}$ –туура кырлардын кадамына болгон панелдин жазылыгынын катышы;

$EI_x$ – гофрдун узундуктун бирдигине анын нейтралдуу огуна карата катуулугу, кН·м.



15-сүр. Үч катмарлуу панелдин кесилиши

9.10 Трапеция түрүндөгү гофрлуу ийилүүчү такталардын (13.а сүр. кара) кысылган горизонталдуу кырларынын жергиликтүү туруктуулугун узата жээктеринин серпилгичтүү кыпчылууларын эске алуу менен формуласы менен текшерүү сунуш кылынат

$$\sigma \leq k_{loc} \zeta E \left(\frac{t}{a}\right)^2, \tag{66}$$

бул жерде  $\sigma$  – тышкы жүктөмдөн кырдагы кысуучу чыңалуулар;

$k_{loc}$  – 36 -табл. боюнча кабыл алынуучу коэффициент;

$\zeta$  – 37-табл. боюнча кабыл алынуучу коэффициент

36 – т а б л и ц а

$\frac{b}{a}$ Катышы	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4
Коэффициент $k_{loc}$	5,22	5,15	5,10	5,05	5,00	4,95	4,88	4,84	4,80	4,72
<p>36-табл. кабыл алынган белгилөөлөр</p> <p><math>b</math> – жанык кырдын өлчөмү;</p> <p><math>a</math> – кысылган горизонталдуу кырдын өлчөмү (13-сүр. кара).</p>										

37 – т а б л и ц а

$\frac{\sigma}{R}$ катышы	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0
Коэффициент $\zeta$	1,00	0,86	0,76	0,67	0,61	0,56	0,52	0,48	0,41	0,35
<p>Э с к е р т ү ү – счыңалуу <math>\xi = 1</math> де (66)-(69) формулалар боюнча чыңалган абалга жараша аныктоо сунушталат</p>										

9.11 Трапеция түрүндөгү гофрлуу такталардын жанык кырларынын жергиликтүү туруктуулугун прогондорго же ригелдерге таянган жерлеринде  $E$  тиркемеси боюнча текшерүү сунушталат.

9.12 Ийилүүдөгү толкундуу такталардын жергиликтүү туруктуулугун (13,6 сүр. кара)

$$\sigma \leq 0,22 \zeta E \frac{t}{r} \quad (67)$$

формуласы боюнча текшерүү сунуш кылынат.

9.13 Борбордук -кысылган гофрланган тактанын жалпы туруктуулугун 4.2 п. көрсөтмөлөрүнө жана 2-табл. Б тиркемесине ылайык текшерүү керек. Эсептик узундук үчүн туура кырларынын болгондугуна карабастан гофрланган тактанынанын тегиздигинен жылышып кетүүсүнө тоскоолдук жаратуучу бекитүүлөрдүн ортосундагы аралыкты кабыл алуу сунушталат.

9.14 Борбордук кысылуудагы трапеция формасындагы тактанын элементтеринин туруктуулугун формуласы менен текшерүү сунушталат, бул жерде  $b$ —чоң кырынын жазылыгы

$$\sigma \leq 3,6 \zeta E \left(\frac{t}{b}\right)^2 \quad (68)$$

Борбордук кысылуудагы гофрланган тактанын жергиликтүү туруктуулугун формуласы менен текшерүү сунуш кылынат

$$\sigma \leq 0,12 \zeta E \left(\frac{t}{r}\right) \quad (69)$$

### **Мембраналык конструкциялардын элементтери**

9.15 Мембраналык конструкциялардын элементтерин эсептөөнү мембрана менен контурдун биргелешип иштөөсүнүн негизинде алардын деформацияланган абалын жана мембрананын геометриялык түз эместигин эске алуу менен жүргүзүү сунуш кылынат.

9.16 Мембраналык конструкциялардын элементтерин (мембрананы жана контурду) эсептөөдө төмөнкүлөрдү эске алуу сунушталат:

октук кысылууну;

мембрананын контурдун элементтери менен контактысынын сызыгы боюнча жылышуунун күчү менен пайда болуучу кысылууну;

тангенциалдык жана вертикалдуу тегиздиктердеги ийилүүнү;

мембрананын баштапкы (жүктөмгө чейинки болгон) ийилүүсү.

9.17 Мембрананы эксцентриситет менен контурдун элементтеринин кесилишинин оордугунун борборуна карата бекитүүдө 9.16 п. көрсөтүлгөн факторлордун башка, контурлардын эсептөөлөрүндө толгонууну эске алуу сунушталат.

9.18 Алдын ала чыңалган каптоосу бар мейкиндиктик блокторду эсептөөдө жана катуулуктун учтагы элементтеринин болушунда каркастын элементтеринен күчтөрдү каптоого ишенимдүү өткөрүп берүүнүн шартында ишке блоктун каркасын киргизүү сунуш кылынат.

Кысылган зонада жайгашкан каптоонун алдын ала тартылуусунун чоңдугун эсептик жүктөмдүн аракетинин учурунда андагы суммалык чыңалуулардын нөлгө барабардык шартында аныктоо сунуш кылынат.

Күч параметрлери боюнча чоюу процесстерин жана чоё турган күчтөрдү жөнгө салуу мүмкүнчүлүгүн контролдоо каптоолорду эсептөөдө тактанын алдын ала чоюлуусунун чоңдугун жумуштун шарттарынын  $\gamma_c = 1$  коэффициентин эске алуу менен аныктоо сунуш кылынат. Каптоодо геометриялык параметрлери боюнча контролдоодо чыңалуу төмөнкү шарттарды канааттандырышы керек:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_p + \sigma_F \cdot 1,1 &\leq R; \\ -\sigma_p + \sigma_F \cdot 0,9 &\geq 0, \end{aligned} \right\} \quad (70)$$

Бул жерде  $\sigma_p, \sigma_F$  – тактадагы чыңалуу тиешелүү түрдө алдын ала чоюудан жана тышкы жүктөмдөн.

9.19 Каптоолорунда бир октуу чыңалуусу бар мембраналык конструкциялардын элементтерин эсептөөдө каркастын узата элементтери тарабынан кабыл алынуучу каптоодогу чынжырлуу күчтөрдүн кошумча таасирин эске алуу керек.

9.20 Алюминий эритмелеринен мембраналарды бириктирүүнү жана ошондой эле аларды таяныч контуруна бекитүүнү температуралык өйдө-төмөн болуунун таасирине эсептөө сунушталат (мембрананын жана контурдун материалдарынын түз сызыктуу кеңейишинин коэффициенттеринин айырмачылыгын эске алуу менен).

## **10 Алюминий эритмелеринен конструкцияларды бириктирүүлөрдү эсептөө**

### **Ширетилген бириктирүүлөр**

10.1 Ширетүү тигиштерин 38-табл. формулалары боюнча эсептөө сунуш кылынат.

Эгерде маңдайлаш тигиштер ширетилүүчү элементтердин бүткүл калыңдыгы боюнча салынып жана алардын учтары бириктирүүнүн чектеринен чыгарылган болсо, анда бир-бирине жаткыруу менен эки маңдайлаш тигиштүү ширетилген бириктирүүлөр беттештирип ширетилген бириктирүүнүн эсептик каршылыгына барабар эсептик каршылыкка ээ болот.

10.2 Ийилүүгө иштеген беттештирилип ширетилген бириктирүүлөрдү 9-жана 10-таблицаалар боюнча кабыл алынган эсептик каршылыктары бар бүтүндөй кесилишти эсептөө үчүн формулалар боюнча эсептөө сунуш кылынат.

10.3 Бир эле убакта ийилүүгө жана кесилүүгө иштеп жаткан ширетилген беттештирилген бириктирүүлөрдү

$$\frac{\sigma_w}{2} + \sqrt{\frac{\sigma_w^2}{4} + \tau_w^2} \leq R_w \gamma_c, \tag{71}$$

Бул жерде  $\sigma_w$  – ширетилген бириктирүүдөгү ийилүүдөн чыңалуу ;

$\tau_w$  – ширетилген бириктирүүдөгү кесилүүдөн чыңалуу.

38 – т а б л и ц а

Ширетилген тигиштер	Чыңалган абалы	Эсептик формула
Беттештирилген, аракет кылуучу күчкө перпендикулярдуу жайгашкан	Кысылуу, чоюлуу	$\frac{N}{l_w t} \leq R_w \gamma_c$
Бурчтук	кесилүү	$\frac{N}{l_w \beta_f k_f} \leq R_w \gamma_c$

*38-табл кабыл алынган белгилөөлөр:*  
 $N$ – эсептик узата күч;  
 $l_w=3t$  же  $3k_f$  алып салуу менен анын толук узундугуна барабар болгон тигиштин эсептик узундугу; тигишти бириктирүүнүн чектеринен чыгарууда (ичмектерге ж.б.) тигиштин эсептик узундугуна анын толук узундугу алынат;  
 $t$ – бириктирилүүчү элементтердин эң аз калыңдыгы;  
 $\beta_f$  – төмөнкүлөргө барабар катары алынуучу коэффициент: 0,9 – автоматтык бир- эки өткөөлдүү ширетүүдө; 0,7 – көп өткөөлдүү автоматтык ширетүүдө, өткөөлдөрдүн кандай саны болсо дагы, кол менен жана жарым автоматтык ширетүүдө;  
 $k_f$ – киргизилген бирдей капталдуу үч бурчтуктун катетине барабар катары кабыл алынуучу бурчтук тигиштин катети.

10.4 Бурчтук тигиштин бир эле кесилишиндеги эки багыттагы кесүүчү чыңалууларынын бир мезгилдеги аракетинде эсептөөнү ушул чыңалуулардын бирдей аракет кылуусуна жүргүзүү сунушталат.

10.5 Ага бир эле учурда октук күч жана ийилтүүчү момент аракет кылган элементти бекитүүчү бурчтук тигиштерди (29) формула менен эсептөө сунушталат, анда:

$A_n=A_{wf}$ – тигиштердин эсептик аянты;

$I_{xn}, I_{yn}$ –тигиштердин эсептик аянтынын инерциясынын тиешелүү түрдө  $x-x$  жана  $y-y$  окторуна карата инерциясынын моменти;

$R = R_{wf}$ – бурчтук тигиштин эсептик каршылыгы.

### Кадоолор жана буроолор менен бириктирүүлөр

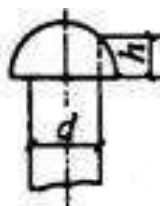
10.6 Кадоолор жана буроолор менен бириктирүүлөрдө бириктирүүнүн оордук борбору аркылуу өтүүчү *Нузатакүчүнүн* аракетинде, бул күчтү кадоолор менен буроолордун ортосунда бөлүштүрүүнү бир калыпта деп кабыл алуу сунушталат.

Узата күчтөрдү кабыл алуучу кадоо жана буроо бириктирүүлөрүн кесилүүгө жана кадоолордун жышылуусуна эсептөөнү 39-табл. формулалары боюнча жүргүзүү сунушталат.

39 – т а б л и ц а

Бириктирүү	Чыңалган абал	Эсептөөнүн формуласы
Кадоолор (же буроолор)	Кесилүү	$\frac{N}{mn \cdot \frac{\pi d^2}{4}} \leq R_{rs} (R_{bs}) \quad (73)$
	Жышылуу	$\frac{N}{nd \sum t} \leq R_{rp} (R_{bp}) \quad (74)$
Буроолор	Чоюлуу	$\frac{N}{n \cdot \frac{\pi d^2}{4}} \leq R_m \quad (75)$
Кадоолор	Кадоонун бөркүнүн үзүлүүсү	$\frac{N}{nm d h} \leq R_s \quad (76)$

*39-таблицада кабыл алынган белгилөөлөр:*  
*N* – бириктирүүгө аракет кылуучу эсептик узата күч;  
*n* – бириктирүүдөгү кадоолордун жана буроолордун саны;  
*ns* – бир кадоонун же буроонун жумушчу кесилүүсүнүн саны;  
*d* – кадоо үчүн көзөнөктүн диаметри же буроонун өзөгүнүн тышкы диаметри;  
 $\sum t$  – бир багытта жышылуучу элементтердин эң аз суммардык жоондугу;  
*d<sub>o</sub>* – буроонун сайынын ички диаметри;  
*h=0,4d* – бөркүнүн жулунуп кетүү бетинин бийиктиги (16-сүр.).  
 Э с к е р т ү ү –Буроолорду кесилүүгө жана жышылууга эсептөөнү *R<sub>rs</sub>* и *R<sub>rp</sub>* ны тиешелүү түрдө *R<sub>bs</sub>* жана *R<sub>bp</sub>* га алмаштыруу менен (73) жана (74) формулалары боюнча жүргүзүү сунушталат.



16-сүрөт. Жумуру бөрктүү кадоо

10.7 Бир эле учурда кесилүүгө жана чоюлууга иштеген кадоолор менен буроолорду өз-өзүнчө кесилүүгө жана чоюлууга текшерүү сунушталат.

10.8 Бир элементтин экинчисине прокладкалар же башка орто аралык элементтер аркылуу бекитүүлөрдө, ошондой эле бир тараптуу накладкалар менен бекитүүлөрдө кадоолордун (буроолордун) саны эсептик санынан 10% га көбөйтүлүшү керек.

Тик бурчтуктардын же швеллерлердин чыгып турган текчелерин бакенелердин жардамы менен бекитүүдө, бакененин текчелеринин бирине бекитүүчү кадоолордун (буроолордун) саны эсептик санга караганда 10% га көбөйтүлүшү керек.

### Жогорку бекемдиктеги болот буроолор менен монтаждык бириктирүүлөр

10.9 Жогорку бекемдиктеги болот буроолор менен монтаждык бекитүүлөрдү беттештерде жана бекитүүлөрдө жогорку бекемдиктеги буроолордун керүүсүнөн бириктирилүүчү элементтердин тийишип туруучу тегиздиктери боюнча пайда болуучу сүрүлүү аркылуу аракет кылуучу күчтөрдү эсепке алуу менен эсептөө сунушталат. Бул учурда буроолордун ортосундагы узата күчтү бөлүштүрүү бирдей катары кабыл алуу сунуш кылынат.

10.10 Бир жогорку бекемдиктеги буроо менен тартылган бириктирилүүчү элементтин сүрүлүүсүнүн ар бир бети кабыл ала турган  $Q_{bh}$  эсептик күчүн формуласы менен аныктоо сунушталат

$$Q_{bh} = \frac{R_{bh} \gamma_b A_{bn} \mu}{\gamma_h}, \tag{72}$$

$R_{bh}$  – КР КЧ 53-01 ылайык аныктала турган жогорку бекемдиктеги буроонун эсептик каршылыгы;

$\gamma_b$  – 0,8 барабар катары кабыл алынуучу бириктирүүнүн иштөөсүнүн шартынын коэффициенти;

$A_{bn}$  – КР КЧ 53-01 ылайык аныктала турган нетто буроонун кесилишинин аянты;

$\mu$  – 40 табл. боюнча кабыл алынуучу сүрүлүүнүн коэффициенти;

$\gamma_h$  – КР КЧ 53-01 ылайык кабыл алынуучу бекемдиктин коэффициенти.

40 – т а б л и ц а

Бириктирилүүчү беттерди иштетүүнүн ыкмасы	Кум агымдуу тазалоо	Бетти оюу кылуу	Иштетпестен (майсыздандыруудан кийин)
Сүрүлүү коэффициент $\mu$	0,45	0,4	0,15

Бириктирүүдөгү  $n$  жогорку бекемдиктеги буроолордун санын узата күчтүн аракетинде төмөнкү формула боюнча аныктоо сунуш кылынат:

$$n \geq \frac{N}{k_1 \gamma_c Q_{bh}}, \quad (77)$$

Бул жерде  $k_1$ —бириктирилүүчү элементтердин сүрүлүү бетинин саны.

Жогорку бекемдиктеги буроонун тартылышын  $P=R_{bh}A_{bn}$  октук күч менен жүргүзүү сунушталат.

10.11 Жогорку буроолор үчүн көзөнөктөр менен алсызданган бириктирилүүчү элементтердин бекемдигин эсептөөнү каралып жаткан кесилиштеги ар бир буроого келе турган күчтүн жарымы сүрүлүүнүн күч менен мурда эле берилгендигин эске алуу менен аткаруу сунушталат. Бул учурда начарлаган кесилиштерди текшерүүнү кесилиштин аянты боюнча брутто  $A$   $A_n \geq 0,85A$  болгондо же  $A_n < 0,85A$  болгондогу  $A_c = 1,18A_n$  шарттуу аянты боюнча жүргүзүү сунуш кылынат.

### **Фрезерленген учтары менен бириктирүү**

10.12 Фрезерленген учтары менен бириктирүүлөрдө (кысылган элементтердин тийишкен беттеринде ж.б.) кысуучу күчтү толугу менен учтары аркылуу берилет деп эсептөө керек.

Борбордон тышкары кысылган жана кысылган-ийилүүчү элементтерде ширетүү тигиштери жана буроолор, жогорку бекемдиктегилерди кошо, көрсөтүлгөн бириктирүүлөрдө моменттин аракетинен жана узата күчтүн алардын эң жагымсыз айкалышындагы максималдуу чоюучу күчүнө эсептөө сунуш кылынат.

### **Курамдуу устундардагы курчоолуу бириктирүүлөр**

10.13 эки таврдуу устундардын капталдарын жана курчоолорун бириктирүүчү ширетүү тигиштерин, кадоолорун жана жогорку бекемдиктеги буроолорун 41-табл. боюнча эсептөө сунуш кылынат.



41 – т а б л и ц а

Жүктөм	Бириктирүүнүн түрү	Курамдуу устундарда курчоолуу бириктирүүлөрдү эсептөөнүн формулалары
Кыймылсыз (бөлүштүрүлгөн жана топтолгон)	Бурчтук тигиштер Кадоолор	$\frac{T}{2\beta_f k_f} \leq R_{wf} \gamma_c$ (78) $aT \leq Q_{rs} \gamma_c n_s$ (79)
	Жогорку бекемдиктеги буроолор	$aT \leq Q_{bh} \gamma_c k_1$ (80)
Жергиликтүү топтолгон	Бурчтук тигиштер	$\sqrt{\frac{T^2 + V^2}{2\beta_f k_f}} \leq R_{wf} \gamma_c$ (81)
	Кадоолор	$a\sqrt{T^2 + aV^2} \leq Q_{rs} \gamma_c n_s$ (82)
	Жогорку бекемдиктеги буроолор	$a\sqrt{T^2 + aV^2} \leq Q_{bh} \gamma_c k_1$ (83)

41-табл. кабыл алынган белгилөөлөр:

$T = \frac{QS}{L}$  – туура күч  $Q$  пайда кылуучу узундуктун бирдигине курчоону жылдыруучу күч (бул жерде  $S$ –нейтралдуу окко карата устундун брутто курчоосунун статикалык моменти);

$a$ – курчоонун кадоолорунун же жогорку бекемдиктеги буроолордун кадамы;

$Q_{rs} = R_{rs} n_s \frac{\pi d^2}{4}$  – (73) формуласы менен аныкталуучу бир кадоонун кесилүүгө эсептик күчү;

$n_s$ – бир кадоонун эсептик кесилиштеринин саны;

$Q_{bh}$ – (72) формула менен аныкталуучу бир жогорку бекемдиктеги буроонун эсептик күчү;

$k_1$ –бириктирилүүчү элементтердин сүрүлүү беттеринин саны;

$V = \frac{\gamma_f F}{l_{ef}}$  –  $F$  жүгүнүн басымы (бул жерде  $\gamma_f$  – КЧЖЭ 2.01.07 ылайык кабыл алынуучу коэффициент);

$l_{ef}$ –Д тиркемеси боюнча кабыл алынуучу топтолгон жүктөмдүн бөлүштүрүлүшүнүн шарттуу узундугу;

$a$  – устундун жогорку курчоосу боюнча жүктөмдөгү кабыл алынуучу коэффициент, анда капталы жогорку курчоого кыналган,  $a$  0,4; капталга кыналуу болбогондо же төмөнкү курчоосу боюнча жүктөм болгондо  $a=1$ .

10.14 Көп такталуу курчоо пакеттери менен кадоолор жана жогорку бекемдиктеги буроолор менен бекитилген устундарда такталардын ар бирин өзүнүн теориялык үзүлүүсүнүн ордунда бекитүүнү тактанын кесилиши кабыл ала турган күчтүн жарымына эсептөө сунуш кылынат. Ар бир тактаны анын үзүлүүсүнүн анык ордуна жана мурдагы тактанын үзүлүүсүнүн ордундагы участокто бекитүүнү тактанын кесилиши кабыл ала турган толук күчкө эсептөө сунуш кылынат.

### **Анкердик буроолор**

10.15 Алюминий эритмелериндеги конструкцияларда анкердик буроолорду болоттон аткаруу сунушталат. Болот анкердик буроолорун эсептөөнү КР КЧ 53-01 боюнча жүргүзүү сунуш кылынат.

## **11 Алюминий конструкцияларын долбоорлоо**

### **Жалпы көрсөтмөлөр**

11.1 Алюминий конструкцияларын долбоорлоодо төмөнкүлөр зарыл:

а) монтаждоо жана эксплуатациялоо процессинде курулманын жана жалпысынан анын элементтерин, аларды курулманын эксплуатациясынын негизги параметрлерине жана режимине карата дайындоо менен туруктуулукту жана мейкиндиктик өзгөрүлбөстүгүн камсыз кылуучу байланыштарын алдын ала кароо (пролеттордун конструктивдик схемасын, температуралык таасирлерди ж.б.);

б) металл конструкцияларын жасап чыгаруучу ишканалардын өндүрүштүк мүмкүнчүлүктөрүн жана монтаждоочу уюмдардын көтөрүүчү-транспорттук жабдуусунун кубаттуулугун эске алуу;

в) конструкциянын элементтерин деталдардын эң аз санынан чогултуу;

г) конструкцияда беттешүүлөрдү (улама) тиешелүү түрдө жайгаштыруу жолу менен металлды эң аз калдыктар жана жоготуулар менен пайдалануу;

д) конструктивдик чечүүлөрдү алдын ала кароо курулушка аларды рационалдуу жана экономикалуу ташып жеткирүүнү эске алуу менен конструкцияларды жөнөтүлүүчү элементтерге бөлүштүрүү;

е) курулуш участогунда ири блоктор менен монтаждоо жана монтаждоо процессинде курулманын айрым элементтери менен блокторунун туруктуулугун камсыз кылуу боюнча конструкциялардын жөнөтүлүүчү элементтерин ирилетүү мүмкүнчүлүгүн алдын ала кароо;

ж) жеңил чогултуу жана монтажда бириктирүүлөрдү ыңгайлуу аткаруу мүмкүндүгүн камсыз кылуучу элементтердин монтаждык бекитүүлөрүн (монтаждык столчолорду куруу ж.б.) жана ошондой эле конструкцияларды текшерүүнүн тездетүүнү алдын ала кароо;

з) элементтердин монтаждык буроолук бириктирүүлөрүн алдын ала кароо; ширетилген жана кадоолор менен монтаждык бириктирүүлөргө буроолорду колдонуу рационалдуу эмес же ченемдик документтер менен руксат берилбеген учурда гана жол берүү.

11.2 Элементтердин ийилүүлөрү жана орун которуулары КЧЖЭ 2.01.07 менен белгиленген чектерди ашпосу керек

Элементтердин салыштырма ийилүүлөрү 42-таблицада келтирилген маанилерден ашпосу керек.

11.3 Бир кабаттуу имараттардын жана курулмалардын алюминий конструкцияларына температуралык жана климаттык таасирлерди 43-табл. ылайык температуралык тигиштеринин ортосундагы эң чоң аралыктарды сактоо жолу менен, жана ошондой эле тосмолоочу конструкцияларды, алардын беттештерин жана жылчык жапкычтарын долбоорлоодо конструктивдүү чараларды колдонуу менен эске алуу сунушталат.

11.4 Имараттардын тосмолоочу конструкцияларын (дубалдары жана каптоолору, айрым панелдер, настилдери жана алардын беттештери) ошондой эле имараттын каркасына тосмолоолорду бекитүүнүн деталдарын жыл бою температуранын өзгөрүүлөрүн эске алуу менен, ошону менен бирге тосмолоолордун жылуулук техникалыккасиеттерин жана герметикалууулугун сактап, ушул эле учурда температуралык деформациялардын эркиндигин камсыз кылуу менен долбоорлоо сунуш кылынат.

11.5 Тосмолоочу конструкцияларды эсептөөдө тышкы беттердин температурасынын өзгөрүүлөрүнүн маанилерин КР КЧЖЭ 23-02 ылайык тышкы абанын жылдын жай мезгилиндеги жана кыш мезгилиндеги температурасынын эсептикмаанилеринен алып аныктоо сунуш кылынат. Мында жай мезгилинде күн радиациясынын таасири эске алынышы керек.

11.6 Тосмолоочу конструкциялардын тышкы жана ички беттеринин ортосундагы температуранын эсептик өзгөрүүлөрүн имаратты эксплуатациялоонун ички температуралык режимин эске алуу менен кабыл алуу сунуш кылынат.

Конструкциялардын элементтери	Элементтердин салыштырмалуу ийилүүлөрү ( l пролетуна карата)
1. Жабуулардын жана чатырдын жабууларынын устундары: башкы устундар прогондор обрешеткалар 2. Жабуулар, анын ичинде чоң пролеттуу, асма транспортсуз	 1/250 (1/200) 1/200 (1/150) 1/150 (1/125) 1/300 (1/250)
3. Фахверктин элементтери: түркүктөр, ригелдер	1/300 (1/200)
Айнек прогондору (вертикалдуу жана горизонталдуу тегшиздиктерде)	1/200
4. Дубал панелдери:	
Айнектелген	1/200
Айнектелген эмес	1/125 (1/100)
5. Чатырды жабуу панелдери, асма шыптар	1/150 (1/125)
6. Госмолоочу конструкциялардын вертикалдуу жана горизонталдуу элементтери (импосттор) айнектөөдө:	
бирден	1/200
Айнекпакеттер менен	1/300
<p><b>Э с к е р т ү ү л ө р</b></p> <p>1 Кашаалардын ичинде келтирилген ийилүүлөрдүн чоңдуктары негиздемелер болгон учурда гана жол берилет (тажрыйба түрүндөгү курулуш, курулуштук бийиктөө болгондо ж.б.).</p> <p>2 Ийилүүлөрдүн чектүү маанилерин беттештердин тыгыздыгын сактоо шарттарынан тиешелүү негиздемелердин болушунда аныктоого жол берилет.</p> <p>3 Асма транспортту колдонууда конструкциялардын ийилүүлөрүн көтөргүч-транспорттук механизмди ченемдүү пайдалануунун шарттарында ар бир конкреттүү учурда аныктоо сунушталат.</p>	

## 43 – т а б л и ц а

Имараттардын жана курулмалардын мүнөздөмөлөрү	Эң чоң аралыктар, м		
	Температуралык тигиштердин ортосунда		Температуралык тигиштен же имараттын учунан эң жакын вертикалдуу байланыштын огуна чейин
	Блоктун узундугу боюнча (имаратты узата)	Блоктун жазылыгы боюнча	
Жылытылуучу имараттар	144	120	72
Жылытылбай турган имараттар жана ысык цехтер	96	90	48
Ачык эстакадалар	72	–	36

Э с к е р т ү ү – Эң чоң аралыктар жабууларынын же (жана) дубалдарынын конструкциялары алюминийден, ал эми колонналары болоттон же алюминийден жасалган имараттар жана курулмалар үчүн көрсөтүлгөн.

11.7 Тосмолоочу конструкцияларды долбоорлоо учурунда жылуулаткыч, клей жана герметиктер үчүн материалдарды тандоону тосмолоочу конструкциялардын тышкы жана ички беттеринин ортосундагы температуранын эсептик өзгөрүүсүнүн чоңдуктарын эске алуу менен жүргүзүү сунуш кылынат.

11.8 Конструкцияларда техникалык-экономикалык негиздөөлөрдө алюминийди башка курулуш материалдары менен айкалыштырууда (алюминий жана жыгач терезе жана эшик конструкцияларында, алюминий жана полимерлер дубалдык жана чатыр конструкцияларында ж.б.) Мында серпилгичтик модулдарынын чоңдуктарындагы жана материалдардын түз сызыктуу кеңейүүсүнүн коэффициенттеринин айырмачылыктарын эске алуу зарыл жана ошондой эле алюминийди контакттык коррозиядан коргоо боюнча иш чараларды алдын ала кароо керек.

11.9 Жыйналуучу-чачылуучу имараттардын конструкцияларында алюминийди төмөнкүдөй түрдө колдонуу сунуш кылынат:

дубалдар, чатырлар, бөлмөлөр, эшиктин жана терезелердин проемдору үчүн тосмолоочу толук жыйналуучу элементтер ж.б.;

толук заводдук даярдыктагы буроолору менен монтаждык бирикмелери бар алып жүрүүчү элементтер ж.б.

11.10 Жыйналуучу-чачылтылуучу имараттардын тосмолоочу жана алып жүрүүчү конструкцияларынын элементтерин долбоорлоодо алардын өз ара алмаштырылуучулугун алдын ала кароо сунушталат. Монтаждык түйүндөрү менен беттешүүлөрүн кирдин, чаңдын, нымдын ж.б. топтолушун болтурбай турган орундарда жайгаштыруу зарыл.

11.11 Ташуу учурунда жыйналуучу-чачылуучу имараттардын жана курулмалардын элементтеринин сакталышын аларды пакеттөө жана контейнерлерде ташуу жолу менен алдын ала кароо сунушталат.

11.12 Алюминий конструкцияларын жана архитектуралык багыттагы буюмдарды коргоочу -декоративдик жасалгалоо үчүн мамлекеттик стандарттар менен каралган материалдарды жана тиешелүү түрдөгү конструкциялардын типтүү чиймелерин колдонууга жатат.

11.13 Тосмолоочу конструкцияларды ачуунун, фиксирлөөнүн зарыл болгон приборлорун жана башка буюмдар менен материалдарыништеп чыгуу менен бирдикте долбоорлоо сунуш кылынат.

11.14 Тосмолоочу алюминий конструкцияларын долбоорлоодо тездетилген эскирүүгө, жыртылууга же ремонтко жакын элементтерди жеңил алмаштыруу мүмкүнчүлүгүн камсыз кылуу зарыл (мисалы, тыгыздоочу прокладкаларды, айнектерди ж.б.).

11.15 Имараттардын жана курулмалардын тосмолоочу жана көтөрүүчү конструкцияларында ТЭ 101-81\* көрсөтмөлөрүнүн негизинде атайын негиздемеде жол берилет.

11.16 Агрессивдүү чөйрөлөрдүн өндүрүштүк жана айыл чарба имараттарынын жана курулмаларынын коррозиялык туруктуулугун КЧЖЭ 2.03.11 га ылайык алюминийдин маркасын жана абалын, рационалдуу конструктивдик формаларын жана минималдуу калыңдыктарын тандоо жолу менен камсыз кылуу сунуш кылынат.

## 12 Конструктивдик талаптар

### Жалпы көрсөтмөлөр

12.1 Бириктирүүнүн түрүн (ширетүү, буроолор, кадоолор ж.б.) бириктирүү жумушунун мүнөзүнө жараша жана бириктирүүнүн түрү менен аныкталуучу алюминийдин начарлоосунун даражасын эске алуу менен жүргүзүү сунушталат.

Көтөрүүчү конструкциялардын элементтеринин ширетилген бириктирүүлөрүн эреже катары заводдук шарттарда аткаруу сунушталат. Ширетилген конструкцияларды долбоорлоодо кондукторлорду колдонуунун алдын ала кароо зарыл.

12.2 Жука такталуу тосмолоочу конструкциялар жана алардын бириктирүүлөрүн ширетилген жана кадоолонгон кылып долбоорлоо сунуш кылынат (каптоолорду каркастарга заводдук жана монтаждык бекитүүлөр, жука такталуу

элементтерди ирилетүү үчүн беттештиктер, чатырдык жабууларындагы беттештиктер), ошондой эле фалецтердеги жана кыпчыткычтардагы бириктирүүлөрдү ж.б. колдонуу менен.

12.3 Ширетилүүчү жука такталуу конструкцияларды долбоорлоодо конструкциялардын тышкы көрүнүшүн төмөнкүдөй жол менен камсыз кылуу зарыл: ширетилген бириктирүүлөрдүн талап кылынган тышкы көрүнүшүн камсыз кылуучу ширетүүнү ыкмасын тандоо менен; ширетилген бириктирүүлөрдө жылчык толтургучтарды жана башка конструктивдик элементтерди орнотуу менен; катуу кондукторлорду колдонуу менен; ширетүүдөгү деформацияларды азайтуу үчүн ширетүү тигиштерин чыңоо жолу менен ж.б.

12.4 Аноддоо менен коррозияга каршы коргоого арналган конструкцияларда ширетүү бириктирүүлөрүн колдонуу атайын негиздеме болгондо жол берилет.

12.5 Алюминий конструкцияларынын жарымфабрикаттарынын минималдуу калыңдыгын эсептөө менен жана аларды ташуунун жана монтажынын шарттарына жараша дайындоо сунуш кылынат.

Тосмолоочу конструкциялардын элементтеринин калыңдыгы аларды эксплуатациялоонун нормалдуу шарттарында 0,8 мм ден кем эмес жол берилет.

12.6. Алюминийден курулуш конструкцияларын долбоорлоодо мамлекеттик стандарттардын талаптарын эске алып, алюминий профилдеринин каталогдору менен пайдалануу зарыл.

12.7 Күчтөрдүн бир бөлүгүн кадоолор ал эми бир бөлүгүн ширетүү тигиштери көтөрө турган комбинацияланган бириктирүүлөрдү колдонууга тыюу салынат.

12.8 Алюминийди болот менен айкалышта колдонууну төмөнкү курамда жол берилет:

Конструкциялардын алюминий же болоттон ар кандай элементтерин аткарууда бир конструкцияны;

Болот бириктирүүлөрү менен алюминийден жасалган конструкциянын бир элементин (буруолор).

12.9 Госмолоочу конструкциялардын элементтеринин ичмектүү жасалышындагы бириктирүүлөр (витриналар, витраждар, терезелер, эшиктер ж.б.) сынамдык конструкцияларда текшерилиши керек.

Айнектен толтуруунун алюминий каркастын элементтери менен түздөн-түз тийишүүсүнө жол берилбейт.

### **Ширетилген бириктирүүлөрдү конструкциялоо**

12.10 Ширетилген бириктирүүлөрү менен конструкцияларды долбоорлоодо төмөнкүлөр сунуш кылынат:

Ширетүүнүн жогорку өндүрүмдүү механизациялаштырган ыкмаларын колдонуу;

Даярдап чыгарууда конструкцияларды кантовкалоосуз ширетүүнүн мүмкүндүгүн алдын ала кароо;

Ширетүүнүн тандалып алынган ыкмасын жана технологиясын эске алуу менен тигиштерди салуунун орундарына эркин жеткиликтүүлүктү камсыз кылуу;

Ширетүүдө эң аз ички чыңалууларменен деформацияларды камсыз кылуу боюнча талаптарды аткаруу үчүн тигиштердин өлчөмдөрүн жана өз ара жайгашууларын белгилөө жана ширетүүнүн ыкмасын тандоо;

Бир жерде тигиштердин көп санынын топтолушун болтурбоо;

Ширетүү тигиштеринин санын жана өлчөмдөрүн минималдуу зарыл деп кабыл алуу.

12.11 Четтерин ширетүүгө даярдоону ширетүүнүн ыкмасы жана технологиясын, мейкиндиктеги тигиштин жайгашуусун жана ширетилип жаткан элементтердин калыңдыгын МАСТ 14806 жана заводдук нормалдар боюнча эске алуу менен дайындоо сунуш кылынат.

12.12 Ширетилген бириктирүүлөрдү жана түйүндөрдү көтөрүүчү конструкцияларда долбоорлоодо чыңалуулардын концентрациясын төмөндөтүүнү алдын ала кароо сунуш кылынат, бул үчүн тиешелүү конструктивдик чечимдерди жана технологиялык иш чараларды колдонуу керек. Көбүнчө милдеттүү түрдө түбүн ширетүү менен же формалоочу ичмектерди пайдалануу менен беттештирип ширетүүнү алдын ала кароо сунушталат. Беттештирип ширетүүнүн учтарын



беттештирүүнүн чектеринен ашыруу (мисалы, чыгып турган планкалардын жардамы менен) сунушталат.

Ар кандай калыңдыктагы эки тактаны ширетүүдө МАСТ 14806 боюнча скосту түзүү менен калың тактадан жука тактага өтүү сунуш кылынат.

12.13 Эсептик элементтердеги беттештирүүлөрдүн саны минималдуу болушу керек.

12.14 Ширетүү менен бириктирилүүлөр эреже катары конструкциянын элементтеринин азыраак чыңалган орундарында жайгаштыруу сунушталат.

12.15 Пресстелген профилдерден алып жүрүүчү конструкциялардын түйүндөрүндө беттештирип жана таврга ширетилген бириктирүүлөрдү алдын ала кароо керек.

12.16 Ширетилген бурчтук тигиштердин өлчөмдөрү жана формасы төмөнкү талаптарга жооп бериши керек:

$k_f$  тигиштеринин катети (калыңдыгы 4мм жана андан көп элементтерди ширетүүдө) 4 мм ден кем эмес кабыл алуу сунушталат. Учтарын улап бириктирүүлөрдө вертикалдуу өлчөм боюнча катет үстүнкү деталдын бетинен 1 мм ден ашык чыгып турбоосу керек. Эгерде бириктирүүдө жукаараак элементтин бульбасы болсо, анда тигиштин катетинин чектүү  $k_f$  чоңдугу 1,5  $t$  га чейин чоңойтулушу мүмкүн (бул жерде  $t$  – бириктирилүүчү элементтердин эң аз калыңдыгы);

флангдык жана маңдайлаш тигиштердин эсептик узундугу 40 ммден жана  $k_f$  ден аз болбоосу керек;

флангдык тигиш кабыл ала турган күч тигиштин бардык узундугунда пайда боло турган бириктирүүлөрдү кошпогондо, флангдык тигиштин эсептик узундугу  $50k_f$  ашпоосу керек, бул учурда флангдык тигиштин узундугу чектелбейт.

Бурчтук тигиштер менен кабатташтыруу бириктирүүлөрдө кабатташтыруунун чоңдугу эң жука элементтин беш калыңдыгынан аз эмес болушу керек.

12.17 Жука такталуу конструкциялардын ширетилген бириктирүүлөрүн ширетүүнүн колдонулуп жаткан ыкмаларынын технологиялык өзгөчөлүктөрүн эске алуу менен долбоорлоо сунушталат:

Каркастын жоонураак элементтерине каптоолордун жука такталарын ширетүү аргондук жаа же контакттуу чекиттүү ширетүү менен аткарууга жол берилет; контакттык чекиттүү ширетүүдө ширетилүүчү элементтердин калыңдыктарынын катышы 1:3 төн ашпосу керек;

Заводдук шарттарда жука такталуу элементтерди ирилетүү үчүн эреже катары, бекем. Суу өтпөгөн бириктирүүлөрдү алууну камсыз кылуучу контакттык роликтүү ширетүүнү колдонуу сунуш кылынат. Контакттык роликтүү ширетүүдөгү бириктирүүлөрдүн өлчөмдөрү 44 -таблицада берилген.

44 – т а б л и ц а

Эң жука деталдын калыңдыгы, мм	Контакттык чекиттүү ширетүү				Роликтүү ширетүү			
	Ядронун диаметри, мм	Минималдык өлчөмдөрү, мм		Чекиттердин ортосундагы кадам	Куйдурулган зонанын жазылыгы, мм	Минималдык өлчөмдөрү, мм		Тигиштин огуна тактагынын четине чейин аралык
		Тигиштеги кабатташтыруунун <sup>1</sup> жазылыгы	Эки катарлуу (шахмат тартибинде)			Бир катарлуу	Эки катарлуу <sup>2</sup>	
0,5	3–4	10	18	10	3–4	10	12	5
0,8	3,5–4,5	12	25	13	3,5–4,5	10	14	5
1	4–5	14	28	15	4–5	12	16	6
1,2	5–6	16	30	15	5–6	14	20	7
1,5	6–7	18	35	20	6–7	16	24	8
2	7–8	20	42	25	7–8	20	28	10
3	9–10	26	56	35	8–9	24	34	12

<sup>1</sup> Алюминийдин үч тактасын ширетүүдө аны 15-20% чоңойтуу сунуш кылынат.

<sup>2</sup> 30–50 % га ашыра жабуу менен аткарылат.

Жука такталуу элементтерди заводдук шарттарда контакттык чекиттүү, аргондук жаа чекиттүү жана аргондук жаа үзгүлтүксүз тигиш менен ширетүү менен ирилетүүгө жол берилет (бириктирүүлөрдүн өлчөмдөрү 44 -таблицада берилген).

Чатыр жабууларынын беттештерин монтаждык шарттарда ширетүүдө эреже катары, вольфрамдык же эрип кетүүчү электрод менен жаанын импульстук азыктануусу менен аргондук жаа ширетүүсүн колдонуу сунуш кылынат. Бул

учурдагы бириктирүүлөрдүн негизги түрлөрү болуп кабатташтырылган жана борттук болуп эсептелет.

Аргондук жаа чекиттүү ширетүүнү монтаждык шарттарда колдонууда жука такталуу элементтерди бириктирүү үчүн бириктирүүнүн негизги түрү болуп кабатташтыруу болуп эсептелет; кабатташтыруунун чоңдугу 30 мм ден кем болбошу керек.

Аргондук жаа чекиттүү ширетүү менен үч элементтен турган пакетти ширетүүгө жол берилет (пакеттеги эки үстүңкү такталардын калыңдыгы 3 мм ден ашпашы керек).

### **Кадоолуу жана буроолуу бириктирүүлөрдү конструкциялоо**

12.18 Конструкциялардын жумушчу элементтеринде бириктирүүнүн бир тарабында жайгашкан, элементти түйүндө бекитүүчү кадоолордун саны экиден кем болбошу керек.

12.19 Заводдук муздак кадоодо кадоолонуп жаткан скобадагы пакеттин калыңдыгы кадоолордун төрт диаметринен ашпашы керек.

12.20 Кадоолор менен буроолорду, анын ичинде жогорку бекемдиктеги, жайгаштыруунун 45-таблицага ылайык жүргүзүү керек. Түйүндөрдөн жана бирикмелерден тышкары жайгаштырылуучу бириктирүүчү кадоолорду жана буроолорду максималдуу аралыктарда жайгаштыруу керек.

12.21 Болот буроолорду колдонуу менен бириктирүүлөр үчүн аларды контакттык коррозиядан коргоо боюнча иш чараларды кароо зарыл.

12.22 Кадоонун диаметри эң жука элементтин беш калыңдыгынан ашык эмес болушу керек. Кадоонун эсептик диаметри үчүн көзөнөктүн диаметрин кабыл алуу сунушталат.

12.23 Кадоонун формасы жана муздак кадоолоо үчүн анын өлчөмдөрү алюминийден курулуш конструкцияларын жасоого техникалык шарттар менен белгиленет.

12.24 Чатырдын жабуусунун профилденген такталарын кабатташтырып бириктирүүдө (гофрду бойлото) бекитүүнүн элементтерин (буроолор, кадоолор) гофрдун ар бир кырына жайгаштыруу сунуш кылынат.

Калыңдыгы 2 мм ге чейинки мембраналык же алдын ала чыңалган каптоонун бирикмелерин кабатташтырып аткаруу сунушталат, мында стык экиден кем эмес ширетүү чекиттери же кадоолор менен бириктирилиши керек.

12.25 Катуюланткычтын профилденген такталарынын кырларынан же диафрагмалардан конструкцияларда конструкцияны күчтөндүрүүчү гофр жана элемент менен тийишкен ар бир чекитте бириктирүү сунуш кылынат.

12.26 Жука алюминий тасмаларын контур менен бириктирүүнүн конструкциясы алдын ала жөнгө салынуучу тартылууга ээ болушу зарыл жана алюминий, болот же бетон менен контактка жол бербөө керек.

45 – т а б л и ц а

Аралыктын мүнөздөмөсү	Буроолорду жана кадоолорду жайгаштыруудагы аралыктар
<p>Кадоолор менен буроолордун борборлорунун ортосунда бардык багыттарда: минималдуу</p> <p>Четки катарларда кыюулантуучу тик бурчтуктар болбогондо максималдуу чоюлууда жана кысылууда, максималдуу кыюулантуучу тик бурчтуктар бар болгондо: чоюлууда кысылууда</p> <p>Кадоонун борборунан элементтин четине чейин: Күчтү бойлото жана диагональ боюнча минималдуу</p> <p>Кесилген четтеринде күчкө туурасынан минималдуу</p> <p>Ошол эле прокаттык же пресстелген четтеринде максималдуу</p>	<p><math>3d</math> кадоолору үчүн;<math>3,5d</math></p> <p><math>5d</math> же <math>10t</math> буроолор үчүн</p> <p><math>12d</math> же <math>20t</math></p> <p><math>10d</math> же <math>14t</math></p> <p><math>2,5d</math></p> <p><math>2,5d</math></p> <p><math>2d</math></p> <p><math>6d</math></p>
<p><i>45 -табл. кабыл алынган белгилөөлөр—кадоо же буроо үчүн көзөнөктүн диаметри;</i></p> <p><i>t—пакеттин эң жука тышкы элементинин калыңдыгы.</i></p>	

**А тиркемеси**

**Алюминий конструкциялары үчүн  
материалдар жана алардын физикалык мүнөздөмөлөрү**

1 – т а б л и ц а – Имараттардын жана курулмалардын конструкциялары үчүн алюминийдин маркалары жана абалдары

Алюминийдин маркасы жана абалы	Алюминийди жөнөтүү үчүн мамлекеттик стандарттар же техникалык шарттар				
	Химиялык курамы боюнча	Механикалык касиеттери боюнча			
		такталар	профилдер	түтүктөр	тасмалар
I-группа. Тосмолоочу конструкциялар – терезе жана эшик толтуруулары, асма шыптар, тосмолор, витраждар					
АД1М	МАСТ 4784	МАСТ21631	–	–	МАСТ 13726
АМцМ	МАСТ 4784	МАСТ21631	–	–	МАСТ 13726
АМг2М	МАСТ 4784	МАСТ21631	–	МАСТ 18475	МАСТ 13726
АМг2Н2	МАСТ 4784	МАСТ 21631	–	–	МАСТ 13726
АД31Т	МАСТ 4784	–	МАСТ 8617; МАСТ 22233	МАСТ 18482	–
АД31Т1	МАСТ 4784	–	МАСТ 8617; МАСТ 22233	–	–
АД31Т4	МАСТ 4784	–	МАСТ 8617; МАСТ 22233	–	–
АД31Т5	МАСТ 4784	–	МАСТ 8617; МАСТ 22233	–	–
II-группа. Тосмолочу конструкциялар – чатыр жабуучу жана дубал панелдери ж.б.					
АМг2М	МАСТ 4784	МАСТ 21631	–	МАСТ 18475	МАСТ 13726
АМг2Н2	МАСТ 4784	МАСТ 21631	–	–	МАСТ 13726
АД31Т	МАСТ 4784	–	МАСТ 8617; МАСТ 22233	МАСТ 18482	–
АД31Т1	МАСТ 4784	–	МАСТ 8617; МАСТ 22233	–	–

1 – таблицанын аягы

Алюминийдин маркасы жана абалы	Алюминийди жөнөтүү үчүн мамлекеттик стандарттар же техникалык шарттар				
	Химиялык курамы боюнча	Механикалык касиеттери боюнча			
		такталар	профилдер	түтүктөр	тасмалар
АД31Т4	МАСТ 4784	–	МАСТ 8617; МАСТ 22233	–	–
1915	МАСТ 4784	–	МАСТ 8617; МАСТ 22233	МАСТ 18482	–
1915Т	МАСТ 4784	–	МАСТ 8617;	МАСТ 18482	–
<i>IV-группа. III группага кире турган кадоолонгон конструкциялар, жана ошондой эле ширетилген бириктирүүлөрү жок конструкциялардын элементтери</i>					
АМг2Н2	МАСТ 4784	МАСТ 21631	–	–	МАСТ 13726
АД31Т	МАСТ 4784	–	МАСТ 8617; МАСТ 22233	МАСТ 18482	–
АД31Т1	МАСТ 4784	–	МАСТ 8617; МАСТ 22233	–	–
АД31Т4	МАСТ 4784	–	МАСТ 8617; МАСТ 22233	–	–
1925	МАСТ 4784	–	МАСТ 8617; МАСТ 22233	МАСТ 18482	–
1915	МАСТ 4784	–	МАСТ 8617; МАСТ 22233	МАСТ 18482	–
1915Т	МАСТ 4784	–	МАСТ 8617; МАСТ 22233	МАСТ 18482	–
<p><b>Эскертүүлөр</b></p> <p>1 I–IV группалардагы конструкциялар үчүн алардын болжолдуу тизмеси келтирилген.</p> <p>2 АМцМ маркасындагы алюминийди көбүнчө кара түскө аноддоого жаткан декоративдик багыттагы такталуу конструкциялар үчүн колдонуу сунушталат.</p>					

2 – т а б л и ц а – Алюминийдин физикалык мүнөздөмөлөрү

Физикалык мүнөздөмөсү	Маанилери
Серпилгичтигинин модулу $E$ , МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), төмөнкү температурада, °С:	
минус 70	$0,735 \cdot 10^5 (0,75 \cdot 10^6)$
минус 40 тан плюс 50 ге чейин	$0,7 \cdot 10^5 (0,71 \cdot 10^6)$
100	$0,64 \cdot 10^5 (0,65 \cdot 10^6)$
Жылышуунун модулу $G$ , МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), төмөнкү температурада, °С:	
минус 70	$0,274 \cdot 10^5 (0,28 \cdot 10^6)$
минус 40 тан плюс 50 чейин	$0,265 \cdot 10^5 (0,27 \cdot 10^6)$
100	$0,255 \cdot 10^5 (0,26 \cdot 10^6)$
Туурасынан деформациянын Коэффициенти (Пуассондун) $\nu$	0,3
Түз сызыктуу кеңейүүнүн коэффициенти $\alpha$ , °С <sup>-1</sup> , минус 70 тен плюс 100°С чейинки температурада	$0,23 \cdot 10^{-4}$
Тыгыздыктын орточо мааниси $\rho$ , кг/м	2700
Э с к е р т ү ү – Температуранын орто аралык маанилери үчүн $E$ жана $G$ маанилерин түз сызыктуу интерполяция менен аныктоо сунушталат.	

3– т а б л и ц а – Алюминийдин тыгыздыгы

Алюминийдин маркасы	АД1	АМц	АМг	АД31	1935	1925	1915	АЛ8
Тыгыздык, кг/м <sup>3</sup>	2710	2730	2680	2710	2760	2770	2770	2550

4- таблица – Курулуш конструкциялары үчүн колдонулуучу алюминий полуфабрикаттары

Алюминийдин маркасы	Жарымфабрикаттар					
	такталар	тасмалар	плиталар	таякчалар	профилдер	түтүктөр
АД1	+	+	–	–	–	–
АМц	+	+	–	–	–	–
АМг2	+	+	+	–	–	+
АД31	–	–	–	+	+	+
1935	–	–	–	+	+	–
1925	–	–	–	+	+	+
1915	–	–	–	+	+	+

Э с к е р т ү ү – «+»белгиси бул жарымфабрикат курулуш конструкциялары үчүн колдонула тургандыгын билдирет; «–» белгиси – бул жарымфабрикат колдонулбайт.



**Б тиркемеси**

**Борбордук-кысылган элементтердин узата ийилүүсүнүн  $\phi$  коэффициентини**

1-таблицада ушул тиркеменин 2-жана 3- таблицаларында алар үчүн  $\phi$  коэффициентинин маанилери келтирилген кесилиштин схемалары көрсөтүлгөн.

1 – т а б л и ц а –  $\phi$  коэффициентин аныктоо үчүн кесилиштердин схемалары

Кесилиштин тиби	Кесилиштин схемасы	Таблицанын номуру
1		2
2		3

2 – т а б л и ц а – Борбордук-кысылган элементтердин узата ийилүүсүнүн  $\phi$  коэффициентини 1-типтеги кесилиштер үчүн

Элементтердин ийилчээктиги $\lambda$	Төмөнкү маркалардагы алюминий элементтери үчүн $\phi$ коэффициенттери								
	АД1М	АМцМ	АД31Т; АД31Т4	АМГ2М	АД31Т5	АД31Т1; АМГ2Н2	1935Т	1925; 1915	1915Т
0	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
10	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
20	1,000	1,000	0,995	0,982	0,946	0,936	0,930	0,915	0,910
30	0,985	0,955	0,930	0,915	0,880	0,865	0,852	0,838	0,830
40	0,935	0,900	0,880	0,860	0,818	0,802	0,790	0,770	0,758
50	0,887	0,860	0,835	0,812	0,763	0,740	0,772	0,696	0,676
60	0,858	0,820	0,793	0,766	0,705	0,675	0,650	0,615	0,590
70	0,825	0,782	0,750	0,717	0,644	0,605	0,572	0,530	0,500
80	0,792	0,745	0,706	0,665	0,590	0,542	0,500	0,440	0,385
90	0,760	0,710	0,656	0,608	0,510	0,450	0,403	0,348	0,305
100	0,726	0,665	0,610	0,555	0,432	0,367	0,326	0,282	0,246
100	0,726	0,665	0,610	0,555	0,432	0,367	0,326	0,282	0,246
110	0,693	0,625	0,562	0,506	0,382	0,313	0,270	0,233	0,204
120	0,660	0,530	0,518	0,458	0,330	0,262	0,228	0,196	0,171
130	0,630	0,545	0,475	0,415	0,290	0,227	0,192	0,167	0,146
140	0,595	0,505	0,435	0,362	0,255	0,197	0,168	0,144	0,126
150	0,562	0,470	0,400	0,313	0,212	0,168	0,146	0,125	0,110

3 – т а б л и ц а – Борбордук-кысылган элементтердин узата ийилүүсүнүн  $\phi$  коэффициенттери 2-типтеги кесилиштер үчүн

Элементтер- дин ийил- чээктиги $\lambda$	Төмөнкү маркалардагы алюминий элементтери үчүн $\phi$ коэффициенттери								
	АД1М	АМцМ	АД31Т АД31Т4	АМг2М	АД31Т5	АД31Т1; АМг2Н2	1935Т	1925; 1915	1915Т
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
10	1,000	1,000	1,000	1,000	0,990	0,983	0,980	0,967	0,960
20	0,975	0,950	0,940	0,920	0,885	0,880	0,880	0,867	0,860
30	0,922	0,895	0,878	0,862	0,820	0,808	0,802	0,790	0,775
40	0,877	0,842	0,822	0,807	0,760	0,742	0,730	0,715	0,695
50	0,832	0,796	0,773	0,750	0,700	0,678	0,662	0,638	0,613
60	0,795	0,752	0,725	0,698	0,635	0,607	0,590	0,560	0,530
70	0,757	0,713	0,680	0,647	0,574	0,538	0,516	0,482	0,450
80	0,720	0,670	0,635	0,597	0,520	0,480	0,450	0,413	0,380
90	0,690	0,632	0,588	0,545	0,466	0,422	0,392	0,348	0,305
100	0,657	0,593	0,543	0,498	0,410	0,360	0,328	0,282	0,246
110	0,625	0,553	0,500	0,450	0,362	0,310	0,272	0,233	0,204
120	0,590	0,515	0,460	0,408	0,316	0,263	0,230	0,196	0,171
130	0,560	0,480	0,420	0,370	0,280	0,228	0,195	0,1677	0,146
140	0,527	0,445	0,385	0,333	0,237	0,194	0,170	0,144	0,126
150	0,497	0,412	0,352	0,300	0,205	0,166	0,146	0,125	0,110

## В тиркемеси

### Устундардын жалпы туруктуулугун текшерүү үчүн $\varphi_b$ коэффициентин аныктоо

1 Симметриясы эки октуу эки таврдуу кесилиштеги устундар үчүн  $\varphi_b$  коэффициентин аныктоо үчүн

$$\varphi_1 = 1,4 \psi \frac{I_y}{I_x} \left(\frac{h}{l_{ef}}\right)^2 \frac{E}{R}, \quad (1)$$

формуласы боюнча  $\varphi_1$  коэффициентин эсептеп табуу керек, бул жерде  $\psi$  – ушул тиркеменин 1-жана 2 -таблицасы боюнча  $\alpha$  жүктөмүнүн жана параметринин мүнөзүнө жараша аныкталуучу коэффициент.

Пресстелген эки таврлар үчүн  $\alpha$  параметрин

$$\alpha = 1,54 \frac{I_t}{I_y} \left(\frac{l_{ef}}{h}\right)^2, \quad (2)$$

формуласы боюнча эсептеп чыгуу сунушталат. Бул жерде  $I_t = 0,42 \sum b_i t_i^3$  – толгонуудагы инерциянын моменти (мында  $b_i$  жана  $t_i$  – тиешелүү түрдө кесилишти түзүүчү тик бурчтуктардын жазылыгы жана калыңдыгы);

$l_{ef} = 4.13$  п.ылайык аныктала турган устундун эсептик узундугу.

Тегерек кесилиштеги жооноюулардын (бульбалардын) болушунда

$$I_t = 0,42 \sum b_i t_i^3 + n \frac{\pi D^4}{32},$$

мында  $D$  – бульбалардын диаметри

$n$  – кесилиштеги бульбалардын саны.

Ширетилген жана кадоолонгон эки таврдуу устундар үчүн отбортовкалары, четтериндеги жооноюулары жана бурдарындагы олуттуу жооноюулары болбогондо  $\alpha$  параметрин төмөнкү формула боюнча аныктоо сунушталат:

$$\alpha = 8 \left(\frac{l_1}{b_f h}\right)^2 + 1 + \left(\frac{a t^3}{b_f t_1^3}\right), \quad (3)$$

бул жерде

*ширетилген жана пресстелген эки таврдуу устундар үчүн*

тиешелүү түрдө  $t_1, b_f$  – устундун курчоосунун жоондугу жана жазылыгы;

$\alpha = 0,5k$ ;

*кадоолонгон эки таврдуу устундар үчүн*

$t_1$  – курчоонун такталарынын калыңдыгынын жана курчоонун угологунун горизонталдуу текчесинин суммасы;

$b_f$  – курчоонун такталарынын жазылыгы;

$h$  – курчоонун такталарынын пакетинин окторунун ортосундагы аралык;

$a$  – горизонталдык такталардын пакетинин калыңдыгы менен курчоонун угологунун вертикалдуу тактасынын бийиктигинин суммасы;

$f$  – капталдарынын жана вертикалдуу курчоо тик бурчтуктарынын калыңдыгынын суммасы.

1 – т а б л и ц а – Симметриянын эки огу менен эки таврдуу кесилиштеги устундар үчүн  $\Psi$  коэффициенттери

$\alpha$ коэффици- циенти	$\Psi$ коэффициенттери					Жүктөмдү коюу ордуна карабастан, пролетту эки бирдей бөлүккө бөлө турган экиден кем эмес орто аралык бекитүүлөрдүн болуусунда
	Пролетте бекитилбеген устундар үчүн				Жүктөмдү коюу ордуна карабастан, пролетту эки бирдей бөлүккө бөлө турган экиден кем эмес орто аралык бекитүүлөрдүн болуусунда	
	Курчоого коюлган топтолгон жүктөмдө		Курчоого коюлган бирдей бөлүштүрүлгөн жүктөмдө			
	жогоркуга	төмөнкүгө	жогоркуга	төмөнкүгө		
1	2	3	4	5	6	
0,1	0,98	2,80	0,91	2,14	1,20	
0,4	0,98	2,84	0,91	2,14	1,23	
1,0	1,05	2,87	0,95	2,17	1,26	
4,0	1,26	3,05	1,12	2,35	1,44	
8,0	1,47	3,29	1,30	2,56	1,65	
16,0	1,89	3,75	1,68	2,94	1,96	
24,0	2,24	4,10	2,00	3,22	2,24	
32,0	2,56	4,45	2,28	3,50	2,49	
48,0	3,15	4,97	2,73	3,99	2,91	
64,0	3,64	5,50	3,15	4,45	3,33	
80,0	4,10	5,95	3,50	4,80	3,64	

1-таблицанын аягы

α коэффициенттери	ψ коэффициенттери					Жүктөмдү коюу ордуна карабастан, пролетту эки бирдей бөлүккө бөлө турган экиден кем эмес орто аралык бекитүүлөрдүн болуусунда
	Пролетте бекитилбеген устундар үчүн				Жүктөмдү коюу ордуна карабастан, пролетту эки бирдей бөлүккө бөлө турган экиден кем эмес орто аралык бекитүүлөрдүн болуусунда	
	Курчоого коюлган топтолгон жүктөмдө		Курчоого коюлган бирдей бөлүштүрүлгөн жүктөмдө			
	жогоркуга	төмөнкүгө	жогоркуга	төмөнкүгө		
1	2	3	4	5	6	
96,0	4,48	6,30	3,89	5,15	3,96	
128,0	5,25	7,04	4,48	5,78	4,50	
160,0	5,92	7,77	5,04	6,30	5,01	
240,0	7,35	9,17	6,30	7,56	6,09	
320,0	8,54	10,40	7,32	8,40	7,00	
400,0	9,63	11,48	8,16	9,38	7,77	
<p>Э с к е р т ү ү:</p> <p>Устунду пролеттун ортосунда бир бекитүүдө төмөнкү учурларды эске алуу зарыл:</p> <p>Пролеттун ортосундагы топтолгон күчтө (коюунун деңгээлине карабастан) <math>\psi = 1,75\psi_1</math>;</p> <p>Пролеттун төрттөн бир бөлүгүндө топтолгон күчтө же жогорку курчоого коюлган бир калыпта бөлүштүрүлгөн жүктөмдө , <math>\psi = 1,14\psi_1</math>;</p> <p>Төмөнкү курчоого коюлган пролеттун төрттөн бир бөлүгүндөгү топтолгон күчтө, <math>\psi = 1,6\psi_1</math>;</p> <p>Төмөнкү курчоосу боюнча бир калыпта бөлүштүрүлгөн жүктөмдө <math>\psi = 1,3\psi_1</math>;</p> <p>Бул жерде <math>\psi_1</math> маанисин 6 – гр. боюнча кабыл алуу сунушталат (экиден кем эмес орто аралык бекитүүлөр бар болсо</p>						

2 – т а б л и ц а – Симметриясынын эки огу бар эки таврдуу кесилиштеги консолдор үчүнү коэффициенттери

a коэффициенти	Курчоого коюлган $\psi$ жүктөмдөгү коэффициенттери	
	жогоркуга	төмөнкүгө
4	0,875	3,640
6	1,120	3,745
8	1,295	3,850
10	1,505	3,920
12	1,680	4,025
14	1,855	4,130
16	2,030	4,200
24	2,520	4,550
32	2,975	4,830
40	3,290	5,040
100	5,040	6,720

(24) норм формулада  $\varphi_b$  коэффициентинин маанисин төмөнкүдөй кабыл алуу зарыл:

$$\varphi_1 \leq 0,667 \varphi = \varphi_1; \text{ де}$$

Ушул эрежелердин 1-табл. көрсөтүлгөн бардык маркалардагы алюминий үчүн

$\varphi_1 > 0,667 \varphi_b = 0,5 + 0,25\varphi_1$  де АМГ2Н2, АД31Т1 жана АД31Т5, жана  $\varphi_b = \varphi_1$ , бирок андан көп эмес 1,0 – АМГ2Н2, АД31Т1 жана АД31Т5 маркаларындагы алюминий үчүн.

2 Эки таврдуу кесилиштеги симметриясынын бир огу менен устундарга (өнүккөн жогорку курчоосу бар, чиймени кара)  $\varphi_b$  коэффициентин аныктоо үчүн

$$\varphi_1 = 1,41\psi \frac{I_y}{I_x} \frac{2Gh_1}{l_{ef}^2} \frac{E}{R}; \tag{4}$$

$$\varphi_2 = 1,41\psi \frac{I_y}{I_x} \frac{2Gh_2}{l_{ef}^2} \frac{E}{R}; \tag{5}$$

$$\psi = 2,6 \left[ \sqrt{(0,5y_p + \bar{\beta}_y)^2 + c^2} + (0,5y_p + \bar{\beta}_y) \right]. \tag{6}$$

формулалары боюнча  $\varphi_1$  жана  $\varphi_2$  коэффициенттерин эсептеп чыгуу керек.

(4)-(6) формулаларда:

$\zeta$  – жүктөмдүн түрүнө көз каранды болгон жана ушул тиркеменин 3-табл. боюнча кабыл алынган коэффициент;

$h_1, h_2$  – өлчөмдөрү (чиймени кара);

$y_p = \frac{y_p}{h}$  – өз белгиси менен жүктөмдүн коюу чекитине жараша координатасы (чиймени кара);

$$\beta_y = \left[ 0,43 - 0,065 \left( \frac{b_1}{h} \right)^2 \right] (2n - 1);$$

бул жерде

$$n = \frac{I_1}{I_1 + I_2}$$

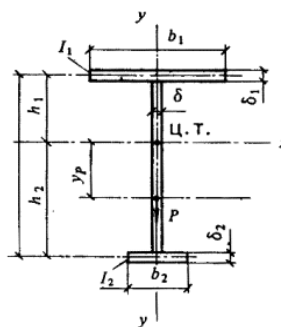
( $I_1, I_2$  – кесилиштин симметриясынын огуна карата тиешелүү түрдө кысылган жана чоюлган курчоолордун инерциясынын моменттери);

$$c^2 = \frac{1}{I_y} \left( \frac{I_1 I_2}{I_y} + 0,04 I_t \frac{h^2}{h^2} \right);$$

$I_t$  – толгонуудагы инерциянын моменти [ушул тиркеменин (2) формуласына белгилөөлөрдү кара].

3-т а б л и ц а – Ушул тиркеменин (4) формуласына  $\zeta$  коэффициенти

Жүктөмдүн түрү	Газа ийилүү	Бир калыпта бөлүштүрүлгөн жүктөм	Пролеттун ортосундагы топтолгон күч	Устундун бир учундагы момент
Коэффициент $\zeta$	1,00	1,12	1,35	1,75



Өнүккөн жогорку курчоолуу устундун туурасынан кесилиши

(24) норм формуласында  $\varphi_b$  коэффициентинин маанисин төмөнкүдөй кабыл алуу зарыл:

$$\varphi_2 \leq 0,667 \quad \varphi_b = \varphi_1 \text{ де;}$$

$$\varphi_2 > 0,667 \quad \varphi_b = \varphi_1 \left[ 0,5 + 0,25 \left( \frac{n}{\varphi_1} + \frac{1-n}{\varphi_2} \right) \right] \text{ де булар үчүн } \varphi_2 \text{ ушул тиркеменин (5)}$$

формуласы боюнча эсептелип чыга турган жана 1,0 ашык эмес кабыл алына турган АМг2Н2, АД31Т1 жана АД31Т5, маркаларын кошпогондо ушул эрежелердин 1-таблицасында көрсөтүлгөн бардык маркалардагы алюминий үчүн.

3 Швеллердик кесилиштеги устундардын туруктуулугун эки таврдуу устундарды текшергендей эле текшерүү керек, бул учурда  $a$  ушул тиркеменин (2) формуласы боюнча эсептелет; табылган маанилери 0,7 коэффициентке көбөйтүлөт.

Ушул тиркемедеги (1) жана (2) формулалардын  $I_x, I_y$  жана  $I_t$  маанилерин швеллер үчүн кабыл алуу сунушталат.



**Г тиркемеси**

**Борбордон тышкары кысылган жана кысылып-ийилүүчү элементтерди эсептөө**

1 – т а б л и ц а – Симметриянын тегиздигине дал келүүчү моменттин аракетинин тегиздигиндеги борбордон тышкары кысылган (кысылып-ийилүүчү) туташ капталдуу өзөктөрдүн туруктуулугун текшерүү үчүн  $\varphi_e$  коэффициенттери

$\bar{\lambda}$ шарттуу ийил- чээктиги	Төмөнкүлөргө барабар болгон келтирилген салыштырмалуу $m_{ef}$ , эксцентриситетиндеги $\varphi_e$ коэффициенттери																				
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
0,5	990	980	973	937	905	880	850	920	767	725	657	567	500	445	360	302	257	225	203	182	165
1,0	947	907	872	837	807	778	752	725	680	637	583	505	445	394	323	272	235	205	186	167	151
1,5	880	832	793	758	726	700	670	647	607	570	518	452	398	355	292	247	215	188	171	153	140
2,0	817	765	723	787	656	627	602	580	540	507	463	405	358	320	265	227	197	175	158	142	130
2,5	750	695	652	617	587	560	536	515	482	452	413	362	322	290	242	208	182	162	146	132	121
3,0	677	618	578	545	517	495	472	455	425	400	367	323	290	262	220	192	167	150	135	123	114
3,5	593	542	505	475	453	434	415	398	374	355	325	288	260	236	202	175	155	140	126	116	108
4,0	505	436	435	412	393	378	362	350	327	312	288	257	233	214	184	159	144	130	117	109	101
4,5	425	395	374	356	342	328	315	306	288	275	255	230	210	193	167	146	132	121	110	102	095

1-таблицанын аягы

λ шарттуу ийил- чээктиги	Төмөнкүлөргө барабар болгон келтирилген салыштырмалуу $m_{ef}$ эксцентриситетиндеги $\phi_e$ коэффициенттери																				
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
5,0	358	338	320	307	295	285	275	268	253	242	227	205	190	175	152	135	123	113	103	096	090
5,5	303	287	276	265	257	248	242	235	225	215	202	185	172	160	140	125	145	105	097	090	085
6,0	257	246	238	230	223	218	213	208	198	192	180	166	155	145	128	115	106	097	090	085	080
6,5	222	212	207	202	197	191	187	183	175	170	161	148	141	132	117	107	097	090	085	080	075
7,0	192	187	181	177	172	168	165	161	155	150	145	135	128	120	108	098	090	085	080	075	070
8,0	148	145	142	139	137	134	132	129	126	123	120	112	107	100	091	085	080	077	072	067	062
9,0	120	117	115	113	111	110	108	107	105	102	100	094	090	086	080	076	072	067	063	059	055
10,0	097	095	093	092	091	090	088	087	085	084	082	080	077	075	070	067	062	060	056	052	048
Эскертүүлөр																					
1 Таблицадагы $\phi_e$ коэффициенттеринин маанилери 1000 эсе чоңойтулган.																					
2 $\phi_e$ маанилерин $\phi$ маанилеринен жогору эмес кабыл алууларды сунуш кылынат.																					

2 – т а б л и ц а – Симметриянын тегиздигине дал келүүчү моменттин аракетиндеги тегиздиктеги борбордон тышкары кысылган (кысылып -ийилүүчү) өтмө өзөктөрдүн туруктуулугун текшерүү үчүн  $\varphi_e$  коэффициенты

Шарттуу ийилчээктик $\lambda_{ef}$	Төмөнкүлөргө барабар болгон келтирилген салыштырмалуу $m_{ef}$ , эксцентриситетиндеги $\varphi_e$ коэффициенттери																				
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
0,5	950	888	825	755	718	660	635	605	540	495	436	370	320	282	232	196	170	157	143	122	110
1,0	882	810	756	693	660	609	582	548	496	453	405	342	296	262	213	182	155	145	130	113	096
1,5	872	753	694	643	607	568	534	507	458	420	375	318	275	243	198	170	144	134	130	105	090
2,0	773	700	640	593	558	523	492	468	423	390	347	294	257	227	185	159	135	125	112	100	084
2,5	712	637	585	543	508	477	450	427	390	358	320	273	240	213	173	150	127	117	105	095	079
3,0	640	575	530	488	458	430	408	387	355	327	294	253	222	197	197	142	121	111	100	092	075
3,5	565	507	467	432	410	385	365	350	321	297	270	232	206	185	155	133	115	106	095	087	072
4,0	490	442	410	382	363	343	327	313	290	269	247	213	190	172	145	125	110	100	090	083	070
4,5	418	382	357	335	320	304	290	280	260	243	223	195	177	160	135	117	105	094	086	080	067
5,0	353	328	309	293	280	268	257	249	233	219	202	178	162	148	127	110	098	089	082	076	064
5,5	300	282	267	255	245	237	228	222	208	197	183	163	150	137	120	105	094	084	077	072	062
6,0	256	242	233	223	216	210	202	197	187	178	166	150	138	128	112	098	090	080	073	068	060
6,5	220	210	205	197	190	185	182	175	167	160	150	136	127	118	103	094	085	076	070	065	058
7,0	192	186	180	173	169	165	162	157	150	145	136	125	117	108	096	090	081	072	067	062	056
8,0	150	145	142	139	135	133	130	127	122	120	112	105	100	092	086	082	072	065	060	056	052
9,0	120	117	115	112	110	108	107	105	101	098	095	090	087	081	077	072	065	058	055	050	048
10,0	097	096	095	093	092	091	090	087	085	083	082	080	076	071	068	064	057	052	048	044	044

Эскертүүлөр:

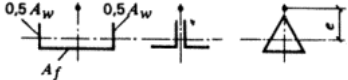
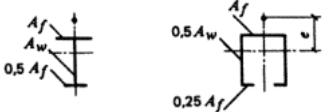
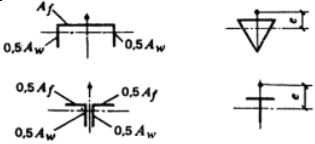
1 Таблицадагы  $\varphi_e$  коэффициенттеринин маанилери 1000 эсе чоңойтулган.

2  $\varphi_e$  маанилерин  $\varphi$  маанилеринен жогору эмес кабыл алууларды сунуш кылынат.

3 – т а б л и ц а – η кесилишинин формасынын таасиринин коэффициенттери

Кесилиштин тиби	Кесилиштин схемасы	$\frac{A_f}{A_w}$ катышы	Төмөнкүдө η коэффициенттери			
			$0 \leq \bar{\lambda} \leq 5$		$\bar{\lambda} > 5$	
			$0,1 \leq m \leq 5$	$5 < m \leq 20$	$0,1 \leq m \leq 5$	$5 < m \leq 20$
1		—	1,0	1,0	1,0	
2		—	0,85	0,85	0,85	
3		—	$0,75 + 0,02\bar{\lambda}$	$0,75 + 0,02$	0,85	
4		—	$(1,35 - 0,05m) - 0,01(5 - m)\bar{\lambda}$	1,1	1,1	
5		0,25	$(1,45 - 0,05m) - 0,01(5 - m)\bar{\lambda}$	1,2	1,2	
		0,5	$(1,75 - 0,1m) - 0,02(5 - m)\bar{\lambda}$	1,25	1,25	
		1,0	$(1,90 - 0,1m) - 0,02(6 - m)\bar{\lambda}$	1,4-0,02	1,3	
6		—	$\eta_s \left[ 1 - 0,3(5 - m) \frac{a_1}{h} \right]$	$\eta_s$	$\eta_s$	
7		—	$\eta_s \left[ 1 - 0,8 \frac{a_1}{h} \right]$	$\eta_s \left[ 1 - 0,8 \frac{a_1}{h} \right]$	$\eta_s \left[ 1 - 0,8 \frac{a_1}{h} \right]$	
8		0,25	$(1,75 + 0,05m) + 0,01(5 - m)\bar{\lambda}$	1,0	1,0	
		0,5	$(0,5 + 0,1m) + 0,02(5 - m)\bar{\lambda}$	1,0	1,0	
		1,0	$(1,25 + 0,15m) + 0,03(5 - m)\bar{\lambda}$	1,0	1,0	

3-таблицанын уландысы

Кесилиштин тиби	Кесилиштин схемасы	$\frac{A_f}{A_w}$ катышы	Төмөнкүдө $\eta$ коэффициенттери			
			$0 \leq \bar{\lambda} \leq 5$		$\bar{\lambda} > 5$	
			$0,1 \leq m \leq 5$	$5 < m \leq 20$	$0,1 \leq m \leq 5$	$5 < m \leq 20$
9		0,5 1,0	$(1,25 - 0,05m) - 0,01(5 - m)\bar{\lambda}$ $(1,5 - 0,1m) - 0,02(5 - m)\bar{\lambda}$	1,0 1,0	1,0 1,0	
10		0,5 1,0 2,0	1,4 $1,6 - 0,01(5 - m)\bar{\lambda}$ $1,8 - 0,02(5 - m)\bar{\lambda}$	1,4 1,6 1,8	1,4 $1,35 + 0,05m$ $1,3 + 0,1m$	1,4 1,6 1,8
11		0,5 1,0 1,5 2,0	$1,45 + 0,04m$ $1,8 + 0,12m$ $2,0 + 0,25m + 0,1\bar{\lambda}$ $3,0 + 0,25m + 0,1\bar{\lambda}$	1,65 2,4 — —	$1,45 + 0,04m$ $1,8 + 0,12m$ — —	1,65 2,4 — —
<p>Э с к е р т ү ү</p> <p>15 – 7 тибиндеги кесилиштер үчүн <math>\frac{A_f}{A_w}</math> катышын эсептөөдө текчелердин вертикалдуу элементтеринин аянтын эске алуу сунуш кылынбайт</p> <p>26 -жана 7- типтердеги кесилиштер үчүн <math>\eta_s</math> маанилерин 6 жана 7 типтердеги кесилиштер үчүн <math>\frac{A_f}{A_w}</math> катыштарында 5 тибиндеги кесилиштер үчүн <math>\eta</math> маанилерине барабар катары кабыл алуу сунушталат.</p>						

4 – т а б л и ц а – Шарнирдүү-таянган учтары менен өзөктөр үчүн келтирилген салыштырмалуу  $m_{ef}$  эксцентриситеттери

$\delta = \frac{M_2}{M_1}$ катышы	$\bar{\lambda}$	$m_{ef1} = \eta \frac{M_1}{N} \frac{A}{W_c}$ деги келтирилген салыштырмалуу $m_{ef}$ эксцентриситеттери										
		0,1	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	7,0	10,0	20,0
 <p><math>\delta = -1,0</math></p>	1	0,10	0,30	0,68	1,12	1,60	2,62	3,55	4,55	6,50	9,40	19,40
	2	0,10	0,17	0,39	0,68	1,03	1,80	2,75	3,72	5,65	8,60	18,50
	3	0,10	0,10	0,22	0,36	0,55	1,17	1,95	2,77	4,60	7,40	17,20
	4	0,10	0,10	0,10	0,18	0,30	0,57	1,03	1,78	3,35	5,90	15,40
	5	0,10	0,10	0,10	0,10	0,15	0,23	0,48	0,95	2,18	4,40	13,40
	6	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,15	0,18	0,40	1,25	3,00	11,40
	7	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,50	1,70	9,50
 <p><math>\delta = -0,5</math></p>	1	0,10	0,31	0,68	1,12	1,60	2,62	3,55	4,55	6,50	9,40	19,40
	2	0,10	0,22	0,46	0,73	1,05	1,88	2,75	3,72	5,65	8,60	18,50
	3	0,10	0,17	0,38	0,58	0,80	1,33	2,00	2,77	4,60	7,40	17,20
	4	0,10	0,14	0,32	0,49	0,66	1,05	1,52	2,22	3,50	5,90	15,40
	5	0,10	0,10	0,26	0,41	0,57	0,95	1,38	1,80	2,95	4,70	13,40
	6	0,10	0,16	0,28	0,40	0,52	0,95	1,25	1,60	2,50	4,00	11,50
	7	0,10	0,22	0,32	0,42	0,55	0,95	1,10	1,35	2,20	3,50	10,80

4- таблицанын аягы

$\delta = \frac{M_2}{M_1}$ катышы	$\bar{\lambda}$	$m_{ef1} = \eta \frac{M_1}{N} \frac{A}{W_c}$ деги келтирилген салыштырмалуу $m_{ef}$ эксцентриситеттери										
		0,1	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	7,0	10,0	20,0
$\delta = 0$ 	1	0,10	0,32	0,70	1,12	1,60	2,62	3,55	4,65	6,50	9,40	19,40
	2	0,10	0,28	0,60	0,90	1,28	1,96	2,75	3,72	5,65	8,40	18,50
	3	0,10	0,27	0,55	0,84	1,15	1,75	2,43	3,17	4,80	7,40	17,20
	4	0,10	0,26	0,52	0,78	1,10	1,60	2,20	2,83	4,00	6,30	15,40
	5	0,10	0,25	0,52	0,78	1,10	1,55	2,10	2,78	3,85	5,90	14,50
	6	0,10	0,28	0,52	0,78	1,10	1,55	2,00	2,70	3,80	5,60	13,80
	7	0,10	0,32	0,52	0,78	1,10	1,55	1,90	2,60	3,75	5,50	13,00
$\delta = 0,5$ 	1	0,10	0,40	0,80	1,23	1,68	2,62	3,55	4,55	6,50	9,40	19,40
	2	0,10	0,40	0,78	1,20	1,60	2,30	3,15	4,10	5,85	8,60	18,50
	3	0,10	0,40	0,77	1,17	1,55	2,30	3,10	3,90	5,55	8,13	18,00
	4	0,10	0,40	0,75	1,13	1,55	2,30	3,05	3,80	5,30	7,60	17,50
	5	0,10	0,40	0,75	1,10	1,55	2,30	3,00	3,80	5,30	7,60	17,00
	6	0,10	0,40	0,75	1,10	1,50	2,30	3,00	3,80	5,30	7,60	16,50
	7	0,10	0,40	0,75	1,10	1,40	2,30	3,00	3,20	5,30	7,60	16,00

## Д тиркемеси

### Жогорку курчоодогу жергиликтүү жүктөмдө устундардын капталдарынын туруктуулукка эсептөө

1 Кырлар менен күчтөндүрүлбөгөн устундун жогорку курчоосундагы жерлердеги топтолгон жүктөм учурунда  $\sigma_{loc}$  жүгү менен капталдагы жергиликтүү чыңалууну

$$\sigma_{loc} = \frac{F}{t l_{ef}} < R \gamma_c, \quad (1)$$

формуласы менен аныктоо сунуш кылынат, бул жерде  $F$  – топтолгон жүктөмдүн (күчтүн) эсептик мааниси;

$t$  – капталдын калыңдыгы;

$l_{ef} = c \sqrt{\frac{L_f}{t}}$  – топтолгон жүктөмдүн бөлүштүрүлүшүнүн шарттуу узундугу;

$c$  – ширетилген устундар үчүн 3,25 ке жана кадоолонгон жана жогорку бекемдиктеги буроолор үчүн 3,75 ке барабар катары кабыл алынуучу коэффициент;

$I_f$  – устундун курчоосунун огуна карата инерциясынын моменти.

2 Жергиликтүү жүктөм чоюлган курчоого коюлган бөлүмдөрдө, бирмезгилде эки гана компонент – би тже  $\sigma_{loc}$  жанат эске алынат.

3 Катуулантуунун негизги туурасынан кырлары менен гана бекемделген симметриялык кесилиштеги устундардын капталдарынын туруктуулугун эсептөө жергиликтүү ( $\sigma_{loc} \neq 0$ ) чыңалуусунун болушунда төмөнкүдөй аткаруу сунуш кылынат: а)  $\frac{a}{h_{ef}} \leq 0,8$  – болгондо

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_{cr}} + \frac{\sigma_{loc}}{\sigma_{loc,cr}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr}}\right)^2} \leq 0,9 \nu, \quad (2)$$

формуласы менен, бул жерде  $\sigma$ ,  $\sigma_{loc}$ ,  $\tau$  – б.2. п. көрсөтмөлөрүнө ылайык аныктала турган маанилер;

$\sigma_{cr}$ ,  $\tau_{cr}$  – (46) жана (47) формулалары менен аныктала турган маанилер;

$\sigma_{loc,cr}$  –

$$\sigma_{loc,cr} = c_1 \frac{R}{\lambda_a^2}, \quad (3)$$

формуласы менен аныктала турган капталдын жүктөм алдында майтарылуусунун опуртал чыңалуусу

(бул жерде  $c_1$  – ушул тиркеменин 1-табл. боюнча кабыл алынуучу коэффициент;



$$\lambda_a = \frac{a}{t} \sqrt{\frac{R}{E}};$$

Ә–6.5 п. көрсөтмөлөрүнө ылайык аныктала турган маанилер;

б) ушул тиркеменин (2) формуласы боюнча  $\frac{a}{h} > 0,8$ –болгондо эки жолу:  $\sigma_{cr}$  биринчи жолку текшерүүдө

$$\sigma_{cr} = c_2 \frac{R}{\lambda_w^2}, \quad (4)$$

формуласы менен аныктоо сунушталат, бул жерде  $c_2$ – ушул тиркеменин 2-таблицасы боюнча кабыл алынуучу коэффициент;

экинчи жолку текшерүүдө  $\sigma_{cr}$  (46) формула боюнча аныктоо сунуш кылынат, ал

эми  $\sigma_{loc,cr}$ – ушул тиркеменин (3) формуласы боюнча, бирок (3) формулага жана

1-табл.  $a$  нын ордуна  $\frac{a}{2}$  чоңдуктарын коюу менен аныктоо сунуш кылынат

4 Бөлүмдүн кысылган четинен  $h_1$  аралыкта жайгашкан катуулантуунун узата кыры менен бекемделген капталда кыр бөлүмдү бөлүп турган эки пластинканы өз-өзүнчө текшерүү сунушталат:

кысылган курчоо менен кырдын ортосундагы биринчи пластинканы

$$\frac{\sigma}{\sigma_{cr1}} + \frac{\sigma_{loc}}{\sigma_{loc,cr1}} + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr1}}\right)^2 \leq 0,99, \quad (5)$$

формуласы менен, бул жерде

$$\sigma_{cr1} = \frac{1,19}{1 - \frac{h_1}{h_{ef}}} \frac{(1 + \mu_1^2)^2}{\mu_1^2} \frac{R}{\lambda_{h1}^2}, \quad (6)$$

$$\sigma_{loc,cr1} = 1,72 \frac{(1 + \mu_1^2)^2}{\mu_1^2} \frac{R}{\lambda_{h1}^2}, \quad (7)$$

мында  $\lambda_{h1} = \frac{h_1}{t} \sqrt{\frac{R}{E}};$

$\mu_1 = \frac{a}{h_1} \leq 2$  де  $\frac{a}{h_1}$  барабар болгон параметр;

$$2 \frac{a}{h_1} > 2 \text{ де;}$$

$\tau_{cr1}$ – (47) формула менен аныкталуучу маанилер;

6.5 п. көрсөтмөлөрүнө ылайык аныктала турган  $\vartheta$ –маанилер;

Чоюлган курчоо менен кырдын ортосунда жайгашкан экинчи пластинканы төмөнкү формула боюнча

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma(1 - \frac{2h_1}{h_{ef}})}{\sigma_{cr2}} - \frac{\sigma_{loc2}}{\sigma_{loc,cr2}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr2}}\right)^2} \leq 1,$$

Бул жерде  $\sigma_{cr2}$ ,  $\tau_{cr2}$ – тиешелүү түрдө (53) жана (47) формулалары боюнча аныктала турган маанилер;

$$\sigma_{loc2} = 0,4\sigma_{loc}$$

$\sigma_{loc,cr2}$ –(3) формула жана ушул тиркеменин 1-табл.  $\frac{a}{h_{ef}}$  ордуна  $\frac{a}{h_{ef} - h_1}$  кабыл

алуу менен аныктала турган маанилер.

Эгерде биринчи пластинка кошумча түрдө кыска туура кырлар менен бекемделген болсо, аларды узата кырга чейин жеткирүү сунушталат. Бул учурда биринчи пластинканы текшерүү үчүн ушул тиркемедеги  $a$  ны  $a_1$  чондугу менен алмаштырган (5) жана (7) формулаларын (бул жерде  $a_1$ –кошуна кыска кырлардын окторунун ортосундагы аралык).

Бул учурда экинчи пластинканы текшерүү өзгөрүүсүз калтырылат.

1 – т а б л и ц а –  $c_1$  коэффициенти

$\frac{a}{h_{ef}}$ катышы	0,5	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
$c_1$ коэффициенти	11,28	14,52	17,77	21,86	26,80	32,30	38,35	45,00
<i>1-табл. кабыл алынган белгилөөлөрдү 6.2 п. кара</i>								

2– т а б л и ц а -  $c_2$  коэффициенти

$\frac{a}{h_{ef}}$ катышы	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6
$c_2$ коэффициенти	33,70	38,77	45,26	53,16	62,18	72,20	83,75	96,16	109,56
<i>2-табл. кабыл алынган белгилөөлөрдү 6.2 п. кара</i>									

## Е тиркемеси

### Трапеция түрүндөгү гофрлуутакталардын жантак кырларынын туруктуулугун эсептөө

Трапеция түрүндөгү гофрлуу такталардын жантак кырларын (13-сүр. кара) прогондорго же ригелдерге таянган жерлеринде Д тиркемесинин (2) формуласы боюнча  $\gamma_c = 0,9$  коэффициентин  $\gamma_c = 0,7$  ге алмаштыруу менен жергиликтүү туруктуулукка текшерүү сунуш кылынат. Мында тчыңалуусун жана  $\sigma_{loc,cr}$ ,  $\tau_{cr}$ ,  $\sigma_{cr}$  опуртал чыңалууларынын маанилерин формулалары менен аныктоо сунушталат

$$\tau = \frac{Q}{2bt}; \quad (1)$$

$$\sigma_{loc,cr} = \frac{7,25R}{\lambda_b}; \quad (2)$$

$$\tau_{cr} = \frac{8,25R_s}{\lambda_b}; \quad (3)$$

$$\sigma_{cr} = \frac{3,6R}{\lambda_b} \left[ 1 + 1,41 \left( 1 - \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\sigma_1} \right)^2 \right]; \quad (4)$$

$$\lambda_b = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{R}{E}}, \quad (5)$$

бул жерде  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ – тиешелүү түрдө өз белгилери менен алынган тактанын жантак кырларынын жогорку жана төмөнкү чектеринин нормалдуу чыңалуулары;

$b$ – 13 -сүр. боюнча кабыл алынуучу жантак кырдын өлчөмү;

$Q$ –тактанын толкунунун текшерилип жаткан кесилишиндеги туурасынан кеткен күч.

Жантак кырларынан башка профилденген тактанын горизонталдуу кысылган кырларын туруктуулукка текшерүү керек, мында  $\sigma_{loc}$  жергиликтүү чыңалууларын формуласы боюнча, кесилиштин начарлоосун эске алуу менен аныктоо сунушталат

$$\sigma_{loc} = \frac{F}{2t(b_f + 2r) \sin \alpha}, \quad (6)$$

бул жерде  $F$ –тактанын бир толкунуна келүүчү таяныч реакциясы;

$b_f$ –прогондун же ригелдин текчесинин жазылыгы;

$r$ –тактанын жантак жана горизонталдуу кырларынын биригишкен радиусу;

$\alpha$ – кырдын жантаюусунун бурчу (13-сүр. кара).

**Ж тиркемеси**

**Ширетүү чекиттеринин кесилишине эсептик көтөрүүчү жөндөмдүүлүк**

Элементтердин калыңдыгы, мм	Чекиттин кесилишке эсептик көтөрүүчү жөндөмдүүлүгү, Н (кгс)	Элементтердин калыңдыгы, мм	Чекиттин кесилишке эсептик көтөрүүчү жөндөмдүүлүгү, Н (кгс)
1	2	1	2
Контакттык ширетүү (АМг2Н2 жана АМг2М маркаларындагы алюминий)		Эрип кетүүчү электрод менен аргондук жаа чекиттүү ширетүү точечная сварка плавящимся электродом (АМг2Н2 маркасындагы алюминий; СвАМг3 же 1557 маркасындагы ширетүү зымы)	
1	800(80)	1+1	1950(200)
1,5	1250(130)	1+2	2350 (240)
2	1950 (200)	1,5+1,5	2950 (300)
		2+2	3350(340)
<p><b>Эскертүүлөр</b></p> <p>1 Контакттык ширетүү үчүн эң жука элементтин калыңдыгы көрсөтүлгөн; чекиттүү жаа ширетүүсү үчүн 1гр. биринчи цифра – жогорку элементтин калыңдыгы.</p> <p>2 Ширетүү чекиттерин «Алюминий курулуш конструкцияларынын элементтеринин бириктирүүлөрүн аргондук жаа ширетүү боюнча жетектемеге» ылайык жүргүзүү сунушталат. Курулуш басылмасы, 1984.</p>			

## И тиркемеси

### Чоңдуктардын негизги тамгалык белгилөөлөрү

$A$  – кесилиштин аянты брутто;

$A_n$  – кесилиштин аянты нетто;

$E$  – серпилгичтиктин модулу;

$F$  – күч;

$G$  – жылышуу модулу;

$I_m, I_d$  – курчоонун кесилиштеринин жана ферманын жантык тирөөчтөрүнүн инерциясынын моменттери;

$I_s$  – кырлардын кесилиштеринин инерциясынын моменти;

$I_t$  – устундун толгонуусунун инерциясынын моменти;

$I_x, I_y$  – тиешелүү түрдө  $x - x$  жана  $y - y$  окторуна карата кесилиштин инерциясынын моменти;

$I_{xn}, I_{yn}$  – тиешелүү түрдө  $x - x$  жана  $y - y$  окторуна карата кесилиштин инерциясынын моменти;

$M$  – момент, ийилтүүчү момент;

$M_x, M_y$  – тиешелүү түрдө  $x - x$  жана  $y - y$  окторуна карата моменттери;

$N$  – узата күч;

$Q$  – туурасынын келүүчү күч;

$Q_{fic}$  – бириктире турган элементтер үчүн шарттуу туурасынан келүүчү күч;

$R$  – алюминийдин чоюлууга, кысылууга, ийилүүгө эсептик каршылыгы;

$R_{bp}$  – буроолордук бириктирүүлөрдүн майтарылууга болгон эсептик каршылыгы;

$R_{bs}$  – буроолордун кесилүүгө эсептик каршылыгы;

$R_{bt}$  – буроолордун чоюлууга эсептик каршылыгы;

$R_p$  – алюминийдин уч бетинин майтарылуусунун эсептик каршылыгы (эптештирүүнүн болушунда);

$R_s$  – алюминийдин жылышууга эсептик каршылыгы;

$R_{th}$  – алюминийдин пресстелген жарымфабрикаттын калыңдыгынын багытындагы эсептик каршылыгы;

$R_w$  – беттештирилгенширетилген бириктирүүлөрдүн чоюлууга, кысылууга жана ийилүүгө эсептик каршылыгы;

$R_{ws}$  – беттештирилгенширетилген бириктирүүлөрдүн жылышууга эсептик каршылыгы;

$R_{wf}$  – тигиштин металлы боюнча бурчтук тигиштердин эсептик каршылыгы;

$R_{wsm}$ —контакттык роликтүү ширетүү менен аткарылган бириктирүүлөрдүн эсептик каршылыгы;

$R_{wz}$ —алюминийдин тигишке жакын зонадагы эсептик каршылыгы;

$S$ —нейтралдуу окко карата кесилиштин брутто жылышуучу бөлүгүнүн статикалык моменти;

$W_x, W_y$ —тиешелүү түрдө  $x - x$  жана  $y - y$  окторуна карата брутто кесилиштин каршылыгынын моменттери;

$W_{xn}$  — нетто кесилиштин каршылыгынын моменттери;

$W_{yn}$ —тиешелүү түрдө  $x$ —хиу—окторуна карата;

$B$ —жазылык;

$e$ — күчтүн эксцентриситети;

$h$ —бийиктик;

$h_{ef}$ —капталдын эсептик бийиктиги;

$i$ —кесилиштин инерциясынын радиусу;

$i_{min}$ — кесилиштин инерциясынын эң кичине радиусу;

$i_x, i_y$ —тиешелүү түрдө  $x-x$  жана  $y-y$  окторуна карата кесилиштин инерциясынын радиустары;

$k_f$ — бурчтук тигиштин катети;

$l$ —узундук, пролет, аралык;

$l_c$ — түркүктүн узундугу;

$l_{ef}$ — эсептик, шарттуу узундук;

$l_d$ — жантык тирөөчтүн узундугу;

$l_w$ — ширетүү тигишинин узундугу;

$l_m$ — ферманын же колоннанын курчоосунун панелинин узундугу;

$l_x, l_y$ —тиешелүү түрдө  $x-x$  жана  $y-y$  окторуна перпендикулярдуу тегиздиктердеги элементтин эсептик узундуктары;

$m$ — $\left(m = \frac{eA}{W_c}\right)$  салыштырмалуу эксцентриситеттер;

$m_{ef}$ —келтирилген салыштырмалуу эксцентриситет ( $m_{ef}=m\eta$ );

$\eta$ — кесилиштин формасынын таасиринин коэффициенти;

$r$ —радиус;

$t$ —калыңдык;

$t_w$ — капталдын калыңдыгы;

$\gamma_c$ — жумуштун шарттарынын коэффициенти;

$\gamma_n$ — багытталышы боюнча бекемдиктин коэффициенти;

$\gamma_m$ —материал боюнча бекемдиктин коэффициенти;

$\gamma_u$  – убактылуу каршылык боюнча эсептөөлөрдөгү бекемдиктин коэффициенттери;

$$\lambda - \text{ийилчээктик} \left( \lambda = \frac{l_{ef}}{i} \right);$$

$$\bar{\lambda} - \text{шарттуу ийилчээктик} \left( \bar{\lambda} = \lambda \sqrt{\frac{R}{E}} \right);$$

$\lambda_{ef}$  – өтмө кесилиштеги өзөктөрдүн келтирилген ийилчээктиги;

$$\bar{\lambda}_{ef} - \text{өтмө кесилиштеги өзөктүн келтирилген шарттуу ийилчээктиги} \left( \bar{\lambda}_{ef} = \lambda_{ef} \sqrt{\frac{R}{E}} \right);$$

$$\bar{\lambda}_w - \text{капталдын шарттуу ийилчээктиги} \left( \bar{\lambda}_w = \frac{h_{ef}}{t} \sqrt{\frac{R}{E}} \right);$$

$\lambda_x, \lambda_y$  – тиешелүү түрдө  $x-x$  жана  $y-y$  уокторуна перпендикулярдуу тегиздиктердеги элементтин ийилчээктиги;

$V$ –алюминийдин туурасынын келген деформациясынын коэффициенттери (Пуассона);

$\sigma_{loc}$  – жергиликтүү чыңалуу;

$\sigma_x, \sigma_y$  – тиешелүү түрдө  $x-x$  жана  $y-y$  уокторуна параллелдүү нормалдуу чыңалуулар;

$\tau_x, \tau_y$  –  $x-x$  же  $y-y$  уокторунун жантайышына жараша чыңалуулар;

$\varphi_x, \varphi_y$  – тиешелүү түрдө  $x-x$  же  $y-y$  уокторуна карата узата ийилүүнүн коэффициенттери;

$\varphi_e$  – борбордон тышкары кысуудагы туруктуулуктун коэффициенттери;

$\varphi_b$  – устундардын ийилүүсүндөгү туруктуулуктун коэффициенттери.





Курулуштагы ченемдик документтер тутуму  
**КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН КУРУЛУШ ЭРЕЖЕЛЕРИ**

Система нормативных документов в строительстве  
**СТРОИТЕЛЬНЫЕ ПРАВИЛА КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**АЛЮМИНИЙ КОНСТРУКЦИЯЛАРЫ**  
**КР КЭ 53-102:2023**

**АЛЮМИНИЕВЫЕ КОНСТРУКЦИИ**  
**СП КР 53-102:2023**

Актуализированная редакция СНиП 2.03.06-85  
КЧжЭ 2.03.06-85тин жаңыртылган редакциясы

Расмий басылма  
Издание официальное

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН МИНИСТРЛЕР КАБИНЕТИНЕ КАРАШТУУ  
АРХИТЕКТУРА, КУРУЛУШ ЖАНА ТУРАК ЖАЙ-КОММУНАЛДЫК ЧАРБА  
МАМЛЕКЕТТИК АГЕНТТИГИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ АГЕНТСТВО  
АРХИТЕКТУРЫ, СТРОИТЕЛЬСТВА И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА  
ПРИ КАБИНЕТЕ МИНИСТРОВ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

БИШКЕК 2023

## Предисловие

1 АКТУАЛИЗИРОВАННЫ Государственным институтом сейсмостойкого строительства и инженерного проектирования (ГИССИП) Государственного агентства архитектуры, строительства и жилищно-коммунального хозяйства при Кабинете Министров Кыргызской Республики (Госстрой)

2 ВНЕСЕНЫ Управлением архитектуры и технического нормирования Госстроя

3 УТВЕРЖДЕНЫ приказом Госстроя от 16 октября 2023 года № 177 и ВВЕДЕНЫ В ДЕЙСТВИЕ 10 января 2024 года на основе Положения о Госстрое, утвержденного постановлением Кабинета Министров Кыргызской Республики от 25 июня 2021 года №44

4 ВЗАМЕН СНиП 2.03.06-85 «Алюминиевые конструкции»

*Настоящие Строительные правила не могут быть полностью или частично воспроизведены, тиражированы и распространены в качестве официального издания без разрешения Госстроя.*

© Госстрой, 2023

В случае пересмотра (замены) или отмены настоящих строительных правил соответствующее уведомление будет опубликовано в установленном порядке. Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования – на официальном сайте разработчика

## Содержание

1 Область применения .....	1
2 Нормативные ссылки .....	1
3 Общие положения .....	3
4 Материалы для конструкций и соединений .....	4
5 Расчетные характеристики материалов и соединений .....	7
6 Расчет элементов алюминиевых конструкций на осевые силы и изгиб .....	20
7 Расчетная длина и предельная гибкость элементов алюминиевых конструкций .....	34
8 Проверка устойчивости стенок и поясных листов изгибаемых и сжатых элементов .....	42
9 Расчет элементов конструкций с применением тонколистового алюминия .	52
10 Расчет соединений конструкций из алюминиевых сплавов .....	59
11 Проектирование алюминиевых конструкций.....	65
12 Конструктивные требования .....	69
Приложение А Материалы и их физические характеристики для алюминие- вых конструкций .....	75
Приложение Б Коэффициенты $\varphi$ продольного изгиба центрально-сжатых элементов .....	79
Приложение В Определение коэффициента $\varphi_b$ для проверки общей устойчи- вости балок .....	81
Приложение Г Расчет внецентренно сжатых и сжато–изгибаемых элементов..	87
Приложение Д Расчет на устойчивость стенок балок при местной нагрузке на верхнем поясе .....	94
Приложение Е Расчет на устойчивость наклонных граней листов с трапециевидным гофром .....	97
Приложение Ж Расчетная несущая способность на срез сварных точек .....	98
Приложение И Основные буквенные обозначения величин .....	99

## Введение

Настоящие строительные правила Кыргызской Республики СП КР «Алюминиевые конструкции» содержат основные положения по проектированию алюминиевых конструкций зданий и сооружений на территории Кыргызской Республики. Правила не распространяются на проектирование алюминиевых конструкций мостов и конструкций зданий и сооружений, подвергающихся многократному воздействию нагрузок (усталостная прочность), а также непосредственному воздействию подвижных или динамических нагрузок или воздействию температуры свыше 100°С.

Актуализация СНиП 2.03.06-85 «Алюминиевые конструкции» выполнена с целью обеспечения общих критерий и методов проектирования, отвечающие необходимым требованиям надежности, долговечности и экономии, а также использования материалов и сопутствующей продукции, характеристики которых реализуются в расчетах алюминиевых конструкций.

Настоящие строительные правила подготовлены Государственным институтом сейсмостойкого строительства и инженерного проектирования (ГИССИП) Государственного агентства архитектуры, строительства и жилищно-коммунального хозяйства при Кабинете Министров Кыргызской Республики.

В актуализации строительных правил СП КР 53-102:2023 «Алюминиевые конструкции», принимали участие: Кенжетаев К.И. – к.т.н., Шаимбетов Дж.А. – к.т.н., Мудунова К.К. – инж., Жолбулакова А.Т. – инж.

Перевод на государственный язык осуществлен ОсОО «РК Глобал Групп».

## СТРОИТЕЛЬНЫЕ ПРАВИЛА КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

---

Система нормативных документов в строительстве

**АЛЮМИНИЕВЫЕ КОНСТРУКЦИИ****Алюминий конструкциялары**

Aluminum structures

Актуализированная редакция  
СНиП 2.03.06-85

---

Дата введения – 2024.01.10

**1 Область применения**

1.1 Настоящие строительные правила устанавливают правила проектирования алюминиевых конструкций (далее – конструкции из алюминия и алюминиевых сплавов) зданий и сооружений.

Правила не распространяются на проектирование алюминиевых конструкций мостов и конструкций зданий и сооружений, подвергающихся многократному воздействию нагрузок (усталостная прочность), а также непосредственному воздействию подвижных или динамических нагрузок или воздействию температуры свыше 100°C.

1.2 При проектировании конструкций, находящихся в особых условиях эксплуатации, конструкций уникальных зданий и сооружений, а также специальных видов конструкций необходимо соблюдать требования, предусмотренные соответствующими нормативными документами, в которых отражены особенности работы этих конструкций.

**2 Нормативные ссылки**

В настоящих строительных правилах использованы нормативные ссылки на следующие документы:

СН КР 53-01:2022 Стальные конструкции. Нормы проектирования;

СНиП КР 23-02-00 Строительная климатология;

СНиП 2.01.07-85 Нагрузки и воздействия;

СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии;

ГОСТ 1759-87 Болты, винты, шпильки и гайки;

ГОСТ 2685-75 Сплавы алюминиевые литейные. Марки, технические требования и методы испытаний;

ГОСТ 4784-2019 Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. Марки;

ГОСТ 7796-70 Болты с шестигранной уменьшенной головкой класса точности В. Конструкция и размеры;

ГОСТ 7798-70\* Болты с шестигранной головкой класса точности В. Конструкция и размеры;

ГОСТ 7871-2019 Проволока сварочная из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия;

ГОСТ 8617-2018 Профили прессованные из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия;

ГОСТ 10157-2016 Аргон газообразный и жидкий. Технические условия;

ГОСТ 10299-80 Заклепки с полукруглой головкой классов точности В и С. Технические условия;

ГОСТ 10300-80 Заклепки с потайной головкой классов точности В и С. Технические условия;

ГОСТ 10301-80 Заклепки с полупотайной головкой классов точности В и С. Технические условия;

ГОСТ 10619-80 Винты самонарезающие с потайной головкой для металла и пластмассы. Конструкция и размеры;

ГОСТ 10621-80 Винты самонарезающие с полукруглой головкой для металла и пластмассы. Конструкция и размеры;

ГОСТ 13726-97 Ленты из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия;

ГОСТ 14776-79 Дуговая сварка. Соединения сварные точечные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры;

ГОСТ 14806-80 Дуговая сварка алюминия и алюминиевых сплавов в инертных газах. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры;

ГОСТ 14838-78\* Проволока из алюминия и алюминиевых сплавов для холодной высадки. Технические условия;

ГОСТ 15589-70\* Болты с шестигранной головкой класса точности С. Конструкция и размеры;

ГОСТ 15591-70 Болты с шестигранной уменьшенной головкой класса точности С. Конструкция и размеры;

ГОСТ 17473-80\* Винты с полукруглой головкой классов точности А и В. Конструкция и размеры;

ГОСТ 17475-80\* Винты с потайной головкой классов точности А и В. Конструкция и размеры;

ГОСТ 18475-82\* Трубы холоднодеформированные из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия;

ГОСТ 18482-2018 Трубы прессованные из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия;

ГОСТ 21488-97 Прутки прессованные из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия;

ГОСТ 21631-76 Листы из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия;

ГОСТ 22233-2018 Профили прессованные из алюминиевых сплавов для ограждающих строительных конструкций. Общие технические условия.

Примечание – При пользовании настоящими СП целесообразно проверить действие ссылочных документов:

- в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Кыргызстандарта, ежеквартальном, ежегодном Каталоге документов по стандартизации на соответствующий год;

- в указателе нормативных документов по строительству, действующих на территории Кыргызской Республики «Строительный каталог СК» на соответствующий год.

Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящими нормативами следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей.

### **3 Общие положения**

3.1 Алюминиевые конструкции рекомендуются применять при строительстве и реконструкции зданий и сооружений для ограждающих и несущих конструкций при надлежащем технико-экономическом обосновании в следующих случаях:

- при необходимости значительного снижения массы ограждающих и несущих конструкций зданий или сооружений;

- с целью обеспечения повышенных архитектурных требований к конструкциям зданий или сооружений;

- при необходимости для обеспечения повышенной коррозионной стойкости, сохранения прочностных характеристик при низких температурах, отсутствия искрообразования и магнитных свойств.

3.2 При проектировании алюминиевых конструкций рекомендуется:

- выбирать оптимальные в технико–экономическом отношении схемы конструкций, сечения элементов и марки деформируемых алюминиевых сплавов, технического алюминия и литейных сплавов<sup>1</sup>;
- применять экономичные профили;
- применять прогрессивные конструкции ( типовые или стандартные); конструкции, совмещающие ограждающие и несущие функции, тонколистовые и комбинированные; пространственные системы из стандартных элементов и др.;
- предусматривать высокую технологичность изготовления и монтажа;
- применять конструкции, обеспечивающие наименьшую трудоемкость их изготовления, транспортирования и монтажа;
- применять, как правило, поточное их изготовление;
- предусматривать применение заводских и монтажных соединений прогрессивных типов (автоматической и полуавтоматической сварки, фланцевых, на болтах, в том числе высокопрочных, на вкладышах).

3.3 При проектировании зданий и сооружений необходимо принимать конструктивные схемы, обеспечивающие прочность, устойчивость и пространственную неизменяемость зданий и сооружений в целом, а также их отдельных элементов при транспортировании, монтаже и эксплуатации.

3.4 Элементы алюминиевых конструкций рекомендуется проектировать минимального сечения и с учетом возможности их изготовления из прессованных профилей, удовлетворяющих требованиям настоящих правил, государственных стандартов и технических условий на прессованные профили и трубы.

## **4 Материалы для конструкций и соединений**

4.1 Выбор марки и состояния (вида обработки) алюминия для конструкций рекомендуется производить в зависимости от:

- характера и интенсивности нагрузки, напряженного состояния элементов конструкций, расчетных температур и требуемых механических свойств алюминия;
- химического состава алюминия и стойкости его к коррозии;
- технологичности изготовления полуфабрикатов;

---

<sup>1</sup> Деформируемые алюминиевые сплавы и технический алюминий условно названы «алюминий», литейные сплавы – «литейный алюминий».



- технологии изготовления и монтажа конструкций;
- архитектурных требований.

4.2 Для алюминиевых конструкций рекомендуется применять алюминий марок и состояний, указанных соответственно в табл. 1 и 2.

Т а б л и ц а 1

Термически не упрочняемый алюминий	
Марка и состояние алюминия	ГОСТ, ТУ
АД1М	ГОСТ 21631; ГОСТ 13726
АМцМ	ГОСТ 21631; ГОСТ 13726
АМг2М	ГОСТ 21631; ГОСТ 13726;
АМг2М	ГОСТ 18475
АМг2Н2	ГОСТ 21631; ГОСТ 13726
АД31Т	ГОСТ 8617; ГОСТ 18482; ГОСТ 22233
АД31Т1	ГОСТ 8617; ГОСТ 22233
АД31Т4	ГОСТ 8617; ГОСТ 22233
АД31Т5	ГОСТ 8617; ГОСТ 22233
1915	ГОСТ 8617; ГОСТ 18482; ГОСТ 22233
1915Т	ГОСТ 8617; ГОСТ 18482; ГОСТ 22233
1925	ГОСТ 8617; ГОСТ 18482;
1925	ГОСТ 22233 ГОСТ 8617; ГОСТ 18482; ГОСТ 22233

Пр и м е ч а н и е – Допускается применять алюминий других марок и состояний (не указанных в табл. 1) при технико-экономическом обосновании и после проверки его в опытных конструкциях. Расчетные сопротивления в этом случае рекомендуется определять по табл. 4

4.3 В зависимости от назначения конструкции зданий и сооружений разделяются на четыре группы. Группы, перечень входящих в них конструкций, применяемые марки и состояния алюминия приведены в приложении А.

4.4 Виды алюминиевых полуфабрикатов для строительных конструкций рекомендуется, как правило, принимать по табл. 4 приложения А. Допускается применять другие виды алюминиевых полуфабрикатов при условии согласования их с заводами-поставщиками.

Т а б л и ц а 2

Обозначение состояния	Состояние алюминия
М	Отожженный (мягкий)
Н2	Полунагартованный
Н	Нагартованный
Т	Закаленный и естественно состаренный
Т1	Закаленный и искусственно состаренный
Т4	Не полностью закаленный и естественно состаренный
Т5	Не полностью закаленный и искусственно состаренный
<p>Примечания</p> <p>1 Полунагартовка и нагартовка применяются преимущественно для термически не упрочняемого алюминия.</p> <p>2 Закалка и старение применяются для термически упрочняемого алюминия.</p>	

4.5 Отливки из алюминиевых литейных сплавов рекомендуется проектировать из литейного алюминия марки АЛ8 по ГОСТ 2685. В алюминиевых конструкциях допускается применять отливки из материалов, указанных в СН КР 53-01.

4.6 При дуговых способах сварки алюминиевых конструкций в качестве электродного и присадочного металлов рекомендуется применять сварочную проволоку по ГОСТ 7871 из алюминия марок СвА1, СвАМгЗ и 1557, а также по соответствующим техническим условиям. Условия применения электродной или присадочной проволоки приведены в табл. 8-10.

В качестве защитного инертного газа рекомендуется применять аргон марки А по ГОСТ 10157.

При соответствующем технико-экономическом обосновании для сварки конструкций допускается применять прогрессивные сварочные материалы (проволоку, защитные газы). При этом расчетные сопротивления металла сварных соединений должны быть не ниже приведенных в табл. 9 и 10.

4.7 Марки алюминия для заклепок, устанавливаемых в холодном состоянии, и для болтов рекомендуется принимать по табл. 3.

Стальные болты рекомендуется применять согласно требованиям СН КР 53-01.

Т а б л и ц а 3

Марка и состояние алюминия	ГОСТ
Для заклепок: АД1Н; АМг2Н; АМг5пМ; АВТ	ГОСТ 10299
Для болтов: АМг5п АВТ1	ГОСТ 14838 ГОСТ 21488

4.8 В алюминиевых конструкциях рекомендуется применять:

- болты из алюминия (см. табл. 3) и стали (технические требования по ГОСТ 1759) повышенной, нормальной и грубой точности по ГОСТ 7796, ГОСТ 7798, ГОСТ 15589 и ГОСТ 15591;

- винты нормальной точности по ГОСТ 17473, ГОСТ 17475, ГОСТ 10619 и ГОСТ 10621.

- заклепки из алюминия по ГОСТ 10299, ГОСТ 10300, ГОСТ 10301 и ГОСТ 10304.

4.9 Физические характеристики алюминия для строительных конструкций рекомендуется принимать по табл. 2 и 3 приложения А.

## 5 Расчетные характеристики материалов и соединений

5.1 Расчетные значения сопротивления (расчетные сопротивления) алюминия и литейного алюминия для расчетных температур наружного воздуха от плюс 50 до минус 65 °С приведены в табл. 5 и 6, при этом расчетные сопротивления сдвигу и смятию установлены в соответствии с табл. 4 с округлением значений расчетных сопротивлений до 5 МПа (50 кгс/см<sup>2</sup>).

При расчете конструкций рекомендуется учитывать коэффициенты влияния изменения температуры  $\gamma_t$  и коэффициенты условий работы элементов алюминиевых конструкций  $\gamma_c$ , приведенные соответственно в табл. 15 и 16, а также коэффициенты надежности по назначению  $\gamma_n$ , принимаемые согласно

Правилам учета степени ответственности зданий и сооружений при проектировании конструкций.

Т а б л и ц а 4

Напряженное состояние	Обозначение	Расчетное сопротивление
Растяжение, сжатие и изгиб	$R$	$R$
Сдвиг	$R_s$	$R_s=0,6R$
Смятие торцевой поверхности (при наличии пригонки)	$R_p$	$R_p=1,6R$
Смятие местное при плотном касании	$R_{lp}$	$R_{lp}= 0,75R$
<p>* Значение расчетного сопротивления алюминия <math>R</math> рекомендуется принимать равным меньшему из значений расчетного сопротивления алюминия <math>R</math> растяжению, сжатию, изгибу по условному пределу текучести <math>R_y</math> и расчетного сопротивления алюминия растяжению, сжатию, изгибу по временному сопротивлению <math>R_u</math>. При этом</p> $R_y = R_{yn} / \gamma_m$ $R_u = R_{un} / \gamma_m \gamma_u,$ <p>где <math>R_{yn}</math> – нормативное сопротивление алюминия, принимаемое равным значению условного предела текучести <math>\sigma_{0,2}</math> по государственным стандартам и техническим условиям на алюминий;</p> <p><math>R_{un}</math> – нормативное сопротивление алюминия разрыву, принимаемое равным минимальному значению временного сопротивления <math>\sigma_b</math> по государственным стандартам и техническим условиям на алюминий;</p> $\gamma_m = 1,1$ $\gamma_m = 1,45$		

Т а б л и ц а 5

Напряженное состояние	Обозначение	Расчетное сопротивление $R$ , МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), термически не упрочняемого алюминия марок					
		АД1М	АМцМ	АМГ2М	АМГ2Н2		литейно го марки АЛ8
					листы	ленты	
Растяжение, сжатие и изгиб	$R$	25 (250)	40 (400)	70 (700)	125 (1250)	145 (1500)	135 (1400)
Сдвиг	$R_s$	15 (150)	25 (250)	40 (400)	75 (750)	90 (900)	80 (800)
Смятие торцевой поверхности (при наличии пригонки)	$R_p$	40 (400)	65 (650)	110 (1100)	200 (2000)	230 (2400)	215 (2250)
Смятие местное при плотном касании	$R_{lp}$	20 (200)	30 (300)	50 (500)	90 (900)	110 (1100)	105 (1050)
Растяжение в направлении толщины пресованных полуфабрикатов	$R_{th}$	25 (250)	40 (400)	70 (700)	125 (1250)	-	-

Т а б л и ц а 6

Напряженное состояние	Обозначение	Расчетное сопротивление $R$ , МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), термически упрочняемого алюминия марок					
		АД31Т; АД31Т 4	АД31Т 5	АД31Т 1	1935Т	1925; 1915	1915Т
Растяжение, сжатие и изгиб	$R$	55 (550)	100 (1000)	120 (1250)	140 (1450)	175 (1800)	195 (2000)
Сдвиг	$R_s$	35 (350)	60 (600)	75 (750)	85 (850)	105 (1050)	120 (1200)
Смятие торцевой поверхности (при наличии пригонки)	$R_p$	90 (900)	160 (1600)	190 (2000)	225 (2300)	280 (2900)	310 (3200)

## Окончание таблицы 6

Напряженное состояние	Обозначение	Расчетное сопротивление $R$ , МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), термически упрочняемого алюминия марок					
		АД31Т; АД31Т 4	АД31Т 5	АД31Т 1	1935Т	1925; 1915	1915Т
Смятие местное при плотном касании	$R_{lp}$	40 (400)	75 (750)	90 (900)	105 (1050)	130 (1350)	145 (1500)
Растяжение в направлении толщины прессованных полуфабрикатов	$R_{th}$	55 (550)	100 (1000)	120 (1200)	50 (500)	50 (500)	50 (500)

За расчетную температуру наружного воздуха принимается средняя температура наиболее холодной пятидневки согласно требованиям СНиП КР 23-02.

5.2 Расчетные сопротивления растяжению алюминия  $R_{pl}$  из листов для элементов конструкций, эксплуатация которых возможна и после достижения алюминием предела текучести, рекомендуется принимать по табл. 7.

Т а б л и ц а 7

Марка и состояние алюминия	АД1М	АМцМ	АМр2М
Расчетное сопротивление $R_{pl}$ , МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	35 (350)	55 (550)	85 (850)

5.3 Расчетные сопротивления сварных, заклепочных и болтовых соединений для расчетных температур наружного воздуха от плюс 50 до минус 65°С приведены в табл. 9-14.

Для соединений на заклепках и болтах (см. табл. 12-14) расчетные сопротивления растяжению и срезу рекомендуется принимать по материалу заклепок или болтов, смятию – по марке алюминия соединяемых элементов конструкций.

5.4 Расчетное сопротивление  $R_{wz}$  алюминия в околошовной зоне (рис. 1, сечение 1–1) при аргонодуговой сварке рекомендуется принимать по табл. 8.

5.5 Расчетное сопротивление  $R_w$  сварных соединений, выполненных аргонодуговой сваркой с физическим контролем качества швов (рентгено-или гамма-графированием, ультразвуковой дефектоскопией и др.) рекомендуется принимать по табл. 9 и 10.

Для сварных стыковых растянутых швов, качество которых не контролируется физическими методами, значения расчетных сопротивлений по табл. 9 и 10 рекомендуется умножать на коэффициент 0,8.

5.6 При расчете на прочность сварных конструкций (см. рис. 1) с элементами без стыка, к которым прикрепляются сваркой поперечные элементы (рис. 1, г), рекомендуется учитывать местное ослабление этих элементов (в зоне термического влияния) путем снижения значения расчетного сопротивления  $R$  алюминия до значения  $R_w$ , принимаемого по табл. 9 и 10.

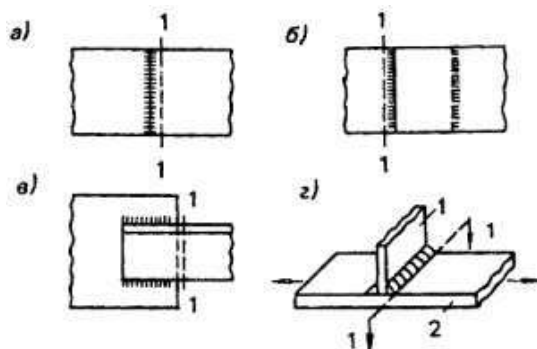


Рис. 1. Схемы сварных соединений конструкций

а – встык; б – внахлестку лобовыми швами; в – внахлестку фланговыми швами; г – схема прикрепления поперечного элемента к элементу, не имеющему стыка; 1 – поперечный элемент; 2 – элемент без стыка; 1–1 – расчетное сечение

5.7 В алюминиевых тонколистовых конструкциях допускается применять контактную и аргонодуговую точечную сварку плавящимся электродом. Расчетная несущая способность на срез сварных точек, выполненных контактной и аргонодуговой точечной сваркой плавящимся электродом по ГОСТ 14776, указана в приложении Ж.

5.8 Расчетные сопротивления срезу сварных соединений внахлестку  $R_{wsm}$ , выполненных контактной роликовой сваркой, для алюминия марок АД1М, АМцМ, АМг2М рекомендуется принимать равными расчетным сопротивлениям  $R$  (см. табл. 5 и 7).

Для алюминия марки АМг2Н2  $R_{wsm} = (0,9-0,1t) R$  (где  $t$  – толщина более тонкого из свариваемых элементов, мм).

5.9 Расчетные сопротивления срезу  $R_{rs}$  соединений на заклепках, поставленных в холодном состоянии в сверленные и рассверленные отверстия, приведены в табл. 11.

5.10 Расчетные сопротивления растяжению  $R_{bt}$  и срезу  $R_{bs}$  соединений на болтах, поставленных в сверленные или рассверленные отверстия, приведены в табл. 12.

Т а б л и ц а 8

Вид сварного соединения	Напряженное состояние	Обозначение	Расчетное сопротивление, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), алюминия в околошовной зоне								
			термически не упрочняемого марок			термически упрочняемого марок					
			АД1М	АМцМ	АМГ2М; АМГ2Н2	АД31Т; АД31Т4	АД31Т5	АД31Т1	1935Т	1915	1915Т
			при сварке с применением электродной или присадочной проволоки марок								
			СВА1	СВАМГ3		СВАМГ3; 1557			1557		
Встык и внахлестку лобовыми швами (рис.1,а,б, сечение 1-1)	Растяжение, сжатие и изгиб Сдвиг	$R_{wz}$	25 (250)	40 (400)	65 (650)	55 (550)	65 (650)	80 (800)	115(1150) 120(1250)	140 (1450)	511 (1600)
		$R_{wzs}$	15 (150)	25 (250)	40 (400)	35 (350)	40 (400)	50 (500)	80 (800)	90 (900)	105 (1050)
Внахлестку фланговыми швами (рис. 1, в, сечение 1-1)	Растяжение, сжатие и изгиб	$R_z$	25 (250)	40 (400)	65 (650)	50 (500)	60 (600)* 75 (750)*	80 (800)* 105(1050)*	100 (1000)* 105(1050)*	130 (1300)* 140 (1450)*	140 (1450)* 155 (1600)*



Окончание таблицы 8

Вид сварного соединения	Напряженное состояние	Обозначение	Расчетное сопротивление, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), алюминия в околошовной зоне								
			термически не упрочняемого марок			термически упрочняемого марок					
			АД1 М	АМц М	АМг2М; АМг2Н2	АД31Т; АД31Т4	АД31Т5	АД31Т1	1935Т	1915	1915Т
			при сварке с применением электродной или присадочной проволоки марок								
			СвА1	СвАМг3		СвАМг3; 1557			1557		

\* Для соединений внахлестку из профильных элементов.

Примечания

1 Расчетное сопротивление  $R_{wz}$  алюминия марки 1915Т указано для профилей толщиной 5-12 мм. Для профилей толщиной 4 мм при сварке вольфрамовым электродом  $R_{wz} = 165$  МПа (1700 кгс/см<sup>2</sup>).

2 Влияние продольных сварных швов элементов конструкций (в обшивках, кровельных полотнищах и т. п.) на разупрочнение алюминия в околошовной зоне не учитывается.

3 Над чертой указаны расчетные сопротивления при сварке алюминия вольфрамовым электродом, под чертой – плавящимся электродом.

Т а б л и ц а 9

Сварные соединения и швы	Напряженное состояние	Обозначение	Расчетное сопротивление сварных швов, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), алюминия марок		
			АД1М	АМцМ	АМг2М; АМг2Н2
			при сварке с применением электродной или присадочной проволоки марок		
			СвА1	СвАМг3	СвАМг3
Встык	Сжатие, растяжение, изгиб	$R_w$	25 (250); 30 (300) *	40 (400); 45 (450) *	65 (650)
	Сдвиг	$R_{ws}$	15(150)	25 (250)	40 (400)
Угловые швы	Срез	$R_{wf}$	20 (200)	30 (300)	45 (450)
* Для конструкций, эксплуатация которых возможна после достижения алюминием предела текучести.					

Т а б л и ц а 10

Сварные соединения и швы	Напряженное состояние	Обозначение	Расчетное сопротивление сварных швов, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), алюминия марок							
			АД31Т; АД31Т4	АД31Т5	АД31Т1	1935Т	1915	1915Т при толщине металла, мм		
								4	5-12	
			при сварке с применением электродной или присадочной проволоки марок							
			СвАМг3; 1557			1557				
Встык	Сжатие, растяжение, изгиб при сварке электродом:	$R_w$								
			а) плавящимся (автоматическая и полуавтоматическая сварка)	55 (550)	65 (650)	80 (800)	120 (1250)	140 (1450)	–	155 (1600)
	б) вольфрамовым (ручная и механизированная сварка)		55 (550)	65 (650)	80 (800)	115 (1150)	140 (1450)	155 (1600)	155 (1600)	

## Окончание таблицы 10

Сварные соединения и швы	Напряженное состояние	Обозначение	Расчетное сопротивление сварных швов, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), алюминия марок						
			АД31Т; АД31Т4	АД31Т5	АД31Т1	1935Т	1915	1915Т при толщине металла, мм	
								4	5-12
			при сварке с применением электродной или присадочной проволоки марок						
			СВАМг3; 1557			1557			
Встык	Сдвиг	$R_{ws}$	35 (350)	40 (400)	50 (500)	80 (800)	90 (900)	110 (1100)	105 (1050)
Угловые (швы фланговые и лобовые)	Срез	$R_{wf}$	45 (450)	45 (450)	45 (450)	80 (800)	110 (1100)	110 (1100)	110 (1100)
<p><b>Примечания</b></p> <p>1 Расчетные сопротивления сварных соединений алюминия марки 1915Т указаны для прессованных профилей.</p> <p>2 Расчетные сопротивления сварных соединений термически упрочняемого алюминия могут быть повышены повторной термической обработкой (после сварки соединения), при этом для алюминия системы Al-Zn-Mg <math>R_w=R</math> (где <math>R</math> – расчетное сопротивление, определяемое по табл. 6).</p> <p>В сварных нахлесточных соединениях из алюминия марок АД31Т, АД31Т1, АД31Т4 и АД31Т5 применять лобовые швы не допускается.</p>									

Т а б л и ц а 11

Марка алюминия для заклепок	АД1Н	АМг2Н	АМг5пМ	АВТ1
Расчетное сопротивление срезу соединений на заклепках $R_{rs}$ , МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	35 (350)	70 (700)	100 (1000)	100 (1000)
<p>Примечания</p> <p>1 В продавленные отверстия ставить заклепки не допускается.</p> <p>2 Расчетные сопротивления соединений на заклепках с потайными или полупотайными головками рекомендуется снижать на 20 %. Указанные заклепки растягивающие усилия не воспринимают.</p>				

Т а б л и ц а 12

Соединение на болтах	Напряженное состояние	Обозначение	Расчетное сопротивление соединений на болтах $R_b$ , МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), из алюминия марок	
			АМг5п	АВТ1
Повышенной точности	Растяжение	$R_{bt}$	125 (1250)	155 (1600)
	Срез	$R_{bs}$	90 (900)	95 (950)
Нормальной и грубой точности	Растяжение	$R_{bt}$	125 (1250)	155 (1600)
	Срез	$R_{bs}$	80 (800)	85 (850)

5.11 Расчетные сопротивления смятию элементов конструкций для соединений на заклепках  $R_{rp}$  и болтах  $R_{bp}$ , поставленных в сверленные или рассверленные отверстия, рекомендуется принимать по табл. 13.

Т а б л и ц а 13

Марка алюминия элементов	Расчетное сопротивление смятию элементов конструкций, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) для соединений	
	на заклепках, $R_{rp}$	на болтах, $R_{bp}$
АД1М	40 (400)	35 (350)
АМцМ	65 (650)	60 (600)
АМг2М	110 (1100)	100 (1000)
АМг2Н2	195 (2000)	175 (1800)

## Окончание таблицы 13

Марка алюминия элементов	Расчетное сопротивление смятию элементов конструкций, МПа (кг/см <sup>2</sup> ) для соединений	
	на заклепках, $R_{rp}$	на болтах, $R_{bp}$
АД31Т	90 (900)	80 (800)
АД31Т4	90 (900)	80 (800)
АД31Т5	155 (1600)	140 (1450)
АД31Т1	195 (2000)	175 (1800)
1925	275 (2800)	245 (2500)
1915	275 (2800)	245 (2500)
1915Т	315 (3200)	285 (2900)

Примечание – Расчетные сопротивления приведены для соединений на болтах, поставленных на расстоянии  $2d$  от их оси до края элемента. При сокращении этого расстояния до  $1,5d$  приведенные расчетные сопротивления рекомендуется понижать на 40 %.

5.12 Расчетные сопротивления алюминия и литейного алюминия, соединений сварных, на заклепках и болтах для конструкций, эксплуатируемых при расчетных температурах выше 50 °С, необходимо умножать на коэффициент  $\gamma_t$ , указанный в табл. 14.

5.13 При расчете элементов и соединений алюминиевых конструкций рекомендуется учитывать коэффициенты условий работы  $\gamma_c$ , принимаемые по табл. 15.

Т а б л и ц а 14

Марка алюминия конструкций	АД1,АМц	АМг2, АД31, 1915, 1925, 1935, АЛ8
Коэффициент $\gamma_t$ (при температуре от 51 до 100 °С)	0,85	0,90
<p>Примечания</p> <p>1 Приведенные значения коэффициентов <math>\gamma_t</math> не зависят от состояния алюминия (см табл. 2).</p> <p>2 Для конструкций, эксплуатируемых при расчетных температурах выше 50°С, коэффициенты <math>\gamma_t</math> рекомендуется уменьшать на 10% при непрерывном действии нормативной нагрузки свыше одного года, а также при непрерывном действии свыше двух лет нормативной нагрузки, составляющей свыше 0,9 расчетной.</p>		

Т а б л и ц а 15

Элементы конструкций	Коэффициент $\gamma_c$
1 Корпуса и днища резервуаров	0,8
2 Колонны жилых и общественных зданий и опор водонапорных башен	0,9
3 Сжатые элементы решетки плоских ферм при гибкости:	
$\lambda \leq 50$	0,9
$\lambda > 50$	0,75
4 Сжатые раскосы пространственных решетчатых конструкций из одиночных уголков, прикрепляемых к поясам одной полкой:	
а) сварными швами или двумя заклепками (болтами) и более, поставленными вдоль уголка	0,75
б) одним болтом	0,6
5 Сжатые элементы из одиночных уголков, прикрепляемые одной полкой (для неравнополочных уголков – только узкой полкой), за исключением элементов конструкций, указанных в поз. 4 настоящей таблицы, и плоских ферм из одиночных уголков	0,6
<p>П р и м е ч а н и я</p> <p>1 Коэффициенты условий работы поз. 3 и 5 одновременно не учитываются.</p> <p>2 Коэффициенты условий работы поз. 3 и 4 не распространяются на крепления соответствующих элементов в узлах.</p> <p>3 Для сжатых раскосов пространственных решетчатых конструкций из одиночных уголков при треугольной решетке с распорками (см. рис. 8, а) коэффициент условий работы поз. 4 не учитывается.</p> <p>4 Для случаев, не оговоренных настоящей таблицей, в формулах рекомендуется принимать <math>\gamma_c=1,0</math>.</p>	

## 6 Расчет элементов алюминиевых конструкций на осевые силы и изгиб

### Центрально-растянутые и центрально-сжатые элементы

6.1 Расчет на прочность элементов, подверженных центральному растяжению или сжатию силой  $N$ , рекомендуется выполнять по формуле

$$\frac{N}{A_n} \leq R_{\gamma_c} \quad (1)$$

6.2 Расчет на устойчивость сплошностенчатых элементов, подверженных центральному сжатию силой  $N$ , рекомендуется выполнять по формуле

$$\frac{N}{\varphi A} \leq R_{\gamma_c} \quad (2)$$

Численные значения коэффициента  $\varphi$  приведены в табл. 2 и 3 приложения Б.

6.3 При расчете стержней из одиночных уголков на центральное сжатие радиус инерции сечения  $i$  рекомендуется принимать:

- а) минимальным, если стержни прикреплены только по концам;
- б) относительно оси, параллельной одной из полок уголка при наличии промежуточного закрепления (распорок, шпренгелей, связей и т. п.), предопределяющего направление выпучивания уголка в плоскости, параллельной второй полке.

6.4 Сжатые элементы со сплошными стенками открытого П-образного сечения (рис. 2), не усиленные и усиленные отбортовками или утолщениями (бульбами), при  $\lambda_x < 3\lambda_y$  (где  $\lambda_x$  и  $\lambda_y$  – расчетные гибкости элемента в плоскостях, перпендикулярных осям  $x-x$  и  $y-y$ ) рекомендуется укреплять планками или решеткой, при этом должны быть выполнены требования п.п. 6.5 и 6.7.

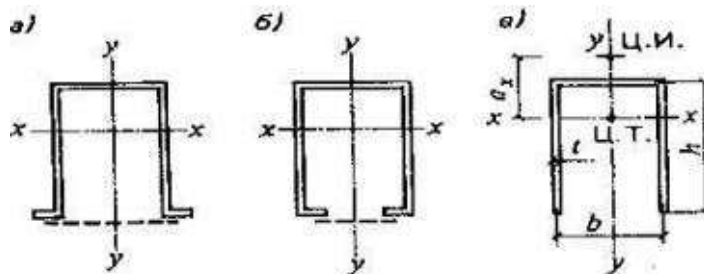


Рис. 2. П-образные сечения элементов  
а, б – усиленные планками или решеткой; в – открытое



При отсутствии планок или решеток такие элементы помимо расчета по формуле (2) рекомендуется проверять на устойчивость при изгибно-крутильной форме потери устойчивости по формуле

$$\frac{N}{c\varphi_y A} \leq R\gamma_c, \quad (3)$$

где  $c$  – коэффициент, определяемый по формуле

$$c = \frac{2}{1 + \delta + \sqrt{(1 - \delta)^2 + \frac{16\alpha^2}{\mu}}}, \quad (4)$$

где  $\delta = \frac{4\rho}{\mu}$ ;

$$\rho = \frac{L_x + L_y}{Ah^2} + \alpha^2;$$

$\alpha = \frac{a_x}{h}$  – относительное расстояние между центром тяжести и центром изгиба;

$$\mu = \frac{8I_\omega}{I_y h^2} + 0,156 \frac{I_t}{Ah^2} \lambda^2 y;$$

$I_\omega$  – секториальный момент инерции сечения;

$$I_t = \frac{1}{3} \sum b_i t_i^3$$

$b_i$ ,  $t_i$  – соответственно ширина и толщина прямоугольных элементов, составляющих сечение.

Для сечения, приведенного на рис. 2, в, значения  $\frac{I_\omega}{I_y h^2}$ ,  $\frac{I_t}{Ah^2}$  и  $\alpha$  рекомендуется определять по формулам:

$$\left. \begin{aligned} \frac{I_\omega}{I_y h^2} &= \frac{39 + 2\beta}{(6 + \beta)^2}; \\ \frac{I_t}{Ah^2} &= \frac{1}{3} \left( \frac{t}{h} \right)^2; \\ \alpha &= \frac{4(3 + \beta)}{(2 + \beta)(6 + \beta)}, \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

где  $\beta = \frac{b}{h}$ .

При наличии утолщений круглого сечения (бульб) момент инерции при кручении  $I_t$  рекомендуется увеличить на  $\frac{n\pi D^4}{32}$ , где  $n$  – число бульб в сечении;  $D$  – диаметр бульб.

6.5 Для составных сжатых стержней, ветви которых соединены планками или решетками, коэффициент  $\varphi$  относительно свободной оси (перпендикулярной плоскости планок или решеток) рекомендуется определять по табл.2 приложения Б с заменой  $\lambda$  на  $\lambda_{ef}$ . Значения  $\lambda_{ef}$  необходимо определять по формулам табл. 16.

В составных стержнях с решетками помимо расчета на устойчивость стержня в целом рекомендуется производить расчет на устойчивость отдельных ветвей на участках между узлами.

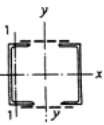
Гибкость отдельных ветвей  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  на участке между планками должна быть не более 30.

В составных стержнях с решетками гибкость отдельных ветвей между узлами не должна превышать приведенную гибкость  $\lambda_{ef}$  стержня в целом.

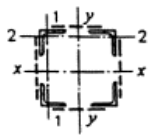
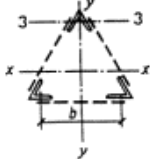
6.6 Расчет составных элементов из уголков, швеллеров и т. п., соединенных вплотную или через прокладки, рекомендуется выполнять как сплошностенчатых при условии, что наибольшие расстояния между их соединениями (прокладками, шайбами и т. п.) не превышают:  $30i$  – для сжатых элементов;  $80i$  – для растянутых элементов.

Здесь радиус инерции  $i$  уголка или швеллера рекомендуется принимать для тавровых или двутавровых сечений относительно оси, параллельной плоскости расположения прокладок, а для крестовых сечений – минимальным. При этом в пределах длины сжатого элемента рекомендуется ставить не менее двух прокладок.

Т а б л и ц а 16

Тип сечения	Схема сечения	Приведенные гибкости $\lambda_{ef}$ составных стержней сквозного сечения		
		с планками при		с решетками
		$I_s l / (I_b b) < 5$	$I_s l / (I_b b) > 5$	
1		$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda_y^2 + 0,82\lambda_1^2(1+n)}$ (6)	$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda_1^2 + \lambda_{y1}^2}$ (9)	$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda_y^2} + \sqrt{\alpha_1 \frac{A}{A_{y1}}}$ (12)

## Продолжение таблицы 16

Тип сечения	Схема сечения	Приведенные гибкости $\lambda_{ef}$ составных стержней сквозного сечения		
		с планками при		с решетками
		$I_s l / (I_b b) < 5$	$I_s l / (I_b b) > 5$	
2		$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda^2 + 0,82[\lambda_1^2(1+n_1) + \lambda_2^2(1+n_2)]}$ (7)	$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda^2 + \lambda_1^2 + \lambda_2^2}$ (10)	$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda^2 + \sqrt{A\left(\frac{\alpha_1}{A_{d1}} + \frac{\alpha_2}{A_{d2}}\right)}}$ (13)
3		$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda^2 + 0,82\lambda_3^2(1+3n_3)}$ (8)	$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda^2 + 1,3\lambda_3^2}$ (11)	$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda^2 + \sqrt{\alpha_3 \frac{2A}{3A_d}}}$ (14)

Обозначения, принятые в табл. 16:

$\lambda$  – наибольшая гибкость всего стержня;

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  – гибкости отдельных ветвей при изгибе их в плоскостях, перпендикулярных осям соответственно 1–1, 2–2 и 3–3, на участках между приваренными планками (в свету) или между центрами крайних болтов или заклепок;

$A$  – площадь сечения стержня;

$A_{d1}, A_{d2}$  – площади сечения раскосов решеток (при крестовой решетке – двух раскосов), лежащих в плоскостях, перпендикулярных осям соответственно 1–1 и 2–2;

$A_d$  – площадь сечения раскоса решетки (при крестовой решетке – двух раскосов), лежащей в плоскости одной грани (для трехгранного равностороннего стержня);

$a_1, a_2$  – коэффициенты, определяемые по формуле

$$\alpha = 10 \frac{a^3}{b^2 l};$$

$a, b, l$  – размеры, принимаемые по рис. 3,а и рис. 4;

$n, n_1$  – коэффициенты, определяемые соответственно по формулам:

$$n = \frac{I_{b1} b}{I_s l}; \quad n_1 = \frac{I_{b1} b}{I_{s1} l};$$

$$n_2 = \frac{I_{b2} b}{I_{s2} l}; \quad n_3 = \frac{I_{b3} b}{I_s l};$$

где  $I_{b1}, I_{b3}$  – моменты инерции сечения ветвей относительно осей соответственно 1–1 и 3–3 (для сечений типов 1 и 3);

$I_{b1}, I_{b2}$  – моменты инерции сечения двух уголков относительно осей соответственно 1–1 и 2–2 (для сечения типа 2);

$I_s$  – момент инерции сечения одной планки относительно собственной оси  $x-x$  (рис. 4);

$I_{s1}, I_{s2}$  – моменты инерции сечения одной из планок, лежащих в плоскостях, перпендикулярных осям соответственно 1–1 и 2–2 (для сечения типа 2).

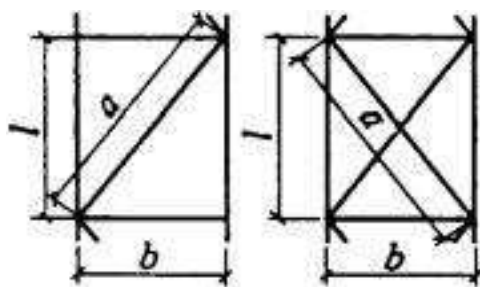


Рис. 3. Схема решетки  
а – раскосной; б – крестовой с распорками

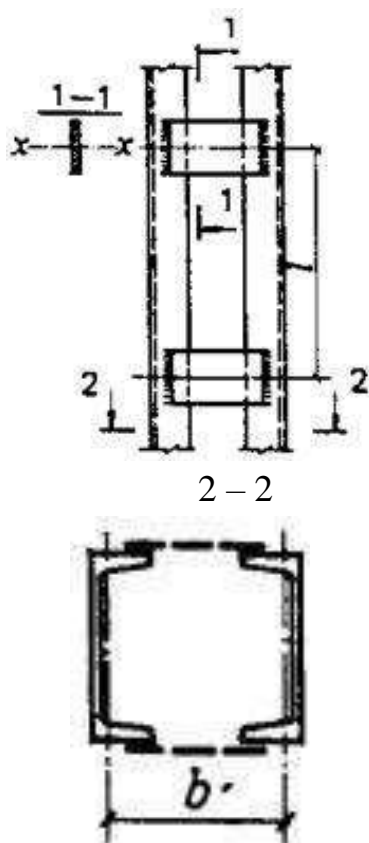


Рис. 4. Составной стержень на планках

6.7 Расчет соединительных элементов (планок, решеток) сжатых составных стержней сквозного сечения рекомендуется выполнять на условную поперечную силу  $Q_{fic}$ , принимаемую постоянной по всей длине стержня и определяемую по формуле

$$Q_{fic} = 4,2 \cdot 10^{-6} \left( 4000 - \frac{E}{R} \right) \frac{N}{\varphi} \quad (15)$$

где  $N$  – продольное усилие в составном стержне;

$\varphi$  – коэффициент продольного изгиба, принимаемый для составного сквозного стержня в плоскости соединительных элементов.

Условную поперечную силу  $Q_{fic}$  рекомендуется распределять при наличии:

только соединительных планок (решеток) – поровну между планками (решетками), лежащими в плоскостях, перпендикулярных оси, относительно которой производится проверка устойчивости;

сплошного листа и соединительных планок (решеток) – пополам между листом и планками (решетками), лежащими в плоскостях, параллельных листу.

При расчете равносторонних трехгранных составных стержней условную поперечную силу  $Q_{fic}$ , приходящуюся на систему соединительных элементов, расположенных в одной плоскости, рекомендуется принимать равной  $0,8 Q_{fic}$ .

6.8 Расчет соединительных планок и их креплений (см. рис.4) рекомендуется выполнять как расчет элементов безраскосных ферм по формулам:

на силу  $F$ , срезающую планку:

$$F = \frac{Q_s l}{b}; \quad (16)$$

на момент  $M_1$ , изгибающий планку в ее плоскости:

$$M_1 = \frac{Q_s l}{2} \quad (17)$$

где  $Q_s$  – условная поперечная сила, приходящаяся на планку одной грани;

$l$  – расстояние между центрами планок;

$b$  – расстояние между осями ветвей.

6.9 Расчет соединительных решеток рекомендуется выполнять как расчет решеток ферм. При расчете перекрестных раскосов крестовой решетки с распорками (см. рис.3, б) необходимо учитывать дополнительное усилие  $N_{ad}$  возникающее в каждом раскосе от обжатия поясов и определяемое по формуле

$$N_{ad} = \alpha N \frac{A_d}{A_1} \quad (18)$$

где  $N$  – усилие в одной ветви стержня;

$A_d$  – площадь сечения одного раскоса;

$A_1$  – площадь сечения одной ветви;

$\alpha$  – коэффициент, определяемый по формуле

$$\alpha = \frac{al^2}{a^3 + 2b^3} \quad (19)$$

$a, l, b$  – размеры, приведенные на рис. 3, б.

6.10 Расчет стержней, предназначенных для уменьшения расчетной длины сжатых элементов, рекомендуется выполнять на усилия, равные условной поперечной силе в основном сжатом элементе, определяемой по формуле (15).

### Изгибаемые элементы

6.11 Расчет на прочность элементов, изгибаемых в одной из главных плоскостей, рекомендуется выполнять по формулам:

$$\frac{M}{W_{n,min}} \leq R\gamma_c \quad (20)$$

$$\tau = \frac{QS}{L_t} \leq R_s\gamma_c \quad (21)$$

При наличии ослабления отверстиями для заклепок или болтов значения касательных напряжений  $\tau$  в формуле (21) рекомендуется умножать на величину отношения

$$\frac{a}{a-d}, \quad (22)$$

где  $a$  – шаг отверстий;

$d$  – диаметр отверстия.

6.12 Для стенок балок, рассчитываемых по формуле (20), должны быть выполнены условия:

$$\sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x\sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2} \leq R\gamma_c; \quad (23)$$

где  $\sigma_x = \frac{M_x}{I_n}$  – нормальные напряжения в срединной плоскости стенки, параллельные оси балки;

$\sigma_y$  – нормальные напряжения в срединной плоскости стенки, перпендикулярные оси балки, в том числе  $\sigma_{loc}$ , определяемое по формуле (1) приложения Д;

$\tau_{xy} = \frac{Q}{th}$  – среднее касательное напряжение, вычисляемое с учетом формулы (22);

$t, h$  – соответственно толщина и высота стенки.

Напряжения  $\sigma_x$  и  $\sigma_y$  рекомендуется определять в одной и той же точке стенки балки и принимать в формуле (23) каждое со своим знаком.

6.13 Расчет на устойчивость балок двутаврового сечения, изгибаемых в плоскости стенки, рекомендуется выполнять по формуле

$$\frac{M}{\varphi_b W_c} \leq R\gamma_c \quad (24)$$

где  $W_c$  – для сжатого пояса;

$\varphi_b$  – коэффициент, определяемый по обязательному приложению В.

При определении значения  $\varphi_b$  за расчетную длину балки  $l_{ef}$  рекомендуется принимать расстояния между точками закреплений сжатого пояса от поперечных смещений; при отсутствии связей  $l_{ef} = l$  (где  $l$  – пролет балки). За расчетную длину консоли рекомендуется принимать:  $l_{ef} = l$  при отсутствии закрепления сжатого пояса на конце консоли в горизонтальной плоскости (здесь  $l$  – длина консоли); расстояние между точками закреплений сжатого пояса в горизонтальной плоскости при закреплении пояса на конце и по длине консоли.

Устойчивость балок не требуется проверять:

а) при передаче нагрузки через сплошной жесткий настил, непрерывно опирающийся на сжатый пояс балки и надежно с ним связанный (плоский и профилированный металлический настил, волнистая сталь и т. п.);

б) при отношении расчетной длины балки  $l_{ef}$  к ширине сжатого пояса  $b$ , не превышающем значений, определяемых по формулам табл. 17 для балок симметричного двутаврового сечения и с более развитым сжатым поясом, для которых ширина растянутого пояса составляет не менее 0,75 ширины сжатого пояса.

Т а б л и ц а 17

Место приложения нагрузки	Наибольшие значения $\frac{l_{ef}}{b}$ , при которых не требуется расчет на устойчивость прокатных и сварных балок (при $1 \leq \frac{h}{b} < 6$ и $15 \leq \frac{b}{t} \leq 35$ )
К верхнему поясу	$0,45 \left[ 0,35 + 0,0032 \frac{b}{f} + \left( 0,76 - 0,02 \frac{b}{f} \right) \frac{b}{h} \right] \sqrt{\frac{E}{R}} \quad (25)$
К нижнему поясу	$0,45 \left[ 0,57 + 0,0032 \frac{b}{f} + \left( 0,92 - 0,02 \frac{b}{f} \right) \frac{b}{h} \right] \sqrt{\frac{E}{R}} \quad (26)$
Независимо от уровня приложения нагрузки при расчете участка балки между связями или при чистом изгибе	$0,45 \left[ 0,41 + 0,0032 \frac{b}{f} + \left( 0,73 - 0,016 \frac{b}{f} \right) \frac{b}{h} \right] \sqrt{\frac{E}{R}} \quad (27)$
<p><i>Обозначения, принятые в табл. 17:</i>  <math>b, t</math> – соответственно ширина и толщина сжатого пояса;  <math>h</math> – расстояние (высота) между осями поясных листов.  Примечание – Для балок с поясными соединениями на заклепках и высокопрочных болтах значения <math>\frac{l_{ef}}{b}</math>, получаемые при расчете по формулам табл. 17, рекомендуется умножить на коэффициент 1,2.</p>	

6.14 Расчет на прочность элементов, изгибаемых в двух главных плоскостях, рекомендуется выполнять по формуле

$$\frac{M_x}{L_{xn}} y \pm \frac{M_y}{L_{yn}} x \leq R\gamma_c \quad (28)$$

где  $x$ ,  $y$  – координаты рассматриваемой точки сечения относительно его главных осей. В балках, рассчитываемых по формуле (28), значения напряжений в стенке балки рекомендуется проверять по формулам (21) и (23) в двух главных плоскостях изгиба.

При выполнении требований п.6.13 а балки, изгибаемые в двух плоскостях, на устойчивость не проверяются.

### Элементы, подверженные действию осевой силы с изгибом

6.15 Расчет на прочность сплошностенчатых внецентренно сжатых, сжато–изгибаемых, внецентренно растянутых и растянуто-изгибаемых элементов рекомендуется выполнять по формуле

$$\frac{N}{A_n} \pm \frac{M_x}{L_{xn}} y \pm \frac{M_y}{L_{yn}} x \leq R\gamma_c \quad (29)$$

где  $x$ ,  $y$  – координаты рассматриваемой точки сечения относительно его главных осей.

В составных сквозных стержнях каждую ветвь необходимо проверять по формуле (29) при соответствующих значениях  $N$ ,  $M_x$ ,  $M_y$ , вычисленных для данной ветви.

6.16 Расчет на устойчивость внецентренно сжатых и сжато–изгибаемых элементов рекомендуется выполнять как в плоскости действия момента (плоская форма потери устойчивости), так и из плоскости действия момента (изгибно–крутильная форма потери устойчивости).

Расчет на устойчивость внецентренно сжатых и сжато–изгибаемых элементов постоянного сечения в плоскости действия момента, совпадающей с плоскостью симметрии, рекомендуется выполнять по формуле

$$\frac{N}{\varphi_e A} \leq R\gamma_c \quad (30)$$

В формуле (30) коэффициент  $\varphi_e$  рекомендуется определять:

а) для сплошностенчатых стержней – по табл. 1 приложения Г в зависимости от условной гибкости  $\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{\frac{R}{E}}$  и приведенного относительного эксцентриситета  $m_{ef}$  определяемого по формуле



$$m_{ef} = \eta m, \quad (31)$$

где  $\eta$  – коэффициент влияния формы сечения, определяемый по табл. 3 приложения Г;

$$m = \frac{eA}{W_c} \text{ – относительный эксцентриситет (здесь } e \text{ – эксцентриситет; } W_c \text{ –}$$

момент сопротивления сечения для наиболее сжатого волокна).

Расчет на устойчивость выполнять не требуется для сплошностенчатых стержней при  $m_{ef} > 10$ ;

б) для сквозных стержней с решетками или планками, расположенными в плоскостях, параллельных плоскости изгиба, – по табл. 2 приложения Г в зависимости от условной приведенной гибкости, определяемой по формуле

$$\bar{\lambda}_{ef} = \lambda_{ef} \sqrt{\frac{r}{e}} \quad (32)$$

и относительного эксцентриситета  $m$ , определяемого по формулам

$$\left. \begin{aligned} m_x &= e_x \frac{Ay_1}{L_x} \\ m_y &= e_y \frac{Ax_y}{L_y} \end{aligned} \right\} \quad (33)$$

где  $x_1, y_1$  – расстояния соответственно от оси  $y$ – $y$  или  $x$ – $x$  до оси наиболее сжатой ветви, но не менее расстояния до оси стенки ветви.

6.17 Расчетные значения изгибающих моментов  $M$  необходимые для вычисления эксцентриситета  $e = \frac{M}{N}$ , рекомендуется принимать равными:

а) для стержней постоянного сечения рамных систем – наибольшему моменту в пределах длины стержней;

б) для ступенчатых стержней – наибольшему моменту на длине участка постоянного сечения;

в) для консолей – моменту в заделке, но не менее момента в сечении, отстоящем на треть длины стержня от заделки;

г) для сжатых стержней с шарнирно–опертыми концами и сечениями, имеющими одну ось симметрии, совпадающую с плоскостью изгиба, – моменту, определяемому по формулам табл. 18.

Для сжатых стержней с шарнирно–опертыми концами и сечениями, имеющими две оси симметрии, приведенные относительные эксцентриситеты  $m_{ef}$  рекомендуется определять по табл. 4 приложения Г.

Т а б л и ц а 18

Относительный эксцентриситет, соответствующий $M_{max}$	Расчетные значения $M$ при условной гибкости стержня	
	$\bar{\lambda} < 4$	$\bar{\lambda} > 4$
$m \leq 3$	$M = M_2 = M_{max} - \frac{\bar{\lambda}}{4}(M_{max} - M_1)$	$M = M_1$
$3 < m \leq 10$	$M = M_2 + \frac{m-3}{7}(M_{max} - M_2)$	$M = M_1 + \frac{m-3}{7}(M_{max} - M_1)$
<p>Обозначения, принятые в табл. 18:</p> <p><math>M_{max}</math> – наибольший изгибающий момент в пределах длины стержня;</p> <p><math>M_1</math> – наибольший изгибающий момент в пределах средней трети длины стержня, но не менее <math>0,5 M_{max}</math>;</p> <p><math>M</math> – относительный эксцентриситет, определяемый по формуле</p> $m = \frac{M_{max} A}{NW_c}$ <p>Примечание – Во всех случаях рекомендуется принимать <math>M &gt; 0,5 M_{max}</math></p>		

6.18 Расчет на устойчивость внецентренно сжатых элементов постоянного сечения из плоскости действия момента при их изгибе в плоскости наибольшей жесткости ( $I_x > I_y$ ), совпадающей с плоскостью симметрии, рекомендуется выполнять по формуле

$$\frac{N}{c\varphi_y A} \leq R\gamma_c \quad (34)$$

где  $c$  – коэффициент, вычисляемый по формуле (35).

6.19 Коэффициент  $c$  рекомендуется определять по формуле

$$c = \frac{\beta}{1 + \alpha m_x}, \quad (35)$$

где  $\alpha, \beta$  – коэффициенты, принимаемые по табл. 19.

При определении  $m_x$ , за расчетный момент  $M_x$  рекомендуется принимать:

а) для стержней с шарнирно–опертыми концами, закрепленными от смещения перпендикулярно плоскости действия момента, – максимальный момент в пределах средней трети длины (но не менее половины момента, наибольшего на длине стержня);

б) для консолей – момент в заделке (но не менее момента в сечении, отстоящем от заделки на треть длины стержня).

Т а б л и ц а 19

Тип сечения	Значения коэффициентов		
	$\alpha$ при $1 \leq m_x \leq 5$	$\beta$ при	
		$\lambda_y \leq \lambda_c$	$\lambda_y > \lambda_c$
Открытое	$0,75 + 0,05m_x$	1	$\sqrt{\frac{\varphi_c}{\varphi_y}}$
	$1 - (0,25 - 0,05m_x) \frac{I_2}{I_1}$	1	$1 - (1 - \sqrt{\frac{\varphi_c}{\varphi_y}}) (2 \frac{I_2}{I_1} - 1)$
Замкнутое или сквозное с решетками (или планками)	$0,55 + 0,05m_x$	1	$\sqrt{\frac{\varphi_c}{\varphi_y}}$

*Обозначения, принятые в табл. 19:*

$I_1, I_2$  – моменты инерции соответственно большей и меньшей полок относительно оси симметрии сечения  $y-y$ ;

$\varphi_c$  – значение  $\varphi_y$  при  $\lambda_y = \lambda_c = 3,8 \sqrt{\frac{E}{R}}$

**П р и м е ч а н и я**

1 Значения коэффициентов  $a$  и  $b$  для сквозных стержней с решетками (или планками) рекомендуется принимать только при наличии не менее двух промежуточных диафрагм по длине стержня. В противном случае рекомендуется принимать коэффициенты, установленные для стержней открытого двутаврового сечения.

2 При значениях  $m_x < 1$  или  $m_x > 5$  рекомендуется принимать соответственно  $m_x = 1$  или  $m_x = 5$ .

При гибкости  $\lambda_y > \lambda_c = 3,8 \sqrt{\frac{E}{R}}$  коэффициент  $c$  не должен превышать для стержней:

замкнутого сечения – единицы;

двутаврового сечения с двумя осями симметрии – значений, определяемых по формуле

$$c_{max} = \frac{2}{1 + \delta + \sqrt{(1 - \delta)^2 + \frac{16}{\mu} \left( \frac{M_x}{Nh} \right)^2}} \quad (36)$$

где  $\delta = \frac{4\rho}{\mu}$ ;  $\rho = \frac{L_x + L_y}{Ah^2}$

$h$  – расстояние между осями поясов;

$$\mu = 2 + 0,156 \frac{I_t}{Ah^2} \lambda_y^2;$$

$$I_t = 0,433 \sum b_i t_i^3.$$

6.20 Внецентренно сжатые элементы, изгибаемые в плоскости наименьшей жесткости ( $I_y < I_x$  и  $e_y \neq 0$ ) при  $\lambda_x > \lambda_y$ , рекомендуется рассчитывать по формуле (30), а также проверять на устойчивость из плоскости действия момента как центрально–сжатые стержни по формуле

$$\frac{N}{\varphi_x A} \leq R\gamma_c \quad (37)$$

При  $\lambda_x \leq \lambda_y$  проверка устойчивости из плоскости действия момента не требуется.

6.21 В сквозных внецентренно сжатых стержнях с решетками, расположенными в плоскостях, параллельных плоскости изгиба, кроме расчета на устойчивость стержня в целом по формуле (30) рекомендуется проверить отдельные ветви как центрально–сжатые стержни по формуле (2).

Продольную силу в каждой ветви рекомендуется определять с учетом дополнительного усилия от момента; величину этого усилия при параллельных ветвях (поясах) необходимо определять по формуле

$$N_{ad} = \frac{M}{b}$$

где  $b$  – расстояние между осями ветвей (поясов).

Отдельные ветви внецентренно сжатых сквозных элементов с планками рекомендуется проверять на устойчивость как внецентренно сжатые элементы с учетом усилий от момента и местного изгиба ветвей от фактической или условной поперечной силы (как в поясах безраскосной фермы).

6.22 Расчет на устойчивость сплошностенчатых стержней, подверженных сжатию и изгибу в двух главных плоскостях, при совпадении плоскости наибольшей жесткости ( $L_x > L_y$ ) с плоскостью симметрии рекомендуется выполнять по формуле

$$\frac{N}{\varphi_{exy} A} \leq R\gamma_c, \quad (38)$$

где  $\varphi_{exy} = \varphi_{ey} \sqrt{c}$ ,

здесь  $\varphi_{ey}$  – рекомендуется определять согласно требованиям п. 6.16;

$c$  – необходимо определять согласно требованиям п. 6.19.

Если  $m_{ef,y} < 2m_x$  то кроме расчета по формуле (38) рекомендуется произвести дополнительную проверку по формулам (30) и (34), принимая  $e_y = 0$ .

Значения относительных эксцентриситетов рекомендуется определять по формулам

$$m_x = e_x \frac{A}{W_{cx}} \text{ и } m_y = e_y \frac{A}{W_{cy}}, \quad (39)$$

где  $w_{cx}$ ,  $w_{cy}$  – моменты сопротивления сечений для наиболее сжатого волокна относительно осей соответственно  $x$ – $x$  и  $y$ – $y$ .

Если  $\lambda_x > \lambda_y$ , то кроме расчета по формуле (38) рекомендуется произвести дополнительную проверку по формуле (30), принимая  $e_y=0$ . В случае несовпадения плоскости наибольшей жесткости ( $L_x > L_y$ ) с плоскостью симметрии расчетное значение  $m_x$  рекомендуется увеличить на 25 %.

6.23 Расчет на устойчивость сквозных стержней из двух сплошностенчатых ветвей, симметричных относительно оси  $y$ – $y$  (рис. 5), с решетками в двух параллельных плоскостях, подверженных сжатию и изгибу в обеих главных плоскостях, рекомендуется выполнять:

для стержней в целом – в плоскости, параллельной плоскостям решеток, согласно требованиям п. 6.16, принимая  $e_y=0$  (см. рис. 5);

для отдельных ветвей – как внецентренно сжатых элементов по формулам (30) и (34), при этом продольную силу в каждой ветви рекомендуется определять с учетом усилия от момента  $M_x$  (см. п. 6.21), а момент  $M_y$  – распределять между ветвями пропорционально их жесткостям;

если момент  $M_y$  действует в плоскости одной из ветвей, то рекомендуется считать его полностью передающимся на эту ветвь.

При проверке отдельной ветви по формуле (34) гибкость ее определяется по максимальному расстоянию между узлами решетки.

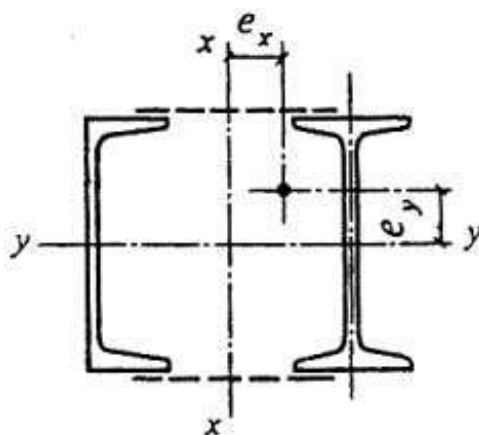


Рис. 5. Сечение составного элемента из двух сплошно–стенчатых ветвей с решетками в двух параллельных плоскостях

6.24 Расчет соединительных элементов (планок или решеток) сквозных внецентренно сжатых стержней рекомендуется выполнять согласно требованиям пп. 6.7–6.9 на наибольшую поперечную силу – фактическую  $Q$  или условную  $Q_{fic}$ .

В случае, когда фактическая поперечная сила больше условной, соединять планками ветви сквозных внецентренно сжатых элементов, как правило, не рекомендуется.

## 7 Расчетная длина и предельная гибкость элементов алюминиевых конструкций

### Расчетная длина

7.1 Расчетную длину  $l_{ef}$  элементов плоских ферм и связей, за исключением элементов перекрестной решетки ферм (рис. 6,г), рекомендуется принимать по табл. 20.

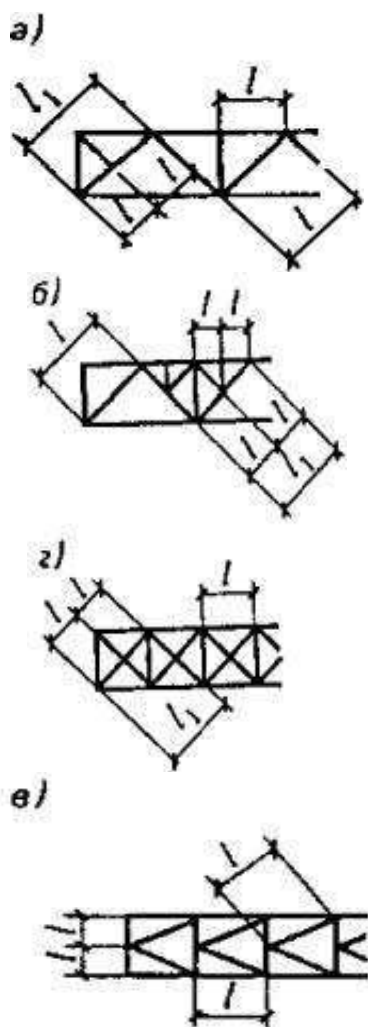


Рис. 6. Схемы решеток ферм для определения расчетной длины элементов  
 а – треугольной с раскосом в крайней панели; б – треугольной со шпренгелем;  
 в – полураскосной; г – перекрестной

Направление продольного изгиба	Расчетная длина $l_{ef}$		
	полюсов	опорных раскосов и стоек	прочих элементов решетки
В плоскости фермы	$l$	$l$	$0,8l$
В направлении, перпендикулярном плоскости фермы (из плоскости фермы)	$l_1$	$l_1$	$l_1$

*Обозначения, принятые в табл. 20 и на рис. 6:*  
 $L$  – геометрическая длина элемента (расстояние между центрами узлов) в плоскости фермы;  
 $l_1$  – расстояние между узлами, закрепленными от смещения из плоскости фермы (специальными связями, жесткими плитами покрытий, прикрепленными к поясу сварными швами или болтами, и т. п.).

7.2 Расчетную длину  $l_{ef}$  элемента, по длине  $l_1$  которого действуют сжимающие усилия  $N_1$  и  $N_2$  ( $N_1 > N_2$ ), из плоскости фермы (рис. 7) рекомендуется вычислять по формуле

$$l_{ef} = l_1 \left( 0,75 + 0,25 \frac{N_2}{N_1} \right) \quad (40)$$

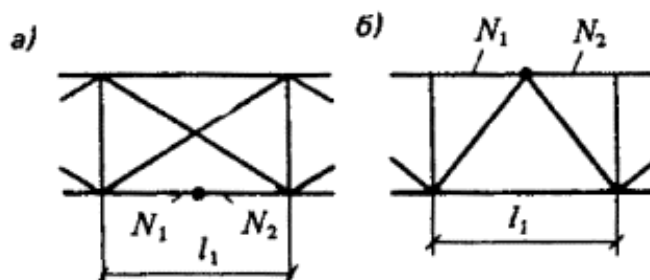


Рис. 7 Схемы для определения расчетной длины элемента с различными усилиями  $N_1$  и  $N_2$  (по его длине)

а– схема связей между фермами (вид сверху); б– схема фермы

Расчет на устойчивость в этом случае рекомендуется выполнять на большую силу  $N_1$ .

7.3 Расчетную длину  $l_{ef}$  элементов перекрестной решетки (см. рис. 6, г) рекомендуется принимать:

в плоскости фермы – равной расстоянию от центра узла фермы до точки их пересечения ( $l_{ef} = l$ );

из плоскости фермы: для сжатых элементов – по табл. 21; для растянутых элементов – равной полной геометрической длине элемента ( $l_{ef}=l$ ).

Т а б л и ц а 21

Конструкция узла пересечения элементов решетки	Расчетная длина $l_{ef}$ из плоскости фермы при поддерживающем элементе		
	растянутом	неработающем	сжатом
Оба элемента не прерываются	$l$	$0,7l$	$l_1$
Поддерживающий элемент прерывается и перекрывается фасонкой	$0,7l_1$	$l_1$	$1,4l_1$
Обозначения, принятые в табл. 21 и на рис. 6 г: $L$ – расстояние от центра узла фермы до пересечения элементов; $l_1$ – полная геометрическая длина элемента.			

7.4 Радиусы инерции  $i$  сечений элементов перекрестной решетки из одиночных уголков рекомендуется принимать:

при расчетной длине элемента, равной  $l$  (где  $l$  – расстояние между ближайшими узлами), – минимальными ( $i=i_{min}$ );

в остальных случаях – относительно оси уголка, перпендикулярной или параллельной плоскости фермы ( $i = i_x$  или  $i = i_y$  – в зависимости от направления продольного изгиба).

7.5 Расчетную длину  $l_{ef}$  и радиусы инерции сечений  $i$  элементов пространственных решетчатых конструкций из одиночных уголков рекомендуется принимать по табл. 22.

7.6 Расчетную длину  $l_{ef}$  колонн (стоек) рекомендуется определять по формуле

$$l_{ef} = \mu l$$

где  $l$  – длина колонны или ее отдельного участка.

Коэффициенты расчетной длины  $\mu$  колонн (стоек) постоянного сечения в зависимости от условий закрепления их концов и вида нагрузки рекомендуется принимать по табл. 26. Применение алюминия в колоннах допускается в сборно–разборных конструкциях или при наличии агрессивной среды.



Т а б л и ц а 22

Конструкция	Расчетная длина $l_{ef}$ и радиус инерции сечения $i$				
	поясов		решетки		
	$l_{ef}$	$i$	$l_{ef}$		$i$
			раскоса	стойки	
С узлами, совмещенными в смежных гранях (рис. 8, а, б)	$l_m$	$i_{min}$	$m_d l_d$	$0,8l_c$	$i_{min}$
С узлами, не совмещенными в смежных гранях (рис. 8, в, г)	$m_m l_m$	$i_{x или y}$	$m_d l_d$	–	$i_{min}$

*Обозначения, принятые в табл. 22:*

$i_m$  – длина панели пояса фермы (при несовмещенных узлах принимается равной расстоянию между узлами одной грани; см. рис. 8, в, г);

$\mu_m$  – коэффициент расчетной длины пояса (при прикреплении раскосов к поясу сварными швами или двумя болтами или заклепками и более, расположенными вдоль раскоса) рекомендуется определять по табл. 23; при прикреплении раскосов к поясу одним болтом рекомендуется принимать  $\mu_m = 1,14$ ;

$i_{min}$  – минимальный радиус инерции сечения (пояса или решетки);

$l_d, l_c$  – см. рис. 8;

$i_x, i_y$  – радиусы инерции поперечного сечения уголка относительно осей  $x$  и  $y$ , параллельных полкам;

$\mu_d$  – коэффициент расчетной длины раскоса при прикреплении его к поясу сварными швами или двумя болтами или заклепками и более, расположенными вдоль раскоса, рекомендуется определять по табл. 24, при прикреплении раскосов к поясу одним болтом или одной заклепкой – по табл. 25.

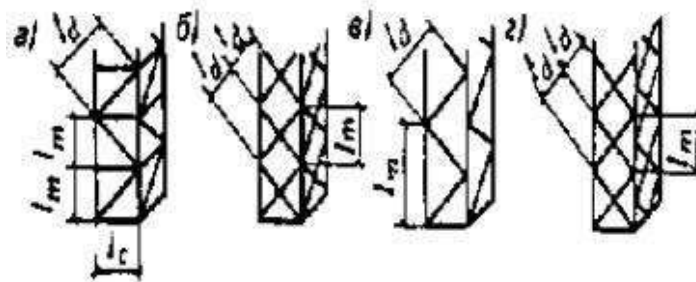


Рис. 8 Схемы пространственных решетчатых конструкций из одиночных уголков  
*а* – схема с совмещенными в смежных гранях узлами (треугольная решетка с распорками); *б* – то же (перекрестная решетка); *в* – схема с не совмещенными в смежных гранях узлами (треугольная решетка); *г* – то же (перекрестная решетка)

Т а б л и ц а 23

$n$	10	5	2,5	1,25	1
$\mu_m$	1,13	1,08	1,03	1,00	0,98

Обозначение, принятое в табл. 23:

$$n = \frac{L_{m,min} L_d}{L_{d,min} L_m}, \text{ где } I_{m,min}, I_{d,min} - \text{минимальные моменты инерции сечения соответственно пояса и раскоса фермы.}$$

П р и м е ч а н и е – Для промежуточных значений  $n$  коэффициент  $\mu_m$  рекомендуется определять линейной интерполяцией.

Т а б л и ц а 24

$n$	Значения $\mu_d$ при $\frac{l_d}{i_{min}}$							
	60	80	100	120	140	160	180	200
$\leq 2$	0,89	0,81	0,77	0,74	0,72	0,70	0,65	0,61
$\geq 6$	0,86	0,78	0,74	0,71	0,69	0,66	0,62	0,59

Обозначения, принятые в табл. 24:

$n$  – см. табл. 23;

$l_d$  – см. рис. 8;









$i_{min}$  – минимальный радиус инерции сечения раскосов.

П р и м е ч а н и е – Для промежуточных значений  $n$  и отношения  $\frac{l_d}{i_{min}}$  коэффициент  $\mu_d$  рекомендуется определять линейной интерполяцией

Т а б л и ц а 25

$\frac{l_d}{i_{min}}$	60	80	100	$\geq 120$
$\mu_d$	0,89	0,81	0,77	0,74
<p>Обозначения те же, что в табл. 24.</p> <p>Примечание – Для промежуточных значений отношения <math>\frac{l_d}{i_{min}}</math> коэффициент <math>\mu_d</math> рекомендуется определять линейной интерполяцией.</p>				

Т а б л и ц а 26

Схема закрепления колонн (стоек) и нагрузка	$\mu$	Схема закрепления колонн (стоек) и нагрузка	$\mu$
	2		1
	1		2
	0,7		0,725
	0,5		1,12

7.7 Коэффициенты расчетной длины  $m$  колонн постоянного сечения одноэтажных рам (в плоскости рамы) при жестком креплении ригелей к колоннам и при нагружении верхних узлов рекомендуется определять по формулам при закреплении колонн в фундаментах:

*шарнирном*

$$\mu = 2\sqrt{1 + \frac{0,38}{n}}; \quad (41)$$

*жестком*

$$\mu = \sqrt{\frac{n+0,56}{n+0,14}} \quad (42)$$

В формулах (41) и (42):

$$n = \frac{l_c}{I_c} \left( \frac{I_{r1}}{l_{r1}} + \frac{I_{r2}}{l_{r2}} \right),$$

где  $I_c$ ,  $l_c$  – соответственно момент инерции сечения и длина проверяемой колонны;

$I_{r1}$ ,  $I_{r2}$  – соответственно моменты инерции;

$l_{r1}$ ,  $l_{r2}$  – сечения и длина ригелей, примыкающих к этой колонне.

При шарнирном креплении ригелей к колонне в формуле (42) рекомендуется принимать  $n=0$ .

7.8 Расчетную длину колонн рам в направлении вдоль здания (из плоскости рамы) рекомендуется принимать равной расстоянию между точками, закрепленными от смещения из плоскости рамы (опорами колонн, подкрановых балок и подстропильных ферм, узлами крепления связей и ригелей и т.п.). Расчетную длину допускается определять на основе расчетной схемы, учитывающей фактические условия закрепления концов колонн.

### **Предельная гибкость элементов**

7.9 Гибкость сжатых элементов не должна превышать значений, приведенных в табл. 27.

Т а б л и ц а 27

Элементы конструкций	Предельная гибкость сжатых элементов
Пояса, опорные раскосы и стойки ферм, передающие опорные реакции	100
Прочие элементы ферм	120
Колонны второстепенные (стойки фахверка, фонарей и т. п.), элементы решетки колонн	120
Связи	150
Стержни, служащие для уменьшения расчетной длины сжатых стержней, и другие ненагруженные элементы	150
Элементы ограждающих конструкций: симметрично нагруженные	100
несимметрично нагруженные (крайние и угловые стойки витражей и т.д.)	70
<p>П р и м е ч а н и е – Приведенные в табл. 27 данные относятся к элементам с сечением, симметричным относительно действия сил. При сечениях, несимметричных относительно действия сил, предельную гибкость надлежит уменьшать на 30 %.</p>	

7.10 Гибкость растянутых элементов не должна превышать значений, приведенных в табл. 28.

Т а б л и ц а 28

Элементы конструкций	Предельная гибкость растянутых элементов
Пояса и опорные раскосы ферм	300
Прочие элементы ферм	300
Связи (кроме элементов, подвергающихся предварительному натяжению)	300
<p>П р и м е ч а н и я</p> <p>1 Гибкость растянутых элементов проверяется только в вертикальной плоскости.</p> <p>2 При проверке гибкости растянутых стержней перекрестной решетки из одиночных уголков радиус инерции принимается относительно оси, параллельной полке уголка.</p> <p>3 Стержни перекрестной решетки в месте пересечения должны быть скреплены между собой.</p> <p>4 Для растянутых раскосов стропильных ферм с незначительными усилиями, в которых при неблагоприятном расположении нагрузки может изменяться знак усилия, предельная гибкость принимается как для сжатых элементов, при этом соединительные прокладки должны устанавливаться не реже чем через <math>40i</math>.</p>	

## 8 Проверка устойчивости стенок и поясных листов изгибаемых и сжатых элементов

### Стенки балок

8.1 Стенки балок для обеспечения их устойчивости рекомендуется укреплять двусторонними ребрами:

поперечными основными, поставленными на всю высоту стенки;

поперечными основными и продольными;

поперечными основными и промежуточными, расположенными в сжатой зоне стенки, короткими – только в клепаных балках.

8.2 Расчет на устойчивость стенок балок рекомендуется выполнять с учетом всех компонентов напряженного состояния:  $\sigma, \tau, \sigma_{loc}$ . Напряжения  $\sigma, \tau, \sigma_{loc}$  рекомендуется вычислять в предположении упругой работы материала по сечению брутто без учета коэффициента.

Сжимающее (краевое) напряжение  $\sigma$  у расчетной границы стенки (со знаком «плюс») и среднее касательное напряжение  $\tau$  рекомендуется вычислять по формулам:

$$\sigma = \frac{M}{L_x} y; \quad (43)$$

$$\tau = \frac{Q}{th}, \quad (44)$$

где  $h$  – полная высота стенки;

$M, Q$  – средние значения соответственно момента и поперечной силы в пределах отсека; если длина отсека больше его расчетной высоты, то  $M$  и  $Q$  рекомендуется вычислять для более напряженного участка длиной, равной высоте отсека; если в пределах отсека момент или поперечная сила меняют знак, то их средние значения рекомендуется вычислять на участке отсека с одним знаком.

Местное напряжение  $\sigma_{loc}$  в стенке под сосредоточенной нагрузкой рекомендуется определять согласно требованиям приложения Д.

При проверке устойчивости прямоугольных отсеков стенки, заключенных между поясами и соседними поперечными основными ребрами жесткости, расчетными размерами пластинки являются:

$a$  – расстояние между осями поперечных ребер;

$h_{ef}$  – расчетная высота стенки, равная: в балках с поясными соединениями на высокопрочных болтах – расстоянию между ближайшими к оси балки краями

поясных уголков; в клепаных балках – расстоянию между ближайшими к оси балки рисками поясных уголков; в сварных балках – полной высоте стенки; в прессованных профилях – высоте в свету между полками;

$t$  – толщина стенки.

8.3 Устойчивость стенок балок не требуется проверять, если условная

гибкость стенки  $\bar{\lambda}_w = \frac{h_{ef}}{t} \sqrt{\frac{R}{E}}$  не превышает предельных значений:

$75(1 - 95 \frac{R}{E}) \sqrt{\frac{R}{E}}$  – для сварных или прессованных балок;

$115(1 - 123 \frac{R}{E}) \sqrt{\frac{R}{E}}$  – для балок клепаных, на болтах и высокопрочных

болтах.

При наличии местных напряжений в стенках балок указанные предельные значения  $\bar{\lambda}_w$  рекомендуется умножать на коэффициент 0,7.

Стенки балок рекомендуется укреплять поперечными ребрами жесткости (см. п. 8.6) при  $\bar{\lambda}_w > 2,5$ .

8.4 В балках с местной нагрузкой по верхнему поясу устойчивость стенки рекомендуется проверять в соответствии с указаниями приложения Д.

8.5 Расчет на устойчивость стенок балок симметричного сечения, укрепленных только поперечными основными ребрами жесткости, при отсутствии местного напряжения ( $\sigma_{loc} = 0$ ) рекомендуется выполнять по формуле

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_{cr}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr}}\right)^2} \leq \mathcal{G} \gamma_c, \quad (45)$$

где 
$$\sigma_{cr} = 30 \frac{R}{\lambda_w^2}; \quad (46)$$

$$\tau_{cr} = 10,3 \left(1 + \frac{0,76}{\mu^2}\right) \frac{R_s}{\lambda_d^2}; \quad (47)$$

$$\mathcal{G} = 1 - \frac{11 \left(\frac{\sigma_i}{R} - 0,7\right)^2}{1 + 507 \frac{R}{E}} \quad (48)$$

(при  $\frac{\sigma_i}{R} \leq 0,7$  рекомендуется принимать  $\mathcal{G} = 1$ . Значения  $\frac{\sigma_i}{R} > 1$  не допускаются);  $\gamma_c$

рекомендуется принимать по табл. 15.

В формулах (45) – (48):

$m$  – отношение большей стороны пластинки к меньшей;

$\bar{\lambda}_d = \frac{d}{t} \sqrt{\frac{R}{E}}$  – условная гибкость пластинки высотой  $d$  (здесь  $d$  – меньшая из сторон  $h_{ef}$  или  $a$  пластинки);

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{4}{9} \sigma^2} \quad (49)$$

В стенке балки симметричного сечения (при отсутствии местного напряжения), укрепленной кроме поперечных основных ребер одним продольным ребром, расположенным на расстоянии  $h_1$  от расчетной (сжатой) границы отсека, обе пластинки, на которые это ребро разделяет отсек, рекомендуется рассчитывать отдельно:

а) пластинку, расположенную между сжатым поясом и продольным ребром, – по формуле

$$\frac{\sigma}{\sigma_{cr1}} + \left( \frac{\tau}{\tau_{cr1}} \right)^2 \leq \vartheta \gamma_c, \quad (50)$$

где

$$\sigma_{cr1} = \frac{4,76}{1 - \frac{h_1}{h_{ef}}} \frac{R}{\lambda_1^2} \quad (51)$$

(здесь  $\bar{\lambda}_1 = \frac{h_1}{t} \sqrt{\frac{R}{E}}$  – условная гибкость пластинки высотой  $h_1$ );

$\tau_{cr1}$  – рекомендуется определять по формуле (47) с подстановкой размеров проверяемой пластинки;

$\vartheta$  – рекомендуется определять по формуле (48), принимая при этом

$$\sigma_i = \sqrt{\left( 1 - \frac{h_1}{h_{ef}} \right)^2 \sigma^2 + 3(0,9\tau)^2};$$

$\gamma_c$  – рекомендуется принимать по табл. 15;

б) пластинку, расположенную между растянутым поясом и продольным ребром, – по формуле

$$\sqrt{\frac{\sigma^2 \left( 1 - 2 \frac{h_1}{h_{ef}} \right)^2}{\sigma_{cr2}^2}} + \left( \frac{\tau}{\tau_{cr2}} \right)^2 \leq \gamma_c \quad (52)$$

где  $\sigma_{cr2} = \frac{5,43}{\left( 0,5 - \frac{h_1}{h_{ef}} \right)^2} \frac{R}{\lambda_w^2}$  (5)

3)

$\tau_{cr2}$  – рекомендуется определять по формуле (47) с подстановкой размеров проверяемой пластинки;



$\tau_c$  – рекомендуется принимать по табл. 15.

8.6 В стенке, укрепленной только поперечными ребрами жесткости, ширина их выступающей части  $b_h$  должна быть для парного симметричного ребра не менее  $\frac{h_{ef}}{30} + 40$  мм; толщина ребра  $t_s$  должна быть не менее  $\frac{b_h}{12}$  расстояние между ребрами не должно превышать  $2h_{ef}$ .

8.7 При укреплении стенки поперечными ребрами и одним продольным ребром необходимые моменты инерции  $I_s$  сечений ребер жесткости рекомендуется определять:

для поперечных ребер – по формуле  $I_s = 3h_{ef}t^3$  (54)

для продольного ребра – по формулам табл. 29 с учетом их предельных значений.

При расположении продольного и поперечных ребер с одной стороны стенки моменты инерции сечений каждого из них вычисляются относительно оси, совпадающей с гранью стенки, ближайшей к ребру.

Т а б л и ц а 29

$\frac{h_1}{h_{ef}}$	Необходимый момент инерции сечения продольного ребра $I_{sl}$	Предельные значения	
		минимальные $I_{sl,min}$	максимальные $I_{sl,m}$ <i>ax</i>
0,20	$(2,5 - 0,5 \frac{a}{h_{ef}}) \frac{a^2 t^3}{h_{ef}}$	$1,5h_{ef}t^3$	$7h_{ef}t^3$
0,25	$(1,5 - 0,4 \frac{a}{h_{ef}}) \frac{a^2 t^3}{h_{ef}}$	$1,5h_{ef}t^3$	$3,5h_{ef}t^3$
0,30	$1,5h_{ef}t^3$	–	–
<p>П р и м е ч а н и е – При вычислении <math>I_{sl}</math> для промежуточных значений <math>\frac{h_1}{h_{ef}}</math> допускается линейная интерполяция.</p>			

8.8 Участок стенки балки составного сечения над опорой при укреплении его ребрами жесткости рекомендуется рассчитывать на продольный изгиб из плоскости как стойку, нагруженную опорной реакцией. В расчетное сечение этой стойки рекомендуется включать сечение ребра жесткости и полосы стенки шириной  $0,5t \sqrt{\frac{E}{R}}$  с каждой стороны ребра. Расчетную длину стойки рекомендуется принимать равной высоте стенки.

Нижние торцы опорных ребер жесткости должны быть плотно пригнаны или приварены к нижнему поясу балки и рассчитаны на воздействие опорной реакции.

### Стенки центрально-, внецентренно сжатых и сжато-изгибаемых элементов

8.9 Для центрально-сжатых элементов условную гибкость стенки  $\bar{\lambda}_w = \frac{h_{ef}}{t} \sqrt{\frac{R}{E}}$  рекомендуется принимать не более значений, определяемых по формулам табл. 30.

При назначении сечения элемента по предельной гибкости, а также при соответствующем обосновании расчетом наибольшие значения  $\bar{\lambda}_w$  рекомендуется умножать на коэффициент  $\sqrt{\frac{R\varphi}{\sigma}}$  (где  $\sigma = \frac{N}{A}$ ), но не более чем в 1,5 раза. При этом значения  $\bar{\lambda}_w$  рекомендуется принимать не более 5,3.

Т а б л и ц а 30

Сечение элемента	Наибольшие значения $\bar{\lambda}_w$ при значениях условной гибкости стержня	
	$\bar{\lambda} \leq 1$	$\bar{\lambda} \geq 5$
Двутавровое	$\frac{52}{\sqrt{\frac{E}{R} + 507}}$	3,1
Н-образное	$\frac{46}{\sqrt{\frac{E}{R} + 507}}$	3,5
Швеллерное, трубчатое прямоугольное ( $h_{ef}$ – для большей стенки)	$\frac{42}{\sqrt{\frac{E}{R} + 507}}$	2,5
Трубчатое квадратное	$\frac{37}{\sqrt{\frac{E}{R} + 507}}$	2,25
<p><b>П р и м е ч а н и я</b></p> <p>1 Приведенные в табл. 30 данные относятся к сварным и прессованным профилям. В клепаных элементах значения <math>\bar{\lambda}_w</math> табл. 31 рекомендуется увеличивать на 5%.</p> <p>2 При вычислении <math>\bar{\lambda}_w</math> для промежуточных значений <math>\bar{\lambda}</math> допускается линейная интерполяция между значениями при <math>\bar{\lambda} = 1</math> и <math>\bar{\lambda} = 5</math>.</p>		

8.10 Для внецентренно сжатых и сжато-изгибаемых элементов условную гибкость стенки  $\bar{\lambda}_w$  рекомендуется определять в зависимости от значения  $\alpha = \frac{\sigma - \sigma_1}{\sigma}$  (где  $\sigma$  – наибольшее сжимающее напряжение у расчетной границы стенки, принимаемое со знаком «плюс» и вычисленное без учета коэффициентов  $\varphi_e$ ,  $\varphi_{exy}$  или сф  $\sigma_1$  – соответствующее напряжение у противоположной расчетной границы стенки) и принимать не более значений, определяемых при:

$\alpha \leq 0,5$  – по п. 6.9;  
 $\alpha \geq 1$  – по формуле

$$\bar{\lambda}_w \leq 3,1 \sqrt{\frac{R}{\sigma} (2\alpha - 1)}; \quad (55)$$

$0,5 < \alpha < 1$  – линейной интерполяцией между значениями, вычисленными при  $\alpha = 0,5$  и  $\alpha = 1$ .

8.11 При укреплении стенки внецентренно сжатого или сжато–изгибаемого элемента продольным ребром жесткости с моментом инерции  $I_{s1} \geq 6h_{ef}t^3$ , расположенным посередине стенки, наиболее нагруженную часть стенки между поясом и осью ребра рекомендуется рассматривать как самостоятельную пластинку и проверять согласно требованиям п. 8.10.

Продольные ребра жесткости рекомендуется включать в расчетные сечения элементов.

Если устойчивость стенки не обеспечена, то в расчет рекомендуется вводить два крайних участка стенки шириной по  $0,6\sqrt{\frac{E}{R}}$ , считая от границ расчетной высоты.

8.12 Стенки сплошных колонн и стоек при  $\bar{\lambda}_w \geq 2,5$  рекомендуется укреплять поперечными ребрами жесткости, расположенными на расстоянии  $2h_{ef}$  одно от другого; на каждом отправочном элементе должно быть не менее двух ребер. При наличии продольного ребра расстояние между поперечными ребрами допускается увеличивать в 1,5 раза.

Минимальные размеры выступающей части поперечных ребер жесткости рекомендуется принимать согласно требованиям п. 8.6.

### **Поясные листы и полки центрально-, внецентренно сжатых, сжато-изгибаемых и изгибаемых элементов**

8.13 Расчетную ширину свеса поясных листов (полок)  $b_{ef}$  рекомендуется принимать равной расстоянию: в прессованных, прокатных сварных и клепаных

элементах без поясных листов – от грани стенки до края поясного листа (полки); в клепаных элементах с поясными листами – от ближайшей риски заклепок до свободного края листа. При наличии вута, образующего со свесом угол не менее  $30^\circ$ , расчетную ширину свеса рекомендуется измерять до начала вута (в случае выкружки – принимать вписанный вут).

8.14 В центрально-, внецентренно сжатых и сжато-изгибаемых элементах значение гибкости свеса поясного листа (полки)  $\bar{\lambda}_f = \frac{b_{ef}}{t} \sqrt{\frac{R}{E}}$  рекомендуется принимать не более значений, указанных в табл. 31 в зависимости от условной гибкости  $\bar{\lambda}$  и типа сечений (где  $b_{ef}$  принимается в соответствии с п. 8.13;  $t$  – толщина свеса). В случае недонапряжения элемента наибольшие значения  $\bar{\lambda}_f$  табл. 31 рекомендуется увеличивать в  $\sqrt{\frac{R\varphi_m}{\sigma}}$  раз, но не более чем в 1,5 раза, при этом значения  $\bar{\lambda}_f$  необходимо принимать не более 1,3 (здесь  $\varphi_m$  – меньшее из значений  $\varphi, \varphi_e, \varphi_{exy}, \varphi_c, \varphi$ , использованное при проверке устойчивости стержня;  $\sigma = \frac{N}{A}$ ).

Т а б л и ц а 31

Характеристика полки (поясного листа) и сечения элемента	Наибольшие значения $\bar{\lambda}_f$ при значениях условной гибкости стержня	
	$\bar{\lambda} \leq 1$	$\bar{\lambda} \geq 5$
Неокаймленная двутавра и тавра	$\frac{14}{\sqrt{\frac{E}{R} + 507}}$	0,8
Неокаймленная большая неравнополочного уголка, стенка тавра и полка швеллера	$\frac{15}{\sqrt{\frac{E}{R} + 507}}$	0,8
Неокаймленная равнополочных уголков	$\frac{14}{\sqrt{\frac{E}{R} + 507}}$	0,7
<p>П р и м е ч а н и е – При вычислении <math>\bar{\lambda}_f</math> для промежуточных значений <math>\bar{\lambda}</math> рекомендуется определять линейной интерполяцией между значениями при <math>\bar{\lambda}=1</math> и <math>\bar{\lambda}=5</math>.</p>		

8.15 В изгибаемых элементах наибольшую гибкость свеса поясного листа (полки) пресованных, сварных и клепаных балок рекомендуется назначать с учетом предельных размеров свесов, приведенных в табл. 31 для  $\bar{\lambda} < 1$ .

Наибольшую гибкость свеса неокаймленных полок уголков в сжатых поясах клепаных балок без горизонтальных листов рекомендуется принимать по формуле

$$\bar{\lambda}_f = 0,6 + \sqrt{\frac{R}{E}} \quad (56)$$

В случае недонапряжения элемента наибольшую гибкость свеса поясного листа (полки) рекомендуется увеличить в  $\sqrt{\frac{R}{\sigma}}$  раз, но не более чем в 1,5 раза;

здесь  $\sigma$  – большее из двух значений:

$$\sigma = \frac{M}{\varphi_b W} \quad \text{или} \quad \sigma = \left| \frac{M_{xy}}{L_{xn}} + \frac{M_{yx}}{L_{yn}} \right|$$

8.16 При усилении свободных свесов утолщениями (бульбами) наибольшее значение гибкости свеса  $\bar{\lambda}_f = \frac{b_{ef1}}{t} \sqrt{\frac{R}{E}}$  [здесь  $b_{ef1}$  – расчетная ширина свеса поясных листов или полок, измеряемая от центра утолщения до грани примыкающей стенки (полки) или до начала вута; см. п. 8.13] рекомендуется определять по формуле

$$\bar{\lambda}_{f1} = k \bar{\lambda}_f, \quad (57)$$

где  $k$  – коэффициент, определяемый по табл. 32 в зависимости от  $\bar{\lambda}_f, \gamma_1, \bar{\lambda}$ ;

$\bar{\lambda}_f$  – наибольшее значение условной гибкости свеса при отсутствии утолщения, принимаемое по табл. 31.

Величина  $\gamma_1$  равна:

$$\gamma_1 = \frac{D}{t}$$

где  $D$  – размер утолщения, принимаемый равным диаметру круглой бульбы; в квадратных и трапециевидных утолщениях нормального профиля  $D$  – высота утолщения при ширине бульбы не менее  $1,5D$  в трапециевидных (рис. 9) и не менее  $D$  – в прямоугольных утолщениях.

Т а б л и ц а 32

Сечение	$\bar{\lambda}_f$	$r_1$	Значения коэффициента $k$ в формуле (57) при гибкости $\bar{\lambda}$ равной	
			1	5
Швеллер, двутавр	$0,35 \leq \bar{\lambda}_f \leq 0,60$	2,5	1,06	1,35
		3,0	1,24	1,69
		3,5	1,46	2,05
	$0,75 \leq \bar{\lambda}_f \leq 0,90$	2,5	1,04	1,28
		3,0	1,20	1,59
		3,5	1,40	1,94
Уголок, тавр, крестовое	$0,35 \leq \bar{\lambda}_f \leq 0,60$	2,5	1,06	1,17
		3,0	1,24	1,47
		3,5	1,46	1,67
	$0,75 \leq \bar{\lambda}_f \leq 0,90$	2,5	1,04	1,13
		3,0	1,20	1,35
		3,5	1,40	1,67

П р и м е ч а н и е – Коэффициент  $k$  для промежуточных значений  $\bar{\lambda}_f$  от 0,6 до 0,75 и гибкости  $\bar{\lambda}$  от 1 до 5 определяется линейной интерполяцией.



Рис. 9. Схема утолщения (бульбы)

8.17 Расчет на устойчивость замкнутых круговых цилиндрических оболочек вращения, равномерно сжатых параллельно образующим, рекомендуется выполнять по формуле

$$\sigma_1 \leq \gamma_c \sigma_{cr1} \quad (58)$$

где  $\sigma_1$  – расчетное напряжение в оболочке;

$\sigma_{cr1}$  – критическое напряжение, равное меньшему из значений  $\psi R$  или  $\frac{cEt}{r}$

(здесь  $r$  – радиус срединной поверхности оболочки;  $t$  – толщина оболочки).

Значения коэффициентов  $\psi$  и  $c$  рекомендуется определять соответственно по табл. 33 и 34.

В случае внецентренного сжатия параллельно образующим или чистого изгиба в диаметральной плоскости при касательных напряжениях в месте наибольшего момента, не превышающих значений  $0,07E\left(\frac{t}{r}\right)^2$ , напряжение  $\sigma_{cr1}$  рекомендуется увеличить в  $\left(1,1 - 0,1\frac{\sigma'_1}{\sigma_1}\right)$  раз, где  $\sigma'_1$  – наименьшее напряжение (растягивающие напряжения считать отрицательными).

8.18 В круглых трубах, рассчитываемых как сжатые или сжато–изгибаемые стержни по разд. 4, при условной гибкости  $\bar{\lambda} = \lambda\sqrt{\frac{R}{E}} \geq 0,65$  должно быть выполнено условие

$$\frac{r}{t} \leq \frac{280}{1 + 1400\frac{R}{E}}$$

Кроме этого, устойчивость стенок таких труб должна быть проверена по п. 8.17.

Расчет на устойчивость стенок бесшовных труб не требуется, если  $\frac{r}{t}$  не превышает значений  $1,7\sqrt{\frac{R}{E}}$  или 35.

Т а б л и ц а 33

Значение $R$ , МПа	Коэффициенты $\psi$ при $\frac{r}{t}$ , равном								
	0	25	50	75	100	125	150	200	250
$R \leq 140$	1,00	0,98	0,88	0,79	0,72	0,65	0,59	0,45	0,39
$R \geq 280$	1,00	0,94	0,78	0,67	0,57	0,49	0,42	0,29	–
П р и м е ч а н и е – Значения коэффициентов $\psi$ при $140 \text{ МПа} < R < 280 \text{ МПа}$ и для промежуточных значений $\frac{r}{t}$ вычисляются линейной интерполяцией.									

Значение $\frac{r}{t}$	$\leq 50$	100	150	200	250	500
Коэффициент $c$	0,30	0,22	0,20	0,18	0,16	0,12
П р и м е ч а н и е – Для промежуточных значений $\frac{r}{t}$ коэффициенты $c$ рекомендуется определять линейной интерполяцией.						

## 9 Расчет элементов конструкций с применением тонколистового алюминия

9.1 Тонколистовой алюминий (толщиной до 2 мм) рекомендуется применять в качестве элементов ограждающих и несущих конструкций:

- плоских листов, укрепленных ребрами или специальной штамповкой;
- плоских листов и лент, предварительно напряженных как в одном, так и в двух направлениях;
- гофрированных листов без укреплений или со специальными укреплениями.

### Элементы, работающие на сжатие и изгиб

9.2 При расчете на прочность сжатого в одном направлении плоского листа, шарнирно–опертого по контуру (рис. 10), в рабочую площадь включается часть листа размером  $2c$ , определяемым по формуле

$$c = 1,16t \sqrt{\frac{E}{R}}, \quad (59)$$

где  $t$  – толщина листа.

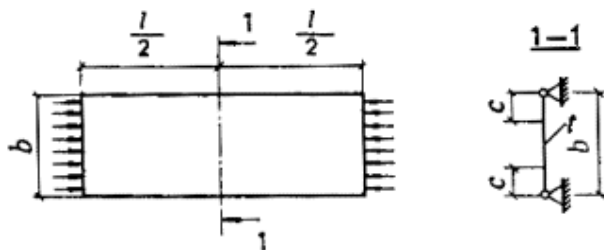


Рис. 10. Расчетная схема сжатого тонколистового элемента  
 $b$  – полная ширина сечения;  $c$  – рабочая ширина сечения

9.3 При расчете на прочность и деформативность тонколистовых конструкций, усиленных продольными ребрами, в которых плоский лист при действии продольной и поперечной нагрузок имеет сжимающие напряжения, в



рабочую площадь ребер рекомендуется включать часть листа размером  $c$  (рис. 11, а), определяемым по формуле (59).

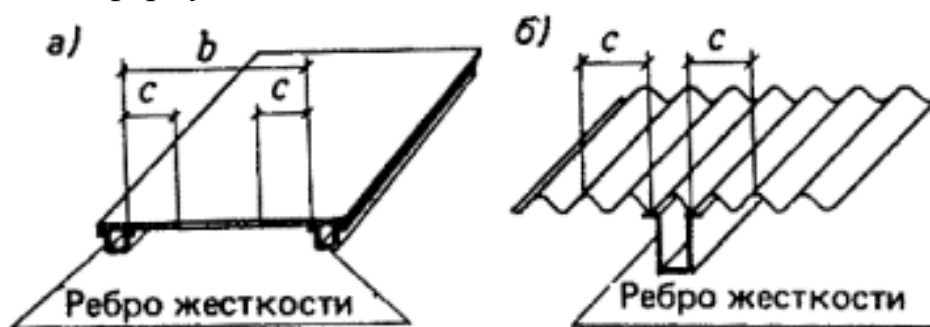


Рис. 11. Расчетная схема тонколистовых конструкций, усиленных продольными ребрами  $a$  – плоский лист;  $b$  – гофрированный лист

9.4 При расчете на прочность листов с волнистым и трапециевидным гофрами, шарнирно–опертых по контуру и сжимаемых в направлении гофров, при отношении  $\frac{a}{b} \geq 3$  (рис. 12, а) в рабочую площадь рекомендуется включать часть листа размером  $2c$ :

$$c = 1,04 \sqrt{\frac{K}{tdR} (\sqrt{D_x D_y} + D_{xy})} \quad (60)$$

где

$$D_x = EL_x; D_y = \frac{K}{d} \frac{Et^3}{12(1-\mu^2)};$$

$$D_{xy} = \mu D_y + \frac{d}{K} \frac{ct^3}{6}; I_x = \frac{I_{x1}}{2K},$$

Здесь  $K$ ,  $d$  – соответственно шаг и длина по периметру одной полуволны (рис. 13);  $I_{x1}$  – момент инерции одной волны.

Когда отношение  $\frac{a}{b} < 3$  или гофрированный лист разделяется поперечными ребрами, имеющими момент инерции  $I_s$  (см. п. 9.5), на ряд ячеек с соотношением сторон  $\frac{a}{b} < 3$  (см. рис. 12, б), значение  $c$  рекомендуется определять по формуле

$$c = 0,74 \sqrt{\frac{K}{tdR} (D_x \frac{b^2}{a^2} + 2D_{xy} + D_y \frac{b^2}{a^2})}. \quad (61)$$

В формуле (61) обозначения те же, что в формуле (60); значения  $a$  и  $b$  рекомендуется принимать по рис. 12.

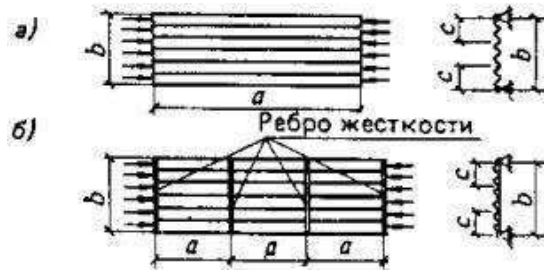


Рис. 12. Расчетная схема сжатого гофрированного листа  
*a* – без поперечных ребер жесткости; *б* – с поперечными ребрами жесткости

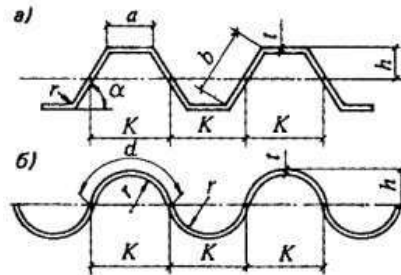


Рис. 13. Геометрические параметры для гофра  
*a* – трапециевидного; *б* – волнистого

При наличии продольных ребер (рис. 14) в рабочую площадь рекомендуется включать площадь этих ребер и часть листа размером *c* в каждую сторону от ребра.

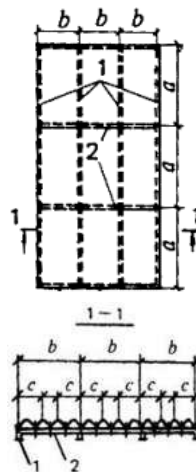


Рис. 14. Схема плиты из гофрированного листа с продольными и поперечными ребрами  
 1 – продольные ребра; 2 – поперечные ребра

9.5 При расчете по формуле (43) момент инерции поперечных ребер жесткости не должен быть меньше величины

$$I_s \geq \frac{I_x b^4}{4a^3} \tag{62}$$

Если гофрированный лист и поперечные ребра имеют различные модули упругости, то

$$I_s \geq \frac{D_x b^4}{4E_s a^3}, \quad (63)$$

где  $E_s$  – модуль упругости материала ребра.

Обозначения в формулах (62) и (63) те же, что в формуле (60).

В случае, если значения  $I_s$  меньше указанных в формулах (62) и (63) величин, то значение  $c$  подсчитывается по формуле (60). При этом значение  $D_y$  рекомендуется принимать

$$D_y = \frac{K}{d} \frac{Et^3}{12(1-\mu^2)} + \frac{EI_s}{a}$$

9.6 Гофрированный лист, не имеющий усиливающих ребер, при действии поперечной нагрузки рекомендуется рассчитывать на изгиб по формулам (20) и (21) как балку.

Для листов с трапециевидным гофром размер сжатых полок, включаемых в расчетное сечение, рекомендуется определять по формуле (59). При этом в формулах (20) и (21)  $W_x$  и  $I_x$  рекомендуется вычислять для рабочей площади сечения.

9.7 Прогиб  $f$  свободно опертых гофрированных листов при изгибе рекомендуется определять по формуле

$$f = af_0, \quad (64)$$

где  $a$  – коэффициент, учитывающий увеличение прогиба вследствие деформации поперечного сечения гофрированного листа под нагрузкой и принимаемый: для волнистых листов – равным 1, для трапециевидных – по табл. 35, для листа с трапециевидным гофром с приклеенным жестким утеплителем (типа пенопласта)  $a=1$ ;

$f_0$  – прогиб гофрированного листа, работающего как балка, при вычислении которого  $I_x$  принимается согласно п. 9.6.

Т а б л и ц а 35

Отношение $\frac{b}{a}$	Значения $\alpha$ при угле наклона боковых граней гофра, град			
	45	60	75	90
$\geq 2,0$	1,10	1,14	1,20	1,30
1,5	1,15	1,20	1,30	1,40
1,0	1,20	1,25	1,35	1,45
0,5	1,25	1,30	1,40	1,50

Обозначения, принятые в табл. 35:

$b$  – размер наклонной грани;

$a$  – размер сжатой горизонтальной грани (см. рис. 13).

П р и м е ч а н и е – Значения  $\alpha$  для промежуточных отношений – рекомендуется определять линейной интерполяцией.

9.8 Изгибаемые тонколистовые конструкции с гофрированным листом, усиленным продольными ребрами, рекомендуется рассчитывать на прочность и прогиб с учетом включения в работу ребер и части листа размером  $c$  в каждую сторону от ребра (см. рис. 11, б), определяемым по формуле (60) независимо от наличия поперечных ребер.

9.9 При расчете сжато–изгибаемых и растянуто–изгибаемых гофрированных листов с трапециевидным гофром (обшивок трехслойных панелей с закладным утеплителем) на прочность при обеспечении совместной работы обшивок и продольных ребер кроме моментов инерции гофрированных листов относительно их нейтральных осей рекомендуется учитывать момент инерции сечения, в которое входят продольные ребра и часть обшивок размером  $c$  (рис.15):

$$c = 47 + 30 \frac{b}{a} - 3,3 \frac{EI_x}{10^5}, \text{ мм} \quad (65)$$

где  $\frac{b}{a}$  – отношение ширины панели к шагу поперечных ребер;

$EI_x$  – жесткость гофра на единицу длины относительно его нейтральной оси, кН·м.



Рис. 15. Сечение трехслойной панели

9.10 Местную устойчивость сжатых горизонтальных граней изгибаемых листов с трапециевидным горфом (см. рис. 13,а) рекомендуется проверять с учетом упругого защемления продольных кромок по формуле

$$\sigma \leq k_{loc} \xi E \left( \frac{t}{a} \right)^2 \quad (66)$$

где  $\sigma$  – сжимающие напряжения в грани от внешней нагрузки;

$k_{loc}$  – коэффициент, принимаемый по табл. 36;

$\xi$  – коэффициент, принимаемый по табл. 37.

Т а б л и ц а 36

Отношение $\frac{b}{a}$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4
Коэффициент $k_{loc}$	5,22	5,15	5,10	5,05	5,00	4,95	4,88	4,84	4,80	4,72
<p><i>Обозначения, принятые в табл. 36:</i>  <i>b</i> – размер наклонной грани;  <i>a</i> – размер сжатой горизонтальной грани (см. рис. 13).</p>										
<p><b>П р и м е ч а н и е</b> – Напряжение <math>\sigma</math> рекомендуется определять в зависимости от напряженного состояния по формулам (66) – (69) при <math>\zeta = 1</math>.</p>										

Т а б л и ц а 37

Отношение	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0
Коэффициент	1,00	0,86	0,76	0,67	0,61	0,56	0,52	0,48	0,41	0,35
<p><b>П р и м е ч а н и е</b> – Напряжение следует определять в зависимости от напряженного состояния по формулам (66) - (69) при <math>\zeta = 1</math>.</p>										

9.11 Местную устойчивость наклонных граней листов с трапециевидным гофром в местах опирания на прогоны или ригели рекомендуется проверять по приложению Е.

9.12 Местную устойчивость волнистых листов при изгибе (см. рис. 13, б) рекомендуется проверять по формуле

$$\sigma \leq 0,22 \zeta E \frac{t}{r}. \quad (67)$$

9.13 Общую устойчивость центрально-сжатого гофрированного листа рекомендуется проверять в соответствии с указаниями п. 4.2 и табл. 2 приложения Б. За расчетную длину рекомендуется принимать расстояние между закреплениями, препятствующими смещению гофрированного листа из его плоскости, независимо от наличия поперечных ребер.

9.14 Местную устойчивость элементов листа трапециевидной формы при центральном сжатии рекомендуется проверять по формуле

$$\sigma \leq 3,6 \zeta E \left(\frac{t}{b}\right)^2, \quad (68)$$

где  $b$  – ширина большей грани.

Местную устойчивость волнистого гофрированного листа при центральном сжатии рекомендуется проверять по формуле

$$\sigma \leq 0,12 \zeta E \left(\frac{t}{r}\right). \quad (69)$$

## Элементы мембранных конструкций

9.15 Расчет элементов мембранных конструкций рекомендуется производить на основе совместной работы мембраны и контура с учетом их деформированного состояния и геометрической нелинейности мембраны.

9.16 При расчете элементов мембранных конструкций (мембраны и контура) рекомендуется учитывать:

осевое сжатие;

сжатие, вызываемое усилиями сдвига по линии контакта мембраны с элементами контура;

изгиб в тангенциальной и вертикальной плоскостях;

начальный (имеющийся до нагружения) прогиб мембраны.

9.17 При прикреплении мембраны с эксцентриситетом относительно центра тяжести сечения элементов контура кроме факторов, указанных в п. 9.16, при расчете контуров рекомендуется учитывать кручение.

9.18 При расчете пространственных блоков с предварительно напряженной обшивкой и наличии торцевых элементов жесткости обшивку рекомендуется вводить в работу каркаса блока при условии обеспечения надежной передачи усилий от элементов каркаса к обшивке.

Величину предварительного натяжения обшивки, расположенной в сжатой зоне, рекомендуется определять из условия равенства в ней нулю суммарных напряжений (без учета мембранных) при действии расчетной нагрузки.

Величину предварительного натяжения листа в расчете обшивок при контроле процесса натяжения по силовым параметрам и возможности регулирования растягивающих усилий рекомендуется определять с учетом коэффициента условий работы  $\gamma_c = 1$ . При контроле по геометрическим параметрам напряжения в обшивке должны удовлетворять условиям:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_p + \sigma_F \cdot 1,1 &\leq R; \\ -\sigma_p + \sigma_F \cdot 0,9 &\geq 0, \end{aligned} \right\} \quad (70)$$

где  $\sigma_p, \sigma_F$  – напряжения в листе соответственно от предварительного натяжения и от внешней нагрузки.

9.19 При расчете элементов мембранных конструкций с одноосным напряжением обшивок рекомендуется учитывать дополнительное воздействие цепных усилий в обшивке, воспринимаемых продольными элементами каркаса.

9.20 Соединения мембран из алюминиевых сплавов, а также прикрепление их к опорному контуру рекомендуется рассчитывать на воздействие температурного перепада (с учетом разности коэффициентов линейного расширения материалов мембраны и контура).

## 10 Расчет соединений конструкций из алюминиевых сплавов

### Сварные соединения

10.1 Сварные швы рекомендуется рассчитывать по формулам табл. 38.

Сварные соединения внахлестку двумя лобовыми швами имеют расчетное сопротивление, равное расчетному сопротивлению сварного стыкового соединения при условии, что лобовые швы наложены по всей толщине свариваемых элементов и концы их выведены за пределы соединения.

10.2 Сварные стыковые соединения, работающие на изгиб, рекомендуется рассчитывать по формулам для расчета целого сечения с расчетными сопротивлениями, принятыми по табл. 9 и 10.

10.3 Сварные стыковые соединения, работающие одновременно на изгиб и срез, рекомендуется проверять по формуле

$$\frac{\sigma_w}{2} + \sqrt{\frac{\sigma_w^2}{4} + \tau_w^2} \leq R_w \gamma_c, \quad (71)$$

где  $\sigma_w$  – напряжение в сварном соединении от изгиба;

$\tau_w$  – напряжение в сварном соединении от среза.

Т а б л и ц а 38

Сварные швы	Напряженное состояние	Расчетная формула
Стыковые, расположенные перпендикулярно действующей силе	Сжатие, растяжение	$\frac{N}{l_w t} \leq R_w \gamma_c$
Угловые	Срез	$\frac{N}{l_w \beta_f k_f} \leq R_w \gamma_c$

*Обозначения, принятые в табл. 38:*  
*N* – расчетная продольная сила;  
*l<sub>w</sub>* – расчетная длина шва, равная его полной длине за вычетом *3t* или *3k<sub>f</sub>*; при выводе шва за пределы соединения (на подкладки и т.п.) за расчетную длину шва принимается его полная длина;  
*t* – наименьшая толщина соединяемых элементов;  
*β<sub>f</sub>* – коэффициент, принимаемый равным: 0,9 – при автоматической одно- и двухпроходной сварке; 0,7 – при автоматической многопроходной сварке, при ручной и полуавтоматической сварке с любым числом проходов;  
*k<sub>f</sub>* – катет углового шва, принимаемый равным катету вписанного равнобедренного треугольника.

10.4 При одновременном действии срезающих напряжений в двух направлениях в одном и том же сечении углового шва расчет рекомендуется производить на равнодействующую этих напряжений.

10.5 Угловые швы, прикрепляющие элемент, на который действуют одновременно осевое усилие и изгибающий момент, рекомендуется рассчитывать по формуле (29), в которой:

$A_n = A_{wf}$  – расчетная площадь швов;

$I_{xn}, I_{yn}$  – момент инерции расчетной площади швов соответственно относительно осей  $x-x$  и  $y-y$ ;

$R = R_{wf}$  – расчетное сопротивление углового шва.

### Заклепочные и болтовые соединения

10.6 В заклепочных и болтовых соединениях при действии продольной силы  $N$ , проходящей через центр тяжести соединения, распределение этой силы между заклепками или болтами рекомендуется принимать равномерным.

Заклепочные или болтовые соединения, воспринимающие продольные силы, рекомендуется рассчитывать на срез и смятие заклепок и болтов по формулам табл. 39.

Т а б л и ц а 39

Соединение	Напряженное состояние	Расчетная формула
Заклепки (или болты)	Срез	$\frac{N}{n \cdot \frac{\pi d^2}{4}} \leq R_s (R_{ss}) \quad (73)$
	Смятие	$\frac{N}{nd \sum t} \leq R_{cp} (R_{cp}) \quad (74)$
Болты	Растяжение	$\frac{N}{n \frac{\pi d^2}{4}} \leq R_m \quad (75)$
Заклепки	Отрыв головки заклепки	$\frac{N}{n \pi d h} \leq R_s \quad (76)$



## Окончание таблицы 39

Соединение	Напряженное состояние	Расчетная формула
<p><i>Обозначения, принятые в табл. 39:</i></p> <p><math>N</math> – расчетная продольная сила, действующая на соединение;</p> <p><math>n</math> – число заклепок или болтов в соединении;</p> <p><math>ns</math> – число рабочих срезов одной заклепки или болта;</p> <p><math>d</math> – диаметр отверстия для заклепки или наружный диаметр стержня болта;</p> <p><math>\sum t</math> – наименьшая суммарная толщина элементов, сминаемых в одном направлении;</p> <p><math>d_o</math> – внутренний диаметр резьбы болта;</p> <p><math>h=0,4d</math> – высота поверхности отрыва головки (рис. 16).</p> <p><b>П р и м е ч а н и е</b> – Расчет болтов на срез и смятие рекомендуется производить по формулам (73) и (74) с заменой <math>R_{rs}</math> и <math>R_{rp}</math> соответственно на <math>R_{bs}</math> и <math>R_{bp}</math>.</p>		

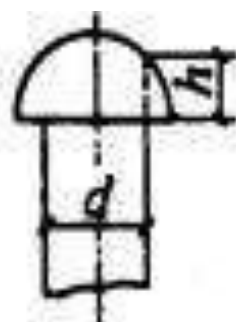


Рис. 16. Заклепка с полукруглой головкой

10.7 Заклепки и болты, работающие одновременно на срез и растяжение, рекомендуется проверять отдельно на срез и на растяжение.

10.8 В креплениях одного элемента к другому через прокладки или иные промежуточные элементы, а также в креплениях с односторонней накладкой число заклепок (болтов) должно быть увеличено против расчетного числа на 10%.

При прикреплении выступающих полок уголков или швеллеров с помощью коротышей число заклепок (болтов), прикрепляющих одну из полок коротыша, должно быть увеличено против расчетного числа на 10%.

### Монтажные соединения на высокопрочных стальных болтах

10.9 Монтажные соединения на высокопрочных стальных болтах рекомендуется рассчитывать в предположении передачи действующих в стыках и прикреплениях усилий через трение, возникающее по соприкасающимся плоскостям соединяемых элементов от натяжения высокопрочных болтов. При этом распределение продольной силы между болтами рекомендуется принимать равномерным.

10.10 Расчетное усилие  $Q_{bh}$ , которое может быть воспринято каждой поверхностью трения соединяемых элементов, стянутых одним высокопрочным болтом, рекомендуется определять по формуле

$$Q_{bh} = \frac{R_{bh} \gamma_b A_{bn} \mu}{\gamma_h}, \quad (72)$$

$R_{bh}$  – расчетное сопротивление растяжению высокопрочного болта, определяемое согласно СН КР 53-01;

$\gamma_b$  – коэффициент условий работы соединения, принимаемый равным 0,8;

$A_{bn}$  – площадь сечения болта нетто, определяемая согласно СН КР 53-01;

$\mu$  – коэффициент трения, принимаемый по табл. 40;

$\gamma_h$  – коэффициент надежности, принимаемый по СН КР 53-01.

Т а б л и ц а 40

Способ обработки соединяемых поверхностей	Пескоструйная очистка	Травление поверхности	Без обработки (после обезжиривания)
Коэффициент трения $\mu$	0,45	0,4	0,15

Количество  $n$  высокопрочных болтов в соединении при действии продольной силы рекомендуется определять по формуле

$$n \geq \frac{N}{k_1 \gamma_c Q_{bh}}, \quad (77)$$

где  $k_1$  – количество поверхностей трения соединяемых элементов.

Натяжение высокопрочного болта рекомендуется производить осевым усилием  $P = R_{bh} A_{bn}$ .

10.11 Расчет на прочность соединяемых элементов, ослабленных отверстиями под высокопрочные болты, рекомендуется выполнять с учетом того, что половина усилия, приходящегося на каждый болт, в рассматриваемом сечении уже передана силами трения. При этом проверку ослабленных сечений рекомендуется производить по площади сечения брутто  $A$  при  $A_n \geq 0,85A$  или по условной площади  $A_c = 1,18A_n$ , при  $A_n < 0,85A$ .

### Соединения с фрезерованными торцами

10.12 В соединениях с фрезерованными торцами (в стыках сжатых элементов и т.п.) сжимающую силу рекомендуется считать полностью передающейся через торцы.

Во внецентренно сжатых и сжато–изгибаемых элементах сварные швы и болты, включая высокопрочные, указанных соединений рекомендуется рассчитывать на максимальное растягивающее усилие от действия момента и продольной силы при наиболее неблагоприятном их сочетании, а также на сдвигающее усилие от действия поперечной силы.

### Поясные соединения в составных балках

10.13 Сварные швы, заклепки и высокопрочные болты, соединяющие стенки и пояса составных двутавровых балок, рекомендуется рассчитывать по табл. 41.

Т а б л и ц а 41

Нагрузка	Вид соединения	Формулы для расчета поясных соединений в составных балках
Неподвижная (распределенная и сосредоточенная)	Угловые швы	$\frac{T}{2\beta_f k_f} \leq R_w \gamma_c \quad (78)$
	Заклепки	$aT \leq Q_{rs} \gamma_c n_s \quad (79)$
	Высокопрочные болты	$aT \leq Q_{bn} \gamma_c k_1 \quad (80)$

## Окончание таблицы 41

Нагрузка	Вид соединения	Формулы для расчета поясных соединений в составных балках
Местная сосредоточенная	Угловые швы	$\sqrt{\frac{T^2 + V^2}{2\beta_f k_f}} \leq R_{wf} \gamma_c \quad (81)$
	Заклепки	$a \sqrt{T^2 + \alpha V^2} \leq Q_{rs} \gamma_c n_s \quad (82)$
	Высокопрочные болты	$a \sqrt{T^2 + \alpha V^2} \leq Q_{bh} \gamma_c k_1 \quad (83)$
<p>Обозначения, принятые в табл. 41:</p> <p><math>T = \frac{QS}{L}</math> – сдвигающее пояс усилие на единицу длины, вызываемое поперечной силой <math>Q</math> (здесь <math>S</math> – статический момент брутто пояса балки относительно нейтральной оси);</p> <p><math>a</math> – шаг поясных заклепок или высокопрочных болтов;</p> <p><math>Q_{rs} = R_{rs} n_s \frac{\pi d^2}{4}</math> – расчетное усилие одной заклепки на срез, определяемое по формуле (73);</p> <p><math>n_s</math> – число расчетных срезов одной заклепки;</p> <p><math>Q_{bh}</math> – расчетное усилие одного высокопрочного болта, определяемое по формуле (72);</p> <p><math>k_1</math> – количество поверхностей трения соединяемых элементов;</p> <p><math>V = \frac{\gamma_f F}{l_{ef}}</math> – давление от сосредоточенного груза <math>F</math> (здесь <math>\gamma_f</math> – коэффициент, принимаемый согласно СНИП 2.01.07);</p> <p><math>l_{ef}</math> – условная длина распределения сосредоточенной нагрузки, принимаемая по приложению Д;</p> <p><math>\alpha</math> – коэффициент, принимаемый при нагрузке по верхнему поясу балки, в которой стенка пристрогана к верхнему поясу, а 0,4; при отсутствии пристрожки стенки или при нагрузке по нижнему поясу <math>\alpha=1</math>.</p>		

10.14 В балках с соединениями на заклепках и высокопрочных болтах с многолистовыми поясными пакетами прикрепление каждого из листов за местом своего теоретического обрыва рекомендуется рассчитывать на половину усилия, которое может быть воспринято сечением листа. Прикрепление каждого листа на участке между действительным местом его обрыва и местом обрыва предыдущего листа рекомендуется рассчитывать на полное усилие, которое может быть воспринято сечением листа.

## **Анкерные болты**

10.15 В конструкциях из алюминиевых сплавов анкерные болты рекомендуется выполнять из стали. Расчет стальных анкерных болтов рекомендуется производить по СН КР 53-01.

## **11 Проектирование алюминиевых конструкций**

### **Общие указания**

11.1 При проектировании алюминиевых конструкций необходимо:

а) предусматривать связи, обеспечивающие в процессе монтажа и эксплуатации устойчивость и пространственную неизменяемость сооружения в целом и его элементов, назначая их в зависимости от основных параметров и режима эксплуатации сооружения (конструктивной схемы пролетов, температурных воздействий и т. д.);

б) учитывать производственные возможности предприятий–изготовителей металлоконструкций и мощность подъемно–транспортного оборудования монтажных организаций;

в) компоновать элементы конструкций из наименьшего числа деталей;

г) использовать металл с наименьшими отходами и потерями путем соответствующего размещения стыков в конструкции;

д) предусматривать конструктивные решения и производить разбивку конструкций на отправочные элементы с учетом рационального и экономичного транспортирования их на строительство;

е) предусматривать возможность укрупнения отправочных элементов конструкций на строительной площадке для монтажа их крупными блоками и обеспечения устойчивости отдельных элементов и блоков сооружения в процессе монтажа;

ж) предусматривать монтажные крепления элементов, обеспечивающие возможность их легкой сборки и удобного выполнения соединений на монтаже (устройство монтажных столиков и т. п.), а также быстроту выверки конструкций;

з) предусматривать монтажные соединения элементов болтовыми; сварные и клепаные монтажные соединения допускать лишь в тех случаях, когда применение болтов нерационально или не разрешается нормативными документами.

11.2 Прогибы и перемещения элементов конструкций не должны превышать предельных, установленных СНиП 2.01.07.

Относительные прогибы элементов не должны превышать значений, приведенных в табл. 42.

11.3 Температурные климатические воздействия на алюминиевые конструкции одноэтажных зданий и сооружений рекомендуется учитывать путем соблюдения наибольших расстояний между температурными швами в соответствии с табл. 43, а также применением конструктивных мер при проектировании ограждающих конструкций, их стыков и нащельников.

11.4 Ограждающие конструкции зданий (стены и покрытия, отдельные панели, настилы и их стыки), а также детали крепления ограждений к каркасу здания рекомендуется проектировать с учетом изменения температуры в течение года, обеспечивая при этом свободу температурных деформаций при сохранении теплотехнических свойств и герметичности ограждений.

11.5 При расчете ограждающих конструкций значения изменений температуры наружных поверхностей рекомендуется определять исходя из расчетных значений температуры наружного воздуха в летнее и в зимнее время года в соответствии со СНиП КР 23-02. При этом в летнее время должно быть учтено воздействие солнечной радиации.

11.6 Расчетные перепады температуры между наружными и внутренними поверхностями ограждающих конструкций рекомендуется принимать с учетом внутреннего температурного режима эксплуатации здания.

Т а б л и ц а 42

Элементы конструкций	Относительные прогибы элементов (к пролету $l$ )
1. Балки покрытий и чердачных перекрытий:	
главные балки	1/250 (1/200)
прогоны	1/200 (1/150)
обрешетки	1/150 (1/125)
2. Покрытия, в том числе большепролетные без подвешенного транспорта	1/300 (1/250)
3. Элементы фахверка:	
стойки, ригели	1/300 (1/200)
прогоны остекления (в вертикальной и горизонтальной плоскостях)	1/200
4. Стеновые панели:	
с остеклением	1/200
без остекления	1/125 (1/100)
5. Кровельные панели, подвесные потолки	1/150 (1/125)

## Окончание таблицы 42

Элементы конструкций	Относительные прогибы элементов (к пролету $l$ )
6. Вертикальные и горизонтальные элементы ограждающих конструкций (импосты) при остеклении:	
одинарном	1/200
стеклопакетами	1/300
<p><b>Примечания</b></p> <p>1 Величины прогибов, приведенные в скобках, допускаются лишь при наличии обоснования (опытное строительство, наличие строительного подъема и др.).</p> <p>2 Предельные значения прогибов допускается определять при соответствующем обосновании из условия сохранения плотности стыков.</p> <p>3 При применении подвешеного транспорта прогибы конструкций рекомендуется определять в каждом конкретном случае из условия нормальной эксплуатации подъемно–транспортного механизма.</p>	

Т а б л и ц а 43

Характеристика зданий и сооружений	Наибольшие расстояния, м		
	между температурными швами		от температурного шва или торца здания до оси ближайшей вертикальной связи
	по длине блока (вдоль здания)	по ширине блока	
Отапливаемые здания	144	120	72
Неотапливаемые здания и горячие цехи	96	90	48
Открытые эстакады	72	–	36
<p><b>Примечание</b> – Наибольшие расстояния указаны для зданий и сооружений, в которых конструкции покрытий или (и) стен выполнены из алюминия, а колонны – из стали или алюминия.</p>			

11.7 Выбор материала для утеплителя, клея и герметиков при проектировании ограждающих конструкций рекомендуется производить с учетом величин расчетных перепадов температуры между наружными и внутренними поверхностями ограждающих конструкций.

11.8 При технико–экономическом обосновании в конструкциях допускается применять алюминий в сочетании с другими строительными материалами (алюминий и дерево в оконных и дверных конструкциях, алюминий и полимеры в стеновых и кровельных конструкциях и др.). При этом необходимо учитывать

различие в величинах модулей упругости и коэффициентов линейного расширения материалов, а также предусматривать мероприятия по защите алюминия от контактной коррозии.

11.9 В конструкциях сборно-разборных зданий алюминий рекомендуется применять в виде:

ограждающих полносборных элементов для стен, кровли, перегородок, дверных и оконных проемов и др.;

несущих элементов полной заводской готовности с монтажными соединениями на болтах и др.

11.10 При проектировании элементов ограждающих и несущих конструкций сборно-разборных зданий рекомендуется предусматривать их взаимозаменяемость. Монтажные узлы и стыки необходимо располагать в местах, исключая скопление грязи, пыли, влаги и др.

11.11 При транспортировании рекомендуется предусматривать сохранность элементов сборно-разборных зданий и сооружений путем их пакетирования и перевозки в контейнерах.

11.12 Для защитно-декоративной отделки алюминиевых конструкций и изделий архитектурного назначения надлежит применять материалы, предусмотренные государственными стандартами и типовыми чертежами конструкций соответствующего вида.

11.13 Ограждающие конструкции рекомендуется проектировать совместно с разработкой необходимых приборов открывания, фиксации, а также других изделий и материалов.

11.14 При проектировании ограждающих алюминиевых конструкций необходимо обеспечить возможность легкой замены элементов, подверженных ускоренному старению, износу или ремонту (например, уплотнительных прокладок, стекла и др.).

11.15 Применение алюминия в ограждающих и несущих конструкциях зданий и сооружений допускается при специальном обосновании и на основании указаний ТП 101–81\*.

11.16 Коррозионную стойкость алюминиевых конструкций производственных и сельскохозяйственных зданий и сооружений, подвергающихся воздействию агрессивных сред, рекомендуется обеспечивать путем выбора марки и состояния алюминия, назначения рациональных конструктивных форм и минимальных толщин в соответствии со СНиП 2.03.11.



## 12 Конструктивные требования

### Общие указания

12.1 Выбор вида соединения (сварное, болтовое, заклепочное и др.) рекомендуется производить в зависимости от характера работы соединения и с учетом степени ослабления алюминия, определяемого видом соединения.

Сварные соединения элементов несущих конструкций рекомендуется выполнять, как правило, в заводских условиях. При проектировании сварных конструкций необходимо предусматривать применение кондукторов.

12.2 Тонколистовые ограждающие конструкции и их соединения рекомендуется проектировать сварными или клепаными (заводские и монтажные крепления обшивок к каркасам, стыки для укрупнения тонколистовых элементов, стыки в кровельных покрытиях), а также с применением соединений на фальцах, защелках и др.

12.3 При проектировании сварных тонколистовых конструкций необходимо обеспечить сохранение внешнего вида конструкций путем: выбора способа сварки, обеспечивающего требуемый внешний вид сварных соединений; устройства нащельников и других конструктивных элементов на сварных соединениях; применения жестких кондукторов; проковки сварных швов для уменьшения сварочных деформаций и др.

12.4 Применение сварных соединений в конструкциях, предназначенных для антикоррозионной защиты анодированием, допускается при специальном обосновании.

12.5 Минимальную толщину полуфабрикатов алюминиевых конструкций рекомендуется назначать по расчету и в зависимости от условий их перевозки и монтажа.

Толщина элементов ограждающих конструкций при нормальных условиях их эксплуатации допускается не менее 0,8 мм.

12.6 При проектировании строительных конструкций из алюминия необходимо учитывать требования государственных стандартов и пользоваться каталогами алюминиевых профилей.

12.7 Комбинированные соединения, в которых часть усилий воспринимается заклепками, а часть – сварными швами, применять запрещается.

12.8 Алюминий в сочетании со сталью допускается применять в составе: одной конструкции при выполнении различных элементов конструкций из алюминия или стали;

одного элемента конструкции, выполненного из алюминия при стальных соединениях (болты).

12.9 Соединения элементов ограждающих конструкций (витрин, витражей, окон, дверей и др.), выполняемые на вкладышах, должны быть проверены в опытных конструкциях.

Непосредственное соприкосновение заполнения из стекла с элементами алюминиевого каркаса не допускается.

### **Конструирование сварных соединений**

12.10 При проектировании конструкций со сварными соединениями рекомендуется:

применять высокопроизводительные механизированные способы сварки;

предусматривать возможность сварки без кантовки конструкций при изготовлении;

обеспечивать свободный доступ к местам наложения швов с учетом выбранного способа и технологии сварки;

назначать размеры и взаимное расположение швов и выбирать способ сварки исходя из требований обеспечения наименьших собственных напряжений и деформаций при сварке;

избегать сосредоточения большого числа швов в одном месте;

принимать число и размеры сварных швов минимально необходимыми.

12.11 Разделку кромок под сварку рекомендуется назначать с учетом способа и технологии сварки, положения шва в пространстве и толщины свариваемых элементов по ГОСТ 14806 и заводским нормам.

12.12 При проектировании сварных соединений и узлов в несущих конструкциях рекомендуется предусматривать снижение концентрации напряжений, применяя для этого соответствующие конструктивные решения и технологические мероприятия. Рекомендуется предусматривать преимущественно сварные соединения встык с обязательной подваркой корня шва или с использованием формирующих подкладок. Концы швов встык рекомендуется выводить за пределы стыка (например, с помощью выводных планок).

При сварке встык двух листов разной толщины рекомендуется осуществлять переход от толстого листа к тонкому устройством скоса по ГОСТ 14806.

12.13 Число стыков в расчетных элементах должно быть минимальным.

12.14 Сварные соединения рекомендуется, как правило, располагать в менее напряженных местах элементов конструкции.

12.15 В узлах несущих конструкций из пресованных профилей рекомендуется предусматривать сварные соединения встык и в тавр.

12.16 Размеры и форма сварных угловых швов должны удовлетворять следующим требованиям:

катет швов  $k_f$  (при сварке элементов толщиной 4 мм и более) рекомендуется принимать не менее 4 мм. При сварке швов нахлесточных соединений катет по вертикальному размеру не должен выступать над поверхностью верхней детали более чем на 1 мм. Если в соединении более тонкий элемент имеет бульбу, то предельная величина катета шва  $k_f$  может быть увеличена до  $1,5t$  (где  $t$  – наименьшая толщина соединяемых элементов);

расчетная длина флангового и лобового швов должна быть не менее 40 мм и не менее  $k_f$ ;

расчетная длина флангового шва должна быть не более  $50k_f$  за исключением соединений, где воспринимаемое фланговым швом усилие возникает на всем протяжении шва; в последнем случае длина флангового шва не ограничивается;

в соединениях внахлестку с угловыми швами величина нахлестки должна быть не менее пяти толщин наиболее тонкого элемента.

12.17 Сварные соединения тонколистовых конструкций рекомендуется проектировать с учетом технологических особенностей применяемых способов сварки:

приварку тонких листов обшивок к более толстым элементам каркаса допускается выполнять аргонодуговой точечной или контактной точечной сваркой; при контактной точечной сварке отношение толщин свариваемых элементов не должно превышать 1:3;

в заводских условиях для укрупнения тонколистовых элементов рекомендуется, как правило, применять контактную роликовую сварку, обеспечивающую получение прочных водонепроницаемых соединений. Размеры соединений при контактной роликовой сварке приведены в табл. 44.

Т а б л и ц а 44

Толщина наиболее тонкой детали, мм	Контактная точечная сварка				Роликовая сварка			
	диаметр ядра, мм	минимальные размеры, мм			ширина литой зоны, мм	минимальные размеры, мм		
		ширина нахлестки <sup>1</sup> при шве		шаг между точками		ширина нахлестки <sup>1</sup> при шве		расстояние от оси шва до края листа
		Одно-рядном	Двух-рядном (в шахматном порядке)			однорядном	двухрядном <sup>2</sup>	
0,5	3–4	10	18	10	3–4	10	12	5
0,8	3,5–4,5	12	25	13	3,5–4,5	10	14	5
1	4–5	14	28	15	4–5	12	16	6
1,2	5–6	16	30	15	5–6	14	20	7
1,5	6–7	18	35	20	6–7	16	24	8
2	7–8	20	42	25	7–8	20	28	10
3	9–10	26	56	35	8–9	24	34	12

<sup>1</sup> При сварке трех листов алюминия ее рекомендуется увеличивать на 15–20 %.

<sup>2</sup> Выполняется с перекрытием на 30–50 %.

Допускается укрупнение тонколистовых элементов в заводских условиях выполнять сваркой контактной точечной (размеры соединений приведены в табл. 44), аргонодуговой точечной и аргонодуговой непрерывным швом.

При сварке стыков кровельных покрытий в монтажных условиях рекомендуется, как правило, применять аргонодуговую сварку вольфрамовым или плавящимся электродом с импульсным питанием дуги. Основными видами соединений при этом являются нахлесточное и бортовое.

При применении аргонодуговой точечной сварки в монтажных условиях для соединения тонколистовых элементов основным видом соединения является нахлесточное; величина нахлестки должна быть не менее 30 мм.

Аргонодуговой точечной сваркой допускается сваривать пакет из трех элементов (толщина двух верхних листов в пакете не должна превышать 3 мм).

## Конструирование заклепочных и болтовых соединений

12.18 В рабочих элементах конструкций число расположенных по одну сторону стыка заклепок, прикрепляющих элемент в узле, должно быть не менее двух.

12.19 При заводской холодной клепке толщина склепываемого пакета на скобе не должна превышать четырех диаметров заклепок.

12.20 Разбивку заклепок и болтов, в том числе высокопрочных, рекомендуется производить согласно табл. 45. Соединительные заклепки и болты, располагаемые вне узлов и стыков, рекомендуется размещать на максимальных расстояниях.

12.21 Для соединений с использованием стальных болтов необходимо предусматривать мероприятия по защите их от контактной коррозии.

12.22 Диаметр заклепки должен быть не более пяти толщин наиболее тонкого элемента. За расчетный диаметр заклепки рекомендуется принимать диаметр отверстия.

12.23 Форма заклепки и ее размеры для холодной клепки устанавливаются техническими условиями на изготовление строительных конструкций из алюминия.

12.24 При соединении внахлестку профилированных листов кровли (вдоль гофра) элементы крепления (болты, заклепки) рекомендуется располагать в каждом гребне гофра.

Стыки мембранной или предварительно напряженной обшивки толщиной до 2 мм рекомендуется выполнять внахлестку, при этом стык должен быть соединен не менее чем двумя рядами сварных точек или заклепок.

12.25 В конструкциях из профилированных листов ребра жесткости или диафрагмы рекомендуется соединять в каждой точке касания с гофром и элементом, усиливающим конструкцию.

12.26 Конструкция соединения тонких алюминиевых лент с контуром должна иметь регулируемое предварительное натяжение и не допускать контакта между алюминием, сталью или бетоном.

Т а б л и ц а 45

Характеристика расстояния	Расстояния при размещении заклепок и болтов
<p>Между центрами заклепок и болтов в любом направлении:</p> <p>минимальное</p> <p>максимальное в крайних рядах при отсутствии окаймляющих уголков при растяжении и сжатии</p> <p>максимальное в средних и крайних рядах при наличии окаймляющих уголков:</p> <p>при растяжении</p> <p>сжатии</p> <p>От центра заклепки или болта до края элемента:</p> <p>минимальное вдоль усилия и по диагонали</p> <p>минимальное поперек усилия при обрезных кромках</p> <p>то же, при прокатных или прессованных кромках</p> <p>максимальное</p>	<p>Для заклепок <math>3d</math>; для болтов <math>3,5d</math> <math>5d</math> или <math>10t</math></p> <p><math>12d</math> или <math>20t</math></p> <p><math>10d</math> или <math>14t</math></p> <p><math>2,5d</math></p> <p><math>2,5d</math></p> <p><math>2d</math></p> <p><math>6d</math></p>
<p><i>Обозначения, принятые в табл. 45:</i></p> <p><math>d</math> – диаметр отверстия для заклепки или болта;</p> <p><math>t</math> – толщина наиболее тонкого наружного элемента пакета.</p>	

## Приложение А

**Материалы и их физические характеристики для алюминиевых конструкций**

Т а б л и ц а 1 – Марки и состояния алюминия для конструкций зданий и сооружений

Марка и состояние алюминия	Государственные стандарты или технические условия на поставку алюминия				
	по химическому составу	по механическим свойствам			
		листы	профили	трубы	ленты
<i>Группа I Ограждающие конструкции – оконные и дверные заполнения, подвесные потолки, перегородки, витражи</i>					
АД1М	ГОСТ 4784	ГОСТ 21631	–	–	ГОСТ 13726
АМцМ	ГОСТ 4784	ГОСТ 21631	–	–	ГОСТ 13726
АМг2М	ГОСТ 4784	ГОСТ 21631	–	ГОСТ 18475	ГОСТ 13726
АМг2Н2	ГОСТ 4784	ГОСТ 21631	–	–	ГОСТ 13726
АД31Т	ГОСТ 4784	–	ГОСТ 8617; ГОСТ 22233	ГОСТ 18482	–
АД31Т1	ГОСТ 4784	–	ГОСТ 8617; ГОСТ 22233	–	–
АД31Т4	ГОСТ 4784	–	ГОСТ 8617; ГОСТ 22233	–	–
АД31Т5	ГОСТ 4784	–	ГОСТ 8617; ГОСТ 22233	–	–
<i>Группа II. Ограждающие конструкции – кровельные и стеновые панели и др.</i>					
АМг2М	ГОСТ 4784	ГОСТ 21631	–	ГОСТ 18475	ГОСТ 13726
АМг2Н2	ГОСТ 4784	ГОСТ 21631	–	–	ГОСТ 13726
АД31Т	ГОСТ 4784	–	ГОСТ 8617; ГОСТ 22233	ГОСТ 18482	–
АД31Т1	ГОСТ 4784	–	ГОСТ 8617; ГОСТ 22233	–	–
АД31Т4	ГОСТ 4784	–	ГОСТ 8617;	–	–

## Продолжение таблицы 1

Марка и состояние алюминия	Государственные стандарты или технические условия на поставку алюминия				
	по химическому составу	по механическим свойствам			
		листы	профили	трубы	ленты
<i>Группа II Ограждающие конструкции – кровельные и стеновые панели и др.</i>					
АД31Т5	ГОСТ 4784	–	ГОСТ 8617;	–	–
1915	ГОСТ 4784	–	ГОСТ 8617;	ГОСТ 18482	–
			ГОСТ 22233		
1915Т	ГОСТ 4784	–	ГОСТ 8617;	ГОСТ 18482	–
			ГОСТ 22233		
<i>Группа III Несущие сварные конструкции (фермы, колонны, прогоны покрытий, пространственные решетчатые покрытия, покрытия больших пролетов, сборно–разборные конструкции каркасов зданий, блоки покрытия и др.)</i>					
АМг2М	ГОСТ 4784	ГОСТ 21631	–	ГОСТ 18475	ГОСТ 13726
АМг2Н2	ГОСТ 4784	ГОСТ 21631	–	–	ГОСТ 13726
АД31Т	ГОСТ 4784	–	ГОСТ 8617;	ГОСТ 19482	–
			ГОСТ 22233		
АД31Т1	ГОСТ 4784	–	ГОСТ 8617;	–	–
			ГОСТ 22233		
АД31Т4	ГОСТ 4784	–	ГОСТ 8617;	–	–
			ГОСТ 22233		
1915	ГОСТ 4784	–	ГОСТ 8617;	ГОСТ 18482	–
			ГОСТ 22233		
1915Т	ГОСТ 4784	–	ГОСТ 8617;	ГОСТ 18482	–
			ГОСТ 22233		
<i>Группа IV Клепаные конструкции, относящиеся к группе III, а также элементы конструкций, не имеющие сварных соединений</i>					
АМг2Н2	ГОСТ 4784	ГОСТ 21631	–	–	ГОСТ 13726
АД31Т	ГОСТ 4784	–	ГОСТ 8617;	ГОСТ 18482	–
			ГОСТ 22233		
АД31Т1	ГОСТ 4784	–	ГОСТ 8617;	–	–
			ГОСТ 22233		
АД31Т4	ГОСТ 4784	–	ГОСТ 8617;	–	–
			ГОСТ 22233		



## Окончание таблицы 1

Марка и состояние алюминия	Государственные стандарты или технические условия на поставку алюминия				
	по химическому составу	по механическим свойствам			
		листы	профили	трубы	ленты
1925	ГОСТ 4784	–	ГОСТ 8617; ГОСТ 22233	ГОСТ 18482	–
1915	ГОСТ 4784	–	ГОСТ 8617; ГОСТ 22233	ГОСТ 18482	–
1915Т	ГОСТ 4784	–	ГОСТ 8617; ГОСТ 22233	ГОСТ 18482	–
<p>Примечания</p> <p>1 Для конструкций I–IV групп приведен примерный их перечень.</p> <p>2 Алюминий марки АМцМ рекомендуется применять преимущественно для листовых конструкций декоративного назначения, подлежащих анодированию в черный цвет.</p>					

Т а б л и ц а 2 – Физические характеристики алюминия

Физическая характеристика	Значения
Модуль упругости $E$ , МПа ( $\text{кгс}/\text{см}^2$ ), при температуре, °С:	
минус 70	$0,735 \cdot 10^5 (0,75 \cdot 10^6)$
от минус 40 до плюс 50	$0,7 \cdot 10^5 (0,71 \cdot 10^6)$
100	$0,64 \cdot 10^5 (0,65 \cdot 10^6)$
Модуль сдвига $G$ , МПа ( $\text{кгс}/\text{см}^2$ ), при температуре, °С:	
минус 70	$0,274 \cdot 10^5 (0,28 \cdot 10^6)$
от минус 40 до плюс 50	$0,265 \cdot 10^5 (0,27 \cdot 10^6)$
100	$0,255 \cdot 10^5 (0,26 \cdot 10^6)$
Коэффициент поперечной деформации (Пуассона) $\nu$	0,3
Коэффициент линейного расширения $\alpha$ , °С <sup>-1</sup> , при температуре от минус 70 до плюс 100°С	$0,23 \cdot 10^{-4}$
Среднее значение плотности $\rho$ , кг/м	2700
Примечание – Для промежуточных значений температуры значения $E$ и $G$ рекомендуется определять линейной интерполяцией.	

Т а б л и ц а 3 – Плотность алюминия

Марка алюминия	АД1	АМц	АМг	АД31	1935	1925	1915	АЛ8
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	2710	2730	2680	2710	2760	2770	2770	2550

Т а б л и ц а 4 – Алюминиевые полуфабрикаты, применяемые для строительных конструкций

Марка алюминия	Полуфабрикаты					
	листы	ленты	плиты	прутки	профили	трубы
АД1	+	+	–	–	–	–
АМц	+	+	–	–	–	–
АМг2	+	+	+	–	–	+
АД31	–	–	–	+	+	+
1935	–	–	–	+	+	–
1925	–	–	–	+	+	+
1915	–	–	–	+	+	+

П р и м е ч а н и е – Знак «+» означает, что данный полуфабрикат применяется для строительных конструкций; знак «–» – данный полуфабрикат не применяется.

## Приложение Б

### Коэффициенты $\varphi$ продольного изгиба центрально-сжатых элементов

В табл. 1 показаны схемы сечения, для которых в табл. 2 и 3 настоящего приложения приведены значения коэффициента  $\varphi$ .

Т а б л и ц а 1 – Схемы сечений для определения коэффициента  $\varphi$

Тип сечения	Схема сечения	Номер таблицы
1		2
2		3

Т а б л и ц а 2 – Коэффициенты  $\varphi$  продольного изгиба центрально-сжатых элементов для сечений типа 1

Гибкость элементов $\lambda$	Коэффициенты $\varphi$ для элементов из алюминия марок								
	АД1М	АМцМ	АД31Т; АД31Т4	АМГ2М	АД31Т5	АД31Т1; АМГ2Н2	1935Т	1925; 1915	1915Т
0	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
10	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
20	1,000	1,000	0,995	0,982	0,946	0,936	0,930	0,915	0,910
30	0,985	0,955	0,930	0,915	0,880	0,865	0,852	0,838	0,830
40	0,935	0,900	0,880	0,860	0,818	0,802	0,790	0,770	0,758
50	0,887	0,860	0,835	0,812	0,763	0,740	0,772	0,696	0,676
60	0,858	0,820	0,793	0,766	0,705	0,675	0,650	0,615	0,590
70	0,825	0,782	0,750	0,717	0,644	0,605	0,572	0,530	0,500
80	0,792	0,745	0,706	0,665	0,590	0,542	0,500	0,440	0,385
90	0,760	0,710	0,656	0,608	0,510	0,450	0,403	0,348	0,305
100	0,726	0,665	0,610	0,555	0,432	0,367	0,326	0,282	0,246
110	0,693	0,625	0,562	0,506	0,382	0,313	0,270	0,233	0,204
120	0,660	0,530	0,518	0,458	0,330	0,262	0,228	0,196	0,171
130	0,630	0,545	0,475	0,415	0,290	0,227	0,192	0,167	0,146
140	0,595	0,505	0,435	0,362	0,255	0,197	0,168	0,144	0,126
150	0,562	0,470	0,400	0,313	0,212	0,168	0,146	0,125	0,110

Т а б л и ц а 3 – Коэффициенты  $\varphi$  продольного изгиба центрально–сжатых элементов для сечений типа 2

Гибкость элементов $\lambda$	Коэффициенты $\varphi$ для элементов из алюминия марок								
	АД1М	АМцМ	АД31Т; АД31Т4	АМг2М	АД31Т5	АД31Т1; АМг2Н2	1935Т	1925; 1915	1915Т
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
10	1,000	1,000	1,000	1,000	0,990	0,983	0,980	0,967	0,960
20	0,975	0,950	0,940	0,920	0,885	0,880	0,880	0,867	0,860
30	0,922	0,895	0,878	0,862	0,820	0,808	0,802	0,790	0,775
40	0,877	0,842	0,822	0,807	0,760	0,742	0,730	0,715	0,695
50	0,832	0,796	0,773	0,750	0,700	0,678	0,662	0,638	0,613
60	0,795	0,752	0,725	0,698	0,635	0,607	0,590	0,560	0,530
70	0,757	0,713	0,680	0,647	0,574	0,538	0,516	0,482	0,450
80	0,720	0,670	0,635	0,597	0,520	0,480	0,450	0,413	0,380
90	0,690	0,632	0,588	0,545	0,466	0,422	0,392	0,348	0,305
100	0,657	0,593	0,543	0,498	0,410	0,360	0,328	0,282	0,246
110	0,625	0,553	0,500	0,450	0,362	0,310	0,272	0,233	0,204
120	0,590	0,515	0,460	0,408	0,316	0,263	0,230	0,196	0,171
130	0,560	0,480	0,420	0,370	0,280	0,228	0,195	0,167	0,146
140	0,527	0,445	0,385	0,333	0,237	0,194	0,170	0,144	0,126
150	0,497	0,412	0,352	0,300	0,205	0,166	0,146	0,125	0,110

## Приложение В

### Определение коэффициента $\varphi_b$ для проверки общей устойчивости балок

1. Для балок двутаврового сечения с двумя осями симметрии для определения коэффициента  $\varphi_b$  необходимо вычислить коэффициент  $\varphi_1$  по формуле

$$\varphi_1 = 1,4 \psi \frac{I_y}{I_x} \left( \frac{h}{l_{ef}} \right)^2 \frac{E}{R}, \quad (1)$$

где  $\psi$  – коэффициент, определяемый по табл. 1 и 2 настоящего приложения в зависимости от характера нагрузки и параметра  $\alpha$ .

Для прессованных двутавров параметр  $\alpha$  рекомендуется вычислять по формуле

$$\alpha = 1,54 \frac{L_t}{I_y} \left( \frac{l_{ef}}{h} \right)^2, \quad (2)$$

где  $L_t = 0,42 \sum b_i t_i^3$  – момент инерции при кручении (здесь  $b_i$  и  $t_i$  – соответственно ширина и толщина прямоугольников, образующих сечение);

$l_{ef}$  – расчетная длина балки, определяемая согласно п. 4.13.

При наличии утолщений круглого сечения (бульб)

$$L_t = 0,42 \sum b_i t_i^3 + n \frac{\pi D^4}{32},$$

где  $D$  – диаметр бульб;

$n$  – число бульб в сечении.

Для сварных и клепаных двутавровых балок при отсутствии отбортовок, утолщений по краям и значительных утолщений в углах параметр  $\alpha$  рекомендуется определять по формуле

$$\alpha = 8 \left( \frac{t_1}{b_f h} \right)^2 + 1 + \left( \frac{\alpha t_1^3}{b_f t_1^3} \right), \quad (3)$$

где

*для сварных и прессованных двутавровых балок*

$t_1, b_f$  – соответственно толщина и ширина пояса балки;

$\alpha = 0,5h$ ;

*для клепаных двутавровых балок*

$t_1$  – сумма толщин листов пояса и горизонтальной полки поясного уголка;

$b_f$  – ширина листов пояса;

$h$  – расстояние между осями пакета поясных листов;

$a$  – сумма высоты вертикальной полки поясного уголка с толщиной пакета горизонтальных листов;

$f$  – сумма толщин стенки и вертикальных поясных уголков.

Т а б л и ц а 1 – Коэффициенты  $\psi$  для балок двутаврового сечения с двумя осями симметрии

Коэффициент $a$	Коэффициенты $\psi$				
	для балок без закрепления в пролете				при наличии не менее двух промежуточных закреплений верхнего пояса, делящих пролет на равные части, независимо от места приложения нагрузки
	при сосредоточенной нагрузке, приложенной к поясу		при равномерно распределенной нагрузке, приложенной к поясу		
	верхнему	нижнему	верхнему	нижнему	
2	3	4	5		
1	2	3	4	5	6
0,1	0,98	2,80	0,91	2,14	1,20
0,4	0,98	2,84	0,91	2,14	1,23
1,0	1,05	2,87	0,95	2,17	1,26
4,0	1,26	3,05	1,12	2,35	1,44
8,0	1,47	3,29	1,30	2,56	1,65
16,0	1,89	3,75	1,68	2,94	1,96
24,0	2,24	4,10	2,00	3,22	2,24
32,0	2,56	4,45	2,28	3,50	2,49
48,0	3,15	4,97	2,73	3,99	2,91
64,0	3,64	5,50	3,15	4,45	3,33
80,0	4,10	5,95	3,50	4,80	3,64
96,0	4,48	6,30	3,89	5,15	3,96
128,0	5,25	7,04	4,48	5,78	4,50
160,0	5,92	7,77	5,04	6,30	5,01
240,0	7,35	9,17	6,30	7,56	6,09
320,0	8,54	10,40	7,32	8,40	7,00
400,0	9,63	11,48	8,16	9,38	7,77

## Окончание таблицы 1

Коэффициент $\alpha$	Коэффициенты $\psi$				
	для балок без закрепления в пролете				при наличии не менее двух промежуточных креплений верхнего пояса, делящих пролет на равные части, независимо от места приложения нагрузки
	при сосредоточенной нагрузке, приложенной к поясу		при равномерно распределенной нагрузке, приложенной к поясу		
	верхнему	нижнему	верхнему	нижнему	
1	2	3	4	5	6
<p><b>Примечание</b></p> <p>При одном закреплении балки в середине пролета необходимо учитывать следующие случаи;</p> <p>при сосредоточенной силе в середине пролета (независимо от уровня приложения) <math>\psi = 1,75\psi_1</math>;</p> <p>при сосредоточенной силе в четверти пролета или равномерно распределенной нагрузке, приложенной к верхнему поясу, <math>\psi = 1,14\psi_1</math>;</p> <p>при сосредоточенной силе в четверти пролета, приложенной к нижнему поясу, <math>\psi = 1,6\psi_1</math>;</p> <p>при равномерно распределенной нагрузке по нижнему поясу <math>\psi = 1,3\psi_1</math>;</p> <p>Здесь значение <math>\psi_1</math> рекомендуется принимать по гр. 6 (при наличии не менее двух промежуточных креплений).</p>					

Т а б л и ц а 2 – Коэффициенты  $\psi$  для консолей двутаврового сечения с двумя осями симметрии

Коэффициент $a$	Коэффициенты $\psi$ при нагрузке, приложенной к поясу	
	верхнему	нижнему
4	0,875	3,640
6	1,120	3,745
8	1,295	3,850
10	1,505	3,920
12	1,680	4,025
14	1,855	4,130
16	2,030	4,200
24	2,520	4,550
32	2,975	4,830
40	3,290	5,040
100	5,040	6,720

Значение коэффициента  $\varphi_b$  в формуле (24) норм необходимо принимать:

при  $\varphi_1 \leq 0,667$   $\varphi_b = \varphi_1$ ;

при  $\varphi_1 > 0,667$   $\varphi_b = 0,5 + 0,25\varphi_1$  для алюминия всех марок, указанных в табл. 1 настоящих правил, за исключением АМг2Н2, АД31Т1 и АД31Т5, и  $\varphi_b = \varphi_1$ , но не более 1,0 – для алюминия марок АМг2Н2, АД31Т1 и АД31Т5.

2. Для балок двутаврового сечения с одной осью симметрии (с развитым верхним поясом; см. чертеж) для определения коэффициента  $\varphi_b$  необходимо вычислить коэффициенты  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  по формулам:

$$\varphi_1 = 1,41\psi \frac{I_y}{I_x} \frac{2Gjh_1}{l_{ef}^2} \frac{E}{R}; \quad (4)$$

$$\varphi_2 = 1,41\psi \frac{I_y}{I_x} \frac{2Gjh_2}{l_{ef}^2} \frac{E}{R}; \quad (5)$$

$$\psi = 2,6 \left[ \sqrt{(0,5y_p + \beta_y)^2 + c^2} + (0,5y_p + \beta_y) \right]. \quad (6)$$

В формулах (4)–(6):

$\zeta$  – коэффициент, зависящий от вида нагрузки и принимаемый по табл. 3 настоящего приложения;

$h_1, h_2$  – размеры (см. чертеж);



$\bar{y}_p = \frac{y_p}{h}$  – относительная координата точки приложения нагрузки со своим знаком (см. чертеж);

$$\beta_y = \left[ 0,43 - 0,065 \left( \frac{b_1}{h} \right)^2 \right] (2n - 1);$$

здесь

$$n = \frac{I_1}{I_1 + I_2}$$

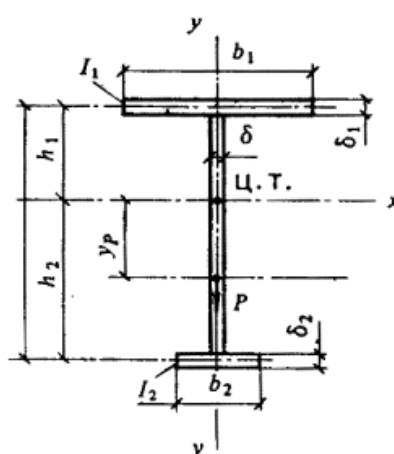
( $I_1, I_2$  – моменты инерции соответственно сжатого и растянутого поясов относительно оси симметрии сечения);

$$c^2 = \frac{1}{I_y} \left( \frac{I_1 I_2}{I_y} + 0,04 I_t \frac{h^2}{h^2} \right);$$

$I_t$  – момент инерции при кручении [см. обозначения к формуле (2) настоящего приложения].

Т а б л и ц а 3 – Коэффициент  $\zeta$  в формуле (4) настоящего приложения

Вид нагрузки	Чистый изгиб	Равномерно распределенная нагрузка	Сосредоточенная сила в середине пролета	Момент на одном конце балки
Коэффициент $\zeta$	1,00	1,12	1,35	1,75



Поперечное сечение балки с развитым верхним поясом

Значение коэффициента  $\varphi_b$  в формуле (24) норм необходимо принимать:

при  $\varphi_2 \leq 0,667$   $\varphi_b = \varphi_1$ ;

при  $\varphi_2 > 0,667$   $\varphi_b = \varphi_1 \left[ 0,5 + 0,25 \left( \frac{n}{\varphi_1} + \frac{1-n}{\varphi_2} \right) \right]$  для алюминия всех марок,

указанных в табл. 1 настоящих правил, за исключением марок АМг2Н2, АД31Т1 и АД31Т5, для которых  $\varphi_2$  вычисляется по формуле (5) настоящего приложения и принимается не более 1,0.

3. Устойчивость балок швеллерного сечения рекомендуется проверять так же, как балок двутаврового сечения, при этом  $a$  вычислять по формуле (2) настоящего приложения; найденные значения умножать на коэффициент 0,7.

Значения  $I_x$ ,  $I_y$  и  $I_t$  в формулах (1) и (2) настоящего приложения рекомендуется принимать для швеллера.

## Приложение Г

## Расчет внецентренно сжатых и сжато–изгибаемых элементов

Т а б л и ц а 1 – Коэффициенты  $\varphi_e$  для проверки устойчивости внецентренно сжатых (сжато–изгибаемых) сплошностенчатых стержней в плоскости действия момента, совпадающей с плоскостью симметрии

Условная гибкость $\bar{\lambda}$	Коэффициенты $\varphi_e$ при приведенном относительном эксцентриситете $m_{ef}$ , равном																				
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
0,5	990	980	973	937	905	880	850	920	767	725	657	567	500	445	360	302	257	225	203	182	165
1,0	947	907	872	837	807	778	752	725	680	637	583	505	445	394	323	272	235	205	186	167	151
1,5	880	832	793	758	726	700	670	647	607	570	518	452	398	355	292	247	215	188	171	153	140
2,0	817	765	723	787	656	627	602	580	540	507	463	405	358	320	265	227	197	175	158	142	130
2,5	750	695	652	617	587	560	536	515	482	452	413	362	322	290	242	208	182	162	146	132	121
3,0	677	618	578	545	517	495	472	455	425	400	367	323	290	262	220	192	167	150	135	123	114
3,5	593	542	505	475	453	434	415	398	374	355	325	288	260	236	202	175	155	140	126	116	108
4,0	505	436	435	412	393	378	362	350	327	312	288	257	233	214	184	159	144	130	117	109	101
4,5	425	395	374	356	342	328	315	306	288	275	255	230	210	193	167	146	132	121	110	102	095

## Окончание таблицы 1

Условная гибкость $\bar{\lambda}$	Коэффициенты $\varphi_e$ при приведенном относительном эксцентриситете $m_{ef}$ , равном																				
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
5,0	358	338	320	307	295	285	275	268	253	242	227	205	190	175	152	135	123	113	103	096	090
5,5	303	287	276	265	257	248	242	235	225	215	202	185	172	160	140	125	145	105	097	090	085
6,0	257	246	238	230	223	218	213	208	198	192	180	166	155	145	128	115	106	097	090	085	080
6,5	222	212	207	202	197	191	187	183	175	170	161	148	141	132	117	107	097	090	085	080	075
7,0	192	187	181	177	172	168	165	161	155	150	145	135	128	120	108	098	090	085	080	075	070
8,0	148	145	142	139	137	134	132	129	126	123	120	112	107	100	091	085	080	077	072	067	062
9,0	120	117	115	113	111	110	108	107	105	102	100	094	090	086	080	076	072	067	063	059	055
10,0	097	095	093	092	091	090	088	087	085	084	082	080	077	075	070	067	062	060	056	052	048
<p>Примечания</p> <p>1 Значения коэффициентов <math>\varphi_e</math> в таблице увеличены в 1000 раз.</p> <p>2 Значения <math>\varphi_e</math> рекомендуется принимать не выше значений <math>\varphi</math>.</p>																					

Т а б л и ц а 2 – Коэффициенты  $\varphi_e$  для проверки устойчивости внецентренно сжатых (сжато–изгибаемых) сквозных стержней в плоскости действия момента, совпадающей с плоскостью симметрии


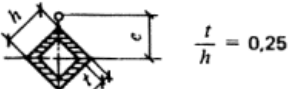
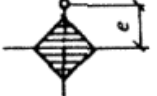
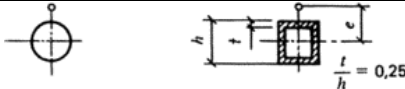
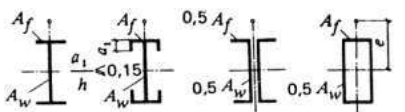
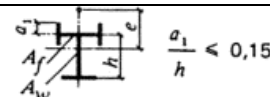
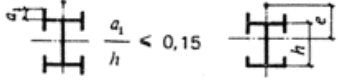

Условная гибкость $\bar{\lambda}_{ef}$	Коэффициенты $\varphi_e$ при приведенном относительном эксцентриситете $m_{ef}$ , равном																				
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
0,5	950	888	825	755	718	660	635	605	540	495	436	370	320	282	232	196	170	157	143	122	110
1,0	882	810	756	693	660	609	582	548	496	453	405	342	296	262	213	182	155	145	130	113	096
1,5	872	753	694	643	607	568	534	507	458	420	375	318	275	243	198	170	144	134	130	105	090
2,0	773	700	640	593	558	523	492	468	423	390	347	294	257	227	185	159	135	125	112	100	084
2,5	712	637	585	543	508	477	450	427	390	358	320	273	240	213	173	150	127	117	105	095	079
3,0	640	575	530	488	458	430	408	387	355	327	294	253	222	197	197	142	121	111	100	092	075
3,5	565	507	467	432	410	385	365	350	321	297	270	232	206	185	155	133	115	106	095	087	072
4,0	490	442	410	382	363	343	327	313	290	269	247	213	190	172	145	125	110	100	090	083	070
4,5	418	382	357	335	320	304	290	280	260	243	223	195	177	160	135	117	105	094	086	080	067
5,0	353	328	309	293	280	268	257	249	233	219	202	178	162	148	127	110	098	089	082	076	064
5,5	300	282	267	255	245	237	228	222	208	197	183	163	150	137	120	105	094	084	077	072	062
6,0	256	242	233	223	216	210	202	197	187	178	166	150	138	128	112	098	090	080	073	068	060
6,5	220	210	205	197	190	185	182	175	167	160	150	136	127	118	103	094	085	076	070	065	058
7,0	192	186	180	173	169	165	162	157	150	145	136	125	117	108	096	090	081	072	067	062	056
8,0	150	145	142	139	135	133	130	127	122	120	112	105	100	092	086	082	072	065	060	056	052
9,0	120	117	115	112	110	108	107	105	101	098	095	090	087	081	077	072	065	058	055	050	048
10,0	097	096	095	093	092	091	090	087	085	083	082	080	076	071	068	064	057	052	048	044	044

**П р и м е ч а н и я**

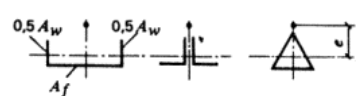
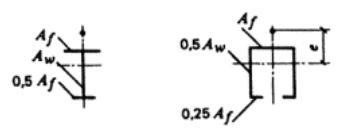
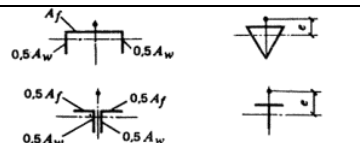
1 Значения коэффициентов  $\varphi_e$  в таблице увеличены в 1000 раз.

2 Значения  $\varphi_e$  рекомендуется принимать не выше значений  $\varphi$ .

Т а б л и ц а 3 – Коэффициенты влияния формы сечения  $\eta$ 

Тип сечения	Схема сечения	Отношение $\frac{A_f}{A_w}$	Коэффициенты $\eta$ при			
			$0 \leq \bar{\lambda} \leq 5$		$\bar{\lambda} > 5$	
			$0,1 \leq m \leq 5$	$5 < m \leq 20$	$0,1 \leq m \leq 5$	$5 < m \leq 20$
1		–	1,0	1,0	1,0	1,0
2		–	0,85	0,85	0,85	0,85
3		–	$0,75 + 0,02 \bar{\lambda}$	$0,75 + 0,02$	0,85	0,85
4		–	$(1,35 - 0,05m) - 0,01(5 - m)\bar{\lambda}$	1,1	1,1	1,1
5		0,25 0,5 1,0	$(1,45 - 0,05m) - 0,01(5 - m)\bar{\lambda}$ $(1,75 - 0,1m) - 0,02(5 - m)\bar{\lambda}$ $(1,90 - 0,1m) - 0,02(6 - m)\bar{\lambda}$	1,2 1,25 1,4–0,02	1,2 1,25 1,3	1,2 1,25 1,3
6		–	$\eta_s \left[ 1 - 0,3(5 - m) \frac{a_1}{h} \right]$	$\eta_s$	$\eta_s$	$\eta_s$
7		–	$\eta_s \left[ 1 - 0,8 \frac{a_1}{h} \right]$	$\eta_s \left[ 1 - 0,8 \frac{a_1}{h} \right]$	$\eta_s \left[ 1 - 0,8 \frac{a_1}{h} \right]$	$\eta_s \left[ 1 - 0,8 \frac{a_1}{h} \right]$
8		0,25 0,5 1,0	$(1,75 + 0,05m) + 0,01(5 - m)\bar{\lambda}$ $(0,5 + 0,1m) + 0,02(5 - m)\bar{\lambda}$ $(1,25 + 0,15m) + 0,03(5 - m)\bar{\lambda}$	1,0 1,0 1,0	1,0 1,0 1,0	1,0 1,0 1,0

## Окончание таблицы 3

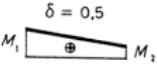
Тип сечения	Схема сечения	Отношение $\frac{A_f}{A_w}$	Коэффициенты $\eta$ при			
			$0 \leq \bar{\lambda} \leq 5$		$\bar{\lambda} > 5$	
			$0,1 \leq m \leq 5$	$5 < m \leq 20$	$0,1 \leq m \leq 5$	$5 < m \leq 20$
9		0,5 1,0	$(1,25 - 0,05m) - 0,01(5 - m)\bar{\lambda}$ $(1,5 - 0,1m) - 0,02(5 - m)\bar{\lambda}$	1,0 1,0	1,0 1,0	
10		0,5 1,0 2,0	1,4 $1,6 - 0,01(5 - m)\bar{\lambda}$ $1,8 - 0,02(5 - m)\bar{\lambda}$	1,4 1,6 1,8	1,4 $1,35 + 0,05m$ $1,3 + 0,1m$	1,4 1,6 1,8
11		0,5 1,0 1,5 2,0	$1,45 + 0,04m$ $1,8 + 0,12m$ $2,0 + 0,25m + 0,1\bar{\lambda}$ $3,0 + 0,25m + 0,1\bar{\lambda}$	1,65 2,4 — —	$1,45 + 0,04m$ $1,8 + 0,12m$ — —	1,65 2,4 — —
<p>Примечания</p> <p>1 Для сечений типов 5–7 при подсчете отношения <math>\frac{A_f}{A_w}</math> площадь вертикальных элементов полк учитывать не рекомендуется.</p> <p>2 Для сечений типов 6 и 7 значения <math>\eta_s</math> рекомендуется принимать равными значениям <math>\eta</math> для сечений типа 5 при отношениях <math>\frac{A_f}{A_w}</math> для сечений типов 6 и 7.</p>						

Т а б л и ц а 4 – Приведенные относительные эксцентриситеты  $m_{ef}$  для стержней с шарнирно-опертыми концами

Отношение $\delta = \frac{M_2}{M_1}$	$\bar{\lambda}$	Приведенные относительные эксцентриситеты $m_{ef}$ при $m_{ef1} = \eta \frac{M_1}{N} \frac{A}{W_c}$ равном										
		0,1	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	7,0	10,0	20,0
$\delta = -1,0$ 	1	0,10	0,30	0,68	1,12	1,60	2,62	3,55	4,55	6,50	9,40	19,40
	2	0,10	0,17	0,39	0,68	1,03	1,80	2,75	3,72	5,65	8,60	18,50
	3	0,10	0,10	0,22	0,36	0,55	1,17	1,95	2,77	4,60	7,40	17,20
	4	0,10	0,10	0,10	0,18	0,30	0,57	1,03	1,78	3,35	5,90	15,40
	5	0,10	0,10	0,10	0,10	0,15	0,23	0,48	0,95	2,18	4,40	13,40
	6	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,15	0,18	0,40	1,25	3,00	11,40
	7	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,50	1,70	9,50
$\delta = -0,5$ 	1	0,10	0,31	0,68	1,12	1,60	2,62	3,55	4,55	6,50	9,40	19,40
	2	0,10	0,22	0,46	0,73	1,05	1,88	2,75	3,72	5,65	8,60	18,50
	3	0,10	0,17	0,38	0,58	0,80	1,33	2,00	2,77	4,60	7,40	17,20
	4	0,10	0,14	0,32	0,49	0,66	1,05	1,52	2,22	3,50	5,90	15,40
	5	0,10	0,10	0,26	0,41	0,57	0,95	1,38	1,80	2,95	4,70	13,40
	6	0,10	0,16	0,28	0,40	0,52	0,95	1,25	1,60	2,50	4,00	11,50
	7	0,10	0,22	0,32	0,42	0,55	0,95	1,10	1,35	2,20	3,50	10,80



Окончание таблицы 4

Отношение $\delta = \frac{M_2}{M_1}$	$\bar{\lambda}$	Приведенные относительные эксцентриситеты $m_{ef}$ при $m_{ef1} = \eta \frac{M_1}{N} \frac{A}{W_c}$ равном										
		0,1	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	7,0	10,0	20,0
$\delta = 0$ 	1	0,10	0,32	0,70	1,12	1,60	2,62	3,55	4,65	6,50	9,40	19,40
	2	0,10	0,28	0,60	0,90	1,28	1,96	2,75	3,72	5,65	8,40	18,50
	3	0,10	0,27	0,55	0,84	1,15	1,75	2,43	3,17	4,80	7,40	17,20
	4	0,10	0,26	0,52	0,78	1,10	1,60	2,20	2,83	4,00	6,30	15,40
	5	0,10	0,25	0,52	0,78	1,10	1,55	2,10	2,78	3,85	5,90	14,50
	6	0,10	0,28	0,52	0,78	1,10	1,55	2,00	2,70	3,80	5,60	13,80
	7	0,10	0,32	0,52	0,78	1,10	1,55	1,90	2,60	3,75	5,50	13,00
$\delta = 0,5$ 	1	0,10	0,40	0,80	1,23	1,68	2,62	3,55	4,55	6,50	9,40	19,40
	2	0,10	0,40	0,78	1,20	1,60	2,30	3,15	4,10	5,85	8,60	18,50
	3	0,10	0,40	0,77	1,17	1,55	2,30	3,10	3,90	5,55	8,13	18,00
	4	0,10	0,40	0,75	1,13	1,55	2,30	3,05	3,80	5,30	7,60	17,50
	5	0,10	0,40	0,75	1,10	1,55	2,30	3,00	3,80	5,30	7,60	17,00
	6	0,10	0,40	0,75	1,10	1,50	2,30	3,00	3,80	5,30	7,60	16,50
	7	0,10	0,40	0,75	1,10	1,40	2,30	3,00	3,20	5,30	7,60	16,00

## Приложение Д

### Расчет на устойчивость стенок балок при местной нагрузке на верхнем поясе

1. При сосредоточенной нагрузке на верхнем поясе балки в местах, не укрепленных ребрами, местное напряжение в стенке под грузом  $\sigma_{loc}$  рекомендуется определять по формуле

$$\sigma_{loc} = \frac{F}{t l_{ef}} < R \gamma_c, \quad (1)$$

где  $F$  – расчетное значение сосредоточенной нагрузки (силы);

$t$  – толщина стенки;

$l_{ef} = c \sqrt[3]{\frac{I_f}{t}}$  – условная длина распределения сосредоточенной нагрузки;

$c$  – коэффициент, принимаемый равным 3,25 для сварных балок и 3,75 для балок клепаных и на высокопрочных болтах;

$I_f$  – момент инерции пояса балки относительно собственной оси.

2 В отсеках, где местная нагрузка приложена к растянутому поясу, одновременно учитываются только два компонента –  $\sigma$  и  $\tau$  или  $\sigma_{loc}$  и  $\tau$ .

3 Расчет на устойчивость стенок балок симметричного сечения, укрепленных только поперечными основными ребрами жесткости, при наличии местного напряжения ( $\sigma_{loc} \neq 0$ ) рекомендуется выполнять:

а) при  $\frac{a}{h_{ef}} \leq 0,8$  – по формуле

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_{cr}} + \frac{\sigma_{loc}}{\sigma_{loc,cr}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr}}\right)^2} \leq 0,9 \nu, \quad (2)$$

где  $\sigma$ ,  $\sigma_{loc}$ ,  $\tau$  – значения, определяемые согласно указаниям п. 6.2;

$\sigma_{cr}$ ,  $\tau_{cr}$  – значения, определяемые по формулам (46) и (47);

$\sigma_{loc,cr}$  – критическое напряжение смятия стенки под нагрузкой, определяемое по формуле

$$\sigma_{loc,cr} = c_1 \frac{R}{\lambda_a^2}, \quad (3)$$

(здесь  $c_1$  – коэффициент, принимаемый по табл. 1 настоящего приложения;

$$\lambda_a = \frac{a}{t} \sqrt{\frac{R}{E}});$$

$\vartheta$  – значения, определяемые согласно указаниям п. 6.5;

б) при  $\frac{a}{h} > 0,8$  – по формуле (2) настоящего приложения два раза: при первой проверке  $\sigma_{cr}$  рекомендуется определять по формуле

$$\sigma_{cr} = c_2 \frac{R}{\lambda_w^2}, \quad (4)$$

где  $c_2$  – коэффициент, принимаемый по табл. 2 настоящего приложения;

при второй проверке  $\sigma_{cr}$  рекомендуется определять по формуле (46), а  $\sigma_{loc,cr}$  – по формуле (3) настоящего приложения, но с подстановкой в формулу (3) и в табл. 1 величины  $\frac{a}{2}$  вместо  $a$ .

4. В стенке, укрепленной продольным ребром жесткости, расположенным на расстоянии  $h_1$  от сжатой кромки отсека, обе пластинки, на которые ребро разделяет отсек, рекомендуется проверять отдельно:

первую пластинку, расположенную между сжатым поясом и ребром, – по формуле

$$\frac{\sigma}{\sigma_{cr1}} + \frac{\sigma_{loc}}{\sigma_{loc,cr1}} + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr1}}\right)^2 \leq 0,9\vartheta, \quad (5)$$

где

$$\sigma_{cr1} = \frac{1,19}{1 - \frac{h_1}{h_{ef}}} \frac{(1 + \mu_1^2)^2}{\mu_1^2} \frac{R}{\lambda_{h1}^2}, \quad (6)$$

$$\sigma_{loc,cr1} = 1,72 \frac{(1 + \mu_1^2)^2}{\mu_1^2} \frac{R}{\lambda_{h1}^2}, \quad (7)$$

здесь  $\lambda_{h1} = \frac{h_1}{t} \sqrt{\frac{R}{E}}$ ;

$\mu_1$  – параметр, равный:  $\frac{a}{h_1}$  при  $\frac{a}{h_1} \leq 2$ ;

2 при;  $\frac{a}{h_1} > 2$

$\tau_{cr1}$  – значения, определяемые по формуле (47);

$\vartheta$  – значения, определяемые согласно указаниям п. 6.5;

вторую пластинку, расположенную между растянутым поясом и ребром, – по формуле

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma(1-\frac{2h_1}{h_{ef}})}{\sigma_{cr2}} - \frac{\sigma_{loc2}}{\sigma_{loc,cr2}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr2}}\right)^2} \leq 1,$$

где  $\sigma_{cr2}, \tau_{cr2}$  – значения, определяемые соответственно по формулам (53) и (47);

$$\sigma_{loc2} = 0,4\sigma_{loc}$$

$\sigma_{loc,cr2}$  – значения, определяемые по формуле (3) и

табл. 1 настоящего приложения, принимая  $\frac{a}{h_{ef} - h_1}$  вместо  $\frac{a}{h_{ef}}$ .

Если первая пластинка укреплена дополнительно короткими поперечными ребрами, то их рекомендуется доводить до продольного ребра. При этом для проверки первой пластинки необходимо применять формулы (5) и (7) настоящего приложения, в которых  $a$  заменяется величиной  $a_1$ , (где  $a_1$  – расстояние между осями соседних коротких ребер).

Проверка второй пластинки в этом случае остается без изменения.

Т а б л и ц а 1 – Коэффициент  $c_1$

Отношение $\frac{a}{h_{ef}}$	0,5	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
Коэффициент $c_1$	11,28	14,52	17,77	21,86	26,80	32,30	38,35	45,00
<i>Обозначения, принятые в табл. 1. – см. п. 6.2.</i>								

Т а б л и ц а 2 – Коэффициент  $c_2$

Отношение $\frac{a}{h_{ef}}$	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6
Коэффициент $c_2$	33,70	38,77	45,26	53,16	62,18	72,20	83,75	96,16	109,56
<i>Обозначения, принятые в табл. 2. – см. п. 6.2.</i>									

## Приложение Е

### Расчет на устойчивость наклонных граней листов с трапециевидным гофром

Наклонные грани листов с трапециевидным гофром (см. рис. 13) в местах опирания на прогоны или ригели рекомендуется проверять на местную устойчивость по формуле (2) приложения Д с заменой коэффициента  $\gamma_c = 0,9$  на  $\gamma_c = 0,7$ . При этом значения напряжения  $\tau$  и критических напряжений  $\sigma_{loc,cr}$ ,  $\tau_{cr}$ ,  $\sigma_{cr}$  рекомендуется определять по формулам:

$$\tau = \frac{Q}{2bt}; \quad (1)$$

$$\sigma_{loc,cr} = \frac{7,25R}{\lambda_b}; \quad (2)$$

$$\tau_{cr} = \frac{8,25R_s}{\lambda_b}; \quad (3)$$

$$\sigma_{cr} = \frac{3,6R}{\lambda_b} \left[ 1 + 1,41 \left( 1 - \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\sigma_1} \right)^2 \right]; \quad (4)$$

$$\lambda_b = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{R}{E}}, \quad (5)$$

где  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  – нормальные напряжения соответственно у верхней и нижней границ наклонной грани листа, взятые со своими знаками;

$b$  – размер наклонной грани, принимаемый по рис. 13;

$Q$  – поперечная сила в проверяемом сечении волны листа.

Кроме наклонных граней необходимо проверять на устойчивость горизонтальные сжатые грани профилированного листа, при этом местные напряжения  $\sigma_{loc}$  рекомендуется определять с учетом ослабления сечения по формуле

$$\sigma_{loc} = \frac{F}{2t(b_f + 2r) \sin \alpha}, \quad (6)$$

где  $F$  – опорная реакция, приходящаяся на одну волну листа;

$b_f$  – ширина полки прогона или ригеля;

$r$  – радиус сочленения наклонной и горизонтальной граней листа;

$\alpha$  – угол наклона грани (см. рис. 13).

## Приложение Ж

## Расчетная несущая способность на срез сварных точек

Толщина элементов, мм	Расчетная несущая способность точки на срез, Н (кгс)	Толщина элементов, мм	Расчетная несущая способность точки на срез, Н (кгс)
1	2	1	2
Контактная сварка (алюминий марок АМг2Н2 и АМг2М)		Аргонодуговая точечная сварка плавящимся электродом (алюминий марки АМг2Н2; сварочная проволока марки СвАМг3 или 1557)	
1	800(80)	1+1	1950(200)
1,5	1250(130)	1+2	2350 (240)
2	1950 (200)	1,5+1,5	2950 (300)
		2+2	3350(340)
<p><b>Примечания</b></p> <p>1 Для контактной сварки указана толщина наиболее тонкого элемента; для дуговой точечной сварки в гр.1 первая цифра – толщина верхнего элемента.</p> <p>2 Сварные точки рекомендуется выполнять в соответствии с «Руководством по аргонодуговой сварке соединений элементов алюминиевых строительных конструкций». Стройиздат, 1984.</p>			

## Приложение И

### Основные буквенные обозначения величин

$A$  – площадь сечения брутто;

$A_n$  – площадь сечения нетто;

$E$  – модуль упругости;

$F$  – сила;

$G$  – модуль сдвига;

$I_m, I_d$  – моменты инерции сечений пояса и раскоса фермы;

$I_s$  – момент инерции сечения ребер;

$I_t$  – момент инерции кручения балки;

$I_x, I_y$  – моменты инерции сечения брутто относительно осей соответственно  $x - x$  и  $y - y$ ;

$I_{xn}, I_{yn}$  – моменты инерции сечения нетто относительно осей соответственно  $x - x$  и  $y - y$ ;

$M$  – момент, изгибающий момент;

$M_x, M_y$  – моменты относительно осей соответственно  $x - x$  и  $y - y$ ;

$N$  – продольная сила;

$Q$  – поперечная сила;

$Q_{fic}$  – условная поперечная сила для соединительных элементов;

$R$  – расчетное сопротивление алюминия растяжению, сжатию, изгибу;

$R_{bp}$  – расчетное сопротивление смятию болтовых соединений;

$R_{bs}$  – расчетное сопротивление срезу болтов;

$R_{bt}$  – расчетное сопротивление растяжению болтов;

$R_p$  – расчетное сопротивление алюминия смятию торцевой поверхности (при наличии пригонки);

$R_s$  – расчетное сопротивление алюминия сдвигу;

$R_{th}$  – расчетное сопротивление растяжению алюминия в направлении толщины прессованного полуфабриката;

$R_w$  – расчетное сопротивление стыковых сварных соединений растяжению, сжатию и изгибу;

$R_{ws}$  – расчетное сопротивление стыковых сварных соединений сдвигу;

$R_{wf}$  – расчетное сопротивление угловых швов срезу по металлу шва;

$R_{wsm}$  – расчетное сопротивление соединений, выполненных контактной роликовой сваркой;

$R_{wz}$  – расчетное сопротивление алюминия в околошовной зоне;

$S$  – статический момент сдвигаемой части сечения брутто относительно нейтральной оси;

$W_x, W_y$  – моменты сопротивления сечения брутто относительно осей соответственно  $x-x$  и  $y-y$ ;

$W_{xn}$  – моменты сопротивления сечения нетто;

$W_{yn}$  – относительно осей соответственно  $x-x$  и  $y-y$ ;

$b$  – ширина;

$e$  – эксцентриситет силы;

$h$  – высота;

$h_{ef}$  – расчетная высота стенки;

$i$  – радиус инерции сечения;

$i_{min}$  – наименьший радиус инерции сечения;

$i_x, i_y$  – радиусы инерции сечения относительно осей соответственно  $x-x$  и  $y-y$ ;

$k_f$  – катет углового шва;

$l$  – длина, пролет, расстояние;

$l_c$  – длина стойки;

$l_{ef}$  – расчетная, условная длина;

$l_d$  – длина раскоса;

$l_w$  – длина сварного шва;

$l_m$  – длина панели пояса фермы или колонны;

$l_x, l_y$  – расчетные длины элемента в плоскостях, перпендикулярных осям соответственно  $x-x$  и  $y-y$ ;

$m$  – относительный эксцентриситеты  $\left( m = \frac{eA}{W_c} \right)$ ;

$m_{ef}$  – приведенный относительный эксцентриситет ( $m_{ef} = m\eta$ );

$\eta$  – коэффициент влияния формы сечения;

$r$  – радиус;

$t$  – толщина;

$t_w$  – толщина стенки;

$\gamma_c$  – коэффициент условий работы;

$\gamma_n$  – коэффициент надежности по назначению;

$\gamma_m$  – коэффициент надежности по материалу;

$\gamma_u$  – коэффициент надежности в расчетах по временному сопротивлению;

$\lambda$  – гибкость  $\left( \lambda = \frac{l_{ef}}{i} \right)$ ;



$\bar{\lambda}$  – условная гибкость ( $\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{\frac{R}{E}}$ );

$\lambda_{ef}$  – приведенная гибкость стержня сквозного сечения;

$\bar{\lambda}_{ef}$  – условная приведенная гибкость стержня сквозного сечения

$$\left( \bar{\lambda}_{ef} = \lambda_{ef} \sqrt{\frac{R}{E}} \right);$$

$\bar{\lambda}_w$  – условная гибкость стенки ( $\bar{\lambda}_w = \frac{h_{ef}}{t} \sqrt{\frac{R}{E}}$ );

$\lambda_x, \lambda_y$  – гибкости элемента в плоскостях, перпендикулярных осям соответственно  $x-x$  и  $y-y$ ;

$\nu$  – коэффициент поперечной деформации алюминия (Пуассона);

$\sigma_{loc}$  – местное напряжение;

$\sigma_x, \sigma_y$  – нормальные напряжения, параллельные осям соответственно  $x-x$  и  $y-y$ ;

$\tau_x, \tau_y$  – касательные напряжения по осям соответственно  $x-x$  или  $y-y$ ;

$\varphi_x, \varphi_y$  – коэффициенты продольного изгиба соответственно относительно осей  $x-x$  или  $y-y$ ;

$\varphi_e$  – коэффициент устойчивости при внецентренном сжатии;

$\varphi_b$  – коэффициент устойчивости при изгибе балок.