ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА СССР
(ГОССТРОЙ СССР)

СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА

Часть II, раздел В

Глава 5

АЛЮМИНИЕВЫЕ КОНСТРУКЦИИ

НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

СНиП II-В.5-64

Заменен СНиП II-24-74
с 1/I-1975 г. см:
БСТ N 10, 1974 г. с. 30.

Москва — 1965

gost.e-ecolog.ru

Издание официальное

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА СССР
(ГОССТРОЙ СССР)

СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА

Часть II, раздел В

Глава 5

АЛЮМИНИЕВЫЕ КОНСТРУКЦИИ

НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

СНиП II-В.5-64

Утверждены
Государственным комитетом по делам строительства СССР
30 сентября 1964 г.

ИЗДАТЕЛЬСТВО ЛИТЕРАТУРЫ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ
Москва—1965

УДК 624.014.7.001.12(083.74)

Глава СНиП II-В. 5-64 «Алюминиевые конструкции. Нормы проектирования» разработана в развитие главы СНиП II-А.10-62 «Строительные конструкции и основания. Основные положения проектирования».

С введением в действие настоящей главы СНиП теряют силу «Технические условия проектирования конструкций из алюминиевых сплавов» (СН 113—60).

Настоящие нормы разработаны Центральным научно-исследовательским институтом строительных конструкций имени В. А. Кучеренко Госстроя СССР и Государственным институтом по проектированию, исследованию и испытанию стальных конструкций и мостов «Проектстальконструкция» Госстроя СССР с использованием материалов организаций Государственного комитета по авиационной технике СССР, Уральского Промстройниипроекта Госстроя СССР, НИИМонтажспецстроя и института Промстальконструкция Госмонтажспецстроя СССР, НИИ мостов и МИИТа Министерства путей сообщения и других организаций.

Редакторы: инж. *В. Г. КРИВОШЕЯ* (Госстрой СССР), д-р техн. наук проф. *С. В. ТАРАНОВСКИЙ* (ЦНИИСК имени КУЧЕРЕНКО), инж. *Г. Д. ПОПОВ* (Проектстальконструкция)

Государственный комитет по делам строительства СССР (Госстрой СССР)	Строительные нормы и правила Алюминиевые конструкции. Нормы проектирования	СНиП II-В.5-64 Взамен СН 113—60

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

1.1. Настоящие нормы распространяются на проектирование алюминиевых[1] конструкций промышленных, гражданских и сельскохозяйственных зданий и сооружений. Нормы распространяются также на проектирование алюминиевых элементов смешанных по материалу конструкций (например, алюминий — сталь).

Примечание. Настоящие нормы проектирования не распространяются на алюминиевые конструкции железнодорожных, автодорожных и городских мостов.

1.2. При проектировании алюминиевых конструкций надлежит выполнять требования настоящей главы и главы СНиП II-А.10-62 «Строительные конструкции и основания. Основные положения проектирования».

Примечание. При проектировании алюминиевых конструкций, находящихся в особых условиях эксплуатации (например, конструкций зданий и сооружений, подвергающихся интенсивным температурным или агрессивным воздействиям; конструкций гидротехнических сооружений; мачт и башен), а также специальных видов конструкций (например, конструкций, к которым предъявляются специальные эстетические требования; трехслойных конструкций панелей из алюминия и пластмасс с клеевыми соединениями; предварительно напряженных; из гнутых профилей и т. п.) должны дополнительно учитываться требования, отражающие особенности условий работы этих конструкций, согласно указаниям соответствующих глав СНиП, издаваемых в развитие настоящих норм специальных инструкций и других нормативных материалов.

1.3. Применение алюминия в конструкциях и деталях зданий и сооружений может предусматриваться в случаях, когда технически и экономически целесообразно:

а) уменьшить вес конструкций и деталей по сравнению с конструкциями из других строительных материалов; сократить объем транспортных и строительно-монтажных работ (особенно при строительстве в отдаленных и труднодоступных районах и соответственно сократить сроки строительства; облегчить монтаж и демонтаж сборно-разборных конструкций; повысить грузоподъемность подъемно-транспортного оборудования или уменьшить мощности его механизмов;

б) уменьшить эксплуатационные расходы за счет повышенной коррозийной стойкости алюминия, особенно в условиях, в которых алюминий является более устойчивым против образования и развития коррозии, чем сталь, железобетон и другие материалы;

в) повысить долговечность конструкций зданий и сооружений при их эксплуатации в районах высокой сейсмичности;

г) улучшить заданные архитектурные качества зданий и сооружений;

д) обеспечить заданные условия эксплуатации помещений;

е) улучшить условия эксплуатации зданий в районах с жарким климатом с использованием высокой отражательной способности алюминия;

ж) повысить надежность эксплуатации конструкций при низких температурах в связи с сохранением в этих условиях постоянных основных механических характеристик алюминия;

з) повысить надежность эксплуатации в особо огнеопасных и взрывоопасных местах вследствие отсутствия искрообразования у алюминия;

и) обеспечить надежность эксплуатации в условиях, требующих исключения магнитных свойств строительных конструкций;

[1] В дальнейшем в тексте норм проектирования алюминиевые сплавы, в том числе и технический алюминий, условно объединены термином «алюминий».

Внесены ЦНИИСК имени Кучеренко Госстроя СССР	Утверждены Государственным комитетом по делам строительства СССР 30 сентября 1964 г.	Срок введения 1 апреля 1965 г.

к) обеспечить надежность эксплуатации в условиях, требующих защиты от тепловых излучений.

Примечание. Огнестойкость строительных алюминиевых конструкций характеризуется пониженной (по сравнению со сталью) температурой плавления алюминия.

1.4. При проектировании алюминиевых конструкций зданий и сооружений в районах, подверженных землетрясениям, в районах распространения грунтов многолетней мерзлоты или в районах с просадочными грунтами, а также для строительства на подрабатываемых территориях надлежит учитывать специальные требования к проектированию и строительству зданий и сооружений в этих районах или на подрабатываемых территориях.

1.5. Алюминиевые конструкции следует проектировать с учетом требований экономии металла, снижения трудоемкости изготовления и монтажа и уменьшения их стоимости. При этом необходимо применять рациональное сочетание алюминия с другими строительными материалами (сталь, железобетон, пластмассы, стекло и т. д.) с задачей обеспечения рационального технико-экономического решения здания и сооружения в целом.

1.6. При проектировании алюминиевых конструкций должны предусматриваться мероприятия по обеспечению их высокой коррозийной стойкости, достигаемой путем выбора марки и состояния алюминия, в наибольшей степени отвечающей условиям эксплуатации; обеспечения соответствующей конструктивной формы; применения при изготовлении технологических способов повышения коррозийной стойкости (плакирование, анодирование).

1.7. Прочность и устойчивость алюминиевых конструкций должны быть обеспечены как в процессе эксплуатации, так и при транспортировке и монтаже.

1.8. При проектировании алюминиевых конструкций должны предусматриваться конструктивные формы, обеспечивающие эффективное использование транспортных средств.

1.9. Применение алюминия предусматривается в конструкциях:

а) ограждающих;

б) совмещающих несущие и ограждающие функции;

в) несущих.

1.10. Примерами применения алюминия в ограждающих конструкциях служат ненагруженные или малонагруженные конструкции кровель, стен, подвесных потолков, оконных переплетов, дверей и др., выполняемых с широким использованием тонкостенных конструкций.

1.11. Примерами алюминиевых конструкций, совмещающих несущие и ограждающие функции, являются:

а) пространственные конструкции покрытий;

б) крупноразмерные кровельные и стеновые панели;

в) крупноразмерные витражи;

г) листовые конструкции различного назначения;

д) конструкции, предназначенные для условий, перечисленных в п. 1.3. «а» — «к».

1.12. Рекомендуемой областью применения алюминия в несущих конструкциях являются:

а) большепролетные конструкции зданий и сооружений, особенно при значительном влиянии собственного веса;

б) подвижные при эксплуатации конструкции;

в) сборно-разборные конструкции;

г) конструкции, возводимые в условиях, перечисленных в п. 1.3, «а», «в», «ж», «з», «и», «к».

2. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ АЛЮМИНИЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ И СОЕДИНЕНИЙ

2.1. Выбор марки и состояния алюминия для конструкций должен производиться исходя из перечисленных ниже условий:

а) характера и интенсивности нагрузки и напряженного состояния элементов конструкций и необходимых механических характеристик материала;

б) требуемой степени коррозийной стойкости;

в) технологичности при изготовлении полуфабрикатов;

г) технологичности при изготовлении строительных конструкций из получаемых полуфабрикатов;

д) возможности выполнения сварных соединений без существенного снижения прочностных показателей по сравнению с показателями основного металла конструкций;

е) возможности удовлетворения заданным эстетическим требованиям.

Перечисленные характеристики в различной степени удовлетворяются различными сплавами. Наиболее высокие прочностные по-

казатели в ряде случаев соответствуют сплавам, характеризуемым невысокой коррозийной стойкостью. Поэтому при выборе материала надлежит исходить из наиболее важных показателей для конструкций определенного назначения.

В зависимости от назначения конструкции и деталей для алюминиевых конструкций должны применяться материалы, обладающие в первую очередь высокими показателями по перечисленным пунктам:

для ограждающих конструкций — высокой коррозийной стойкостью и соответствием заданным эстетическим требованиям;

для конструкций, совмещающих при эксплуатации несущие и ограждающие функции, — высокой коррозийной стойкостью, относительно высокими прочностными характеристиками и удовлетворением заданным эстетическим требованиям;

для несущих конструкций — высокими прочностными характеристиками и относительно высокой коррозийной стойкостью.

2.2. Основными материалами для алюминиевых конструкций являются деформируемые алюминиевые сплавы; помимо этого, могут применяться и литейные алюминиевые сплавы.

Перечень основных систем деформируемых алюминиевых сплавов и их общие характеристики представлены в табл. 1.

Таблица 1

Общая характеристика групп (систем) деформируемого алюминия

№ п/п	Система алюминия	Показатели прочности	Коррозийная стойкость	Технологичность изготовления полуфабриката	Технологичность изготовления конструкций и изделий	Возможность получения прочных сварных соединений[4]	Возможность обеспечения эстетических требований
1	Al технический	н[1]	в	в	в	в	в
2	Al—Mn	н	в	в	в	в	н
3	Al—Mg (магналии)	н—с[2]	с—в	с—в	с—в	в	с—в[2]
4	Al—Mg—Si	с	с—в[2]	в	в	с	в
5	Al—Zn—Mg	в	с	с	с	с—в	н—с[2]
6	Al—Cu—Mg (дуралюмины)	в	н	с	с	н	н
7	Al—Zn—Mg—Cu	в	н	с	с	н	н

[1] н — невысокие показатели; с — средние показатели; в — высокие показатели.

[2] В зависимости от легирования и состояния сплава.

[3] В зависимости от количества меди в сплаве.

[4] Подразумеваются сварные соединения, прочностные показатели которых приближаются к соответствующим показателям основного металла (без термической обработки после сварки).

2.3. Профили, листы и др. (полуфабрикаты) деформируемого алюминия при поставке могут применяться в различных состояниях (видах обработки).

Система обозначения алюминия приведена в табл. 2 и приложении 1.

Таблица 2

Состояние алюминия (виды термической обработки и нагартовки)

№ п/п	Обозначение состояния	Наименование состояния	№ п/п	Обозначение состояния	Наименование состояния
1	М	Отожженное (мягкое)	3	Н	Нагартованное
2	П	Полунагартованное	4	г/к	Горячекатаные листы и плиты

Продолжение табл. 2

№ п/п	Обозначение состояния	Наименование состояния	№ п/п	Обозначение состояния	Наименование состояния
5	Т	Закаленное и естественно состаренное	6	Т1	Закаленное и искусственно состаренное

Примечания: 1. Полунагартовка и нагартовка применяются преимущественно для термически неупрочняемых сплавов.

2. Закалка и старение применяются для термически упрочняемых сплавов.

3. Буквенные обозначения состояния сплава пишутся после марки сплава через дефис (черточку). Примеры обозначения марок сплавов готового проката при различных состояниях сплавов приведены в приложении 1.

2.4. Рекомендуемые марки деформируемого алюминия для выполнения строительных конструкций и их элементов представлены в табл. 3.

2.5. Область применения деформируемого алюминия представлена в табл. 4.

2.6. Виды профилей, листов и т. д. (полуфабрикатов) из деформируемого алюминия (катаных, прессованных и др.), условно объединяемых термином «прокат» (профильный и листовой), представлены в приложении 3. Отступления от данных, приведенных в приложении 3, должны быть согласованы с металлургическими заводами.

2.7. Основным материалом для отливок из алюминиевых литейных сплавов является сплав АЛ8. Помимо алюминиевых сплавов могут применяться стальные отливки из материалов, указанных в СНиП II-В.3-62.

Основным материалом для кованых деталей (например, бобышек) является ковочный сплав средней прочности АК6.

2.8. Сварные соединения в алюминиевых конструкциях могут выполняться различными видами сварки, основными из которых являются:

Таблица 3

Алюминиевые деформируемые сплавы для строительных конструкций

№ п/п	Группа (система)	Наименование	Условное обозначение	Примечание
1	2	3	4	5
1	Al (с примесями до 1 %)	Технический алюминий	АД1	Приведенные в настоящих нормах данные могут быть распространены и на технический алюминий АД
2	Al—Mn	Алюминиевомарганцевый сплав	АМц	—
3	Al—Mg	Алюминиевомагниевый сплав (магналий с 2,5% Mg)	АМг	Приведенные в настоящих нормах данные, за исключением оговоренных, могут быть распространены и на сплав АМг3 (магналий с 3,5 % Mg), который может заменять АМг
4	Al—Mg	Алюминиевомагниевый сплав (магналий с 5% Mg)	АМг5	Приведенные в настоящих нормах данные могут быть распространены и на сплав АМг5В, который может заменять АМг5
5	Al—Mg	Алюминиевомагниевый сплав (магналий с 6% Mg)	АМг6	
6	Al—Mg	То же	АМг61	
7	Al—Mg—Si	Сплав повышенной пластичности и коррозийной стойкости	АД31	
8	Al—Mg—Si	То же	АД33	
9	Al—Mg—Si	»	АД35	
10	Al—Mg—Si	Авиаль (сплав с повышенной пластичностью и коррозийной стойкостью)	АВ	
11	Al—Zn—Mg	Самозакаливающийся свариваемый сплав	В92	
12	Al—Cu—Mg	Дуралюмин средней прочности	Д1	
13	Al—Cu—Mg	Дуралюмин конструкционный повышенной прочности, теплопрочный	Д16	

Продолжение табл. 3

№ п/п	Группа (система)	Наименование	Условное обозначение	Примечание
1	2	3	4	5
14	Al—Zn—Mg—Cu	Высокопрочный сплав	В95	Требуется повышенное внимание к конструктивной форме, снижению влияния концентрации напряжений и тщательной отработке всего процесса изготовления конструкций

Примечания: 1. Сплав АВ при его применении в конструкциях, требующих повышенной коррозийной стойкости, не должен содержать свободного кремния (помимо находящегося в соединении Mg_2Si). Помимо этого, рекомендуется ограничить содержание меди в пределах до 0,1%. В целях повышения коррозийной стойкости рекомендуется применять сплав АВ в состоянии АВ-Т, либо заменять АВ-Т1 на АД33-Т1 или АД35-Т1.

2. Перечень действующих ГОСТов и технических условий на алюминий приведен в приложении 2.

3. Применение вторичного алюминия допускается лишь в нерабочих элементах.

Таблица 4

Рекомендуемые материалы (основной металл) для алюминиевых конструкций различного назначения

№ п/п	Назначение конструкции	Необходимые характеристики		Рекомендуемые алюминиевые материалы при заводских соединениях	
		прочностные	коррозийной стойкости	сварных	заклепочных и болтовых
1	Ограждающие	Невысокие	Высокие	АД1-М, АМц-М, АМг-М, АД31-Т	
2	Совмещающие несущие и ограждающие функции	»	»	АМц-М, АМг-М, АД31-Т и АВ-М	
3		Средние	»	АМц-П, АМг-П, АД31-Т, АД31-Т1, АД33-Т, АД35-Т, АВ-Т	
4		Высокие	»	АМг5-М, АД33-Т1, АД35-Т	
5	Несущие	Средние	Невысокие	—	Д1-Т
6	»		Средние и высокие	АМг5-М, АМг6-М, АД33-Т1, АВ-Т1	АМг5-М, АМг6-М, АД33-Т1, АВ-Т1
7	»	Высокие	Невысокие	—	Д16-Т, В95-Т1
8	»		Средние и высокие	АМг61-М, В92-Т	АД35-Т1, В92-Т

Примечания: 1. Марки и состояния, наиболее перспективные для применения строительных конструкций, подчеркнуты.

2. Дополнительные данные по коррозийной стойкости приведены в приложении 10.

а) механизированная (автоматическая или полуавтоматическая) или ручная электродуговая сварка в защитной среде инертных газов с применением неплавящегося вольфрамового электрода и подачей присадочной проволоки;

б) механизированная электродуговая сварка в защитной среде инертных газов с применением плавящегося электрода;

в) электрическая контактная сварка;

г) автоматическая сварка по слою флюса (полуоткрытой дугой);

д) газовая сварка.

При выполнении сварных соединений по пп. «а» и «б» в качестве электродного и присадочного материала следует применять:

в конструкциях из технического алюминия — проволоку из того же материала;

в конструкциях из сплава АМц — проволоку из того же сплава;

в конструкциях из сплавов магналия — АМг, АМг3, АМг5, АМг6, АМг61 — проволоку из сплава основного металла или из магналия с более высоким содержанием магния (по сравнению с основным металлом);

в конструкциях из сплавов системы алюминий — магний — кремний — проволоку из сплава свАК3, свАК5, свАК10 и свАК12;

в конструкциях из сплава В92 — проволоку из того же сплава свВ92 или из сплава свАК5.

Указания по маркам электродов и присадочному материалу приведены в табл. 11 и 12.

2.9. Для заклепок, поставленных в холодном состоянии, следует применять материалы, указанные в табл. 5.

2.10. В алюминиевых конструкциях применяют:

а) болты повышенной точности, выполняемые из алюминия (табл. 5) и стали;

Таблица 5

Алюминий (алюминиевые деформируемые сплавы) для заклепок и болтов

№ п/п	Группа (система)	Наименование	Условное обозначение	Примечание
		А. Для заклепок		
1	Al (с примесями до 1 %)	Технический алюминий	АД1	Нагартованные заклепки АД1-Н
2	Al—Mn	Алюминиевомарганцевый сплав	АМц	Термически неупрочняемые заклепки
3	Al—Mg	Алюминиевомагниевый сплав (магналий с 5 % Mg)	АМг5п	Отожженные заклепки АМг5п-М
4	Al—Mg	Алюминиевомагниевый сплав (магналий с 2,5% Mg)	АМг	Термически неупрочняемые заклепки
5	Al—Mg—Si	Сплав повышенной пластичности и коррозийной стойкости	АД33	Закаленные и искусственно состаренные заклепки (АД33-Т1)
6	Al—Mg—Si	То же	АВ	То же (АВ-Т1)
7	Al—Cu—Mg	Дуралюминиевый заклепочный сплав повышенной пластичности	Д18п	В состоянии поставки (без термической обработки) для «сырых» заклепок (Д18п) и закаленные и естественно состаренные для заклепок с термической обработкой (Д18-Т)
8	Al—Cu—Mg	Дуралюминиевый заклепочный сплав повышенной прочности	В65	Закаленные и естественно состаренные заклепки (В65-Т)
9	Al—Zn—Mg—Cu	Высокопрочный заклепочный сплав	В94	Закаленные и искусственно состаренные заклепки (В94-Т1)
		Б. Для болтов		
10		АМг5п, АД33-Т1, АВ-Т1, Д18-Т, В65-Т, Д16-Т и В94-Т1		

Примечание. В условиях возможного образования коррозии в целях повышения коррозийной стойкости не следует допускать значительное расхождение в содержании меди в основном металле и металле заклепок.

б) болты нормальной точности стальные и алюминиевые;

в) болты с обжимными кольцами (лок-болты); материалом для закладного стержня с головкой служат алюминиевые сплавы средней и высокой прочности и стали; для замыкающей части (обжимного кольца) — алюминиевые сплавы повышенной пластичности;

г) высокопрочные стальные болты.

Данные по маркам алюминия для болтов приведены в табл. 5; для стальных болтов — в СНиП II-В.3-62.

Примечание. В целях предотвращения гальванической коррозии применяемые в алюминиевых конструкциях стальные болты должны быть тщательно кадмированы или оцинкованы.

2.11. Наряду с перечисленными в настоящем параграфе материалами для элементов алюминиевых строительных конструкций и их соединений могут применяться при соответствующем обосновании и другие марки и состояния алюминия.

3. РАСЧЕТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ И СОЕДИНЕНИЙ

3.1. Расчетные сопротивления деформируемого алюминия, отливок, сварных, заклепочных и болтовых соединений при температурах металла в интервале от —40 до +50° С следует принимать по табл. 6—8 и 11—18.

В необходимых случаях табличные расчетные сопротивления уточняются умножением на коэффициенты условий работы конструкций и их элементов по данным п. 3.16 и на коэффициенты, учитывающие влияние изменения температуры по указаниям п. 3.15.

Примечания: 1. Расчетные сопротивления, приведенные в табл. 6 и 7, получены как произведение (с округлением) установленных в главе СНиП II-А.10-62 нормативных сопротивлений и коэффициентов однородности.

2. Для заклепочных и болтовых соединений (табл. 16—18) расчетные сопротивления растяжению и срезу принимаются по материалу заклепок или болтов; расчетные сопротивления смятию — по марке алюминия соединяемых элементов конструкций.

Таблица 6

Основные расчетные сопротивления R (растяжение, сжатие, изгиб) в кг/см² для деформируемых алюминиевых сплавов, не упрочняемых термической обработкой

№п/п	Вид полуфабриката	Толщина в мм	Значение R для марок и состояний алюминиевых сплавов								
			АД1-М	АМц-М	АМц-П	АМг-М	АМг3-М	АМг-П АМг3-П	АМг5-М	АМг6-М	АМг6l-М
1	Листы	0,5—4	250	400	1000	700	800	1400	1300	1400	1600
		5—10	250	400	1000	700	800	1400	1100	1400	1600
2	Плиты	—	250	400	1000	700	700	1200	1000	1400	1600
3	Прутки	—	250	400	1000	700	700	1200	1000	1400	1800
4	Профили	—	250	400	1000	700	700	1200	1000	1400	1800
5	Трубы	—	250	400	1000	700	700	1200	1300	1400	1800
6	Поковки и штамповки	—	250	400	1000	600	600	1100	1000	1400	1600

Примечание. Приведенные значения R соответствуют температуре металла в интервале от—40 до+50°С.

Таблица 7

Основные расчетные сопротивления R (растяжение, сжатие и изгиб) в кг/см² для деформируемых алюминиевых сплавов, упрочняемых термической обработкой

№ п/п	Вид полуфабриката	Размеры в мм		Значения R для марок и состояний												
		толщина	диаметр	АД31-Т	АД31-Т1	АД33-Т	АД33-Т1	АД35-Т	АД35-Т1	АВ-М*	АВ-Т	АВ-Т1	В92-Т	Д1-Т	Д16-Т	В95-Т1
1	Листы	0,5—4	—	700	1200	950	1600	1000	1700	700	1100	1700	1900	1600**	2400**	2900
		5—10	—	700	1200	950	1600	1000	1700	700	1000	1700	1900	1600**	2400**	3000**

Продолжение табл. 7

№ п/п	Вид полуфабриката	Размеры в мм		Значения R для марок и состояний												
		толщина	диаметр	АД31-Т	АД31-Т1	АД33-Т	АД33-Т1	АД35-Т	АД35-Т1	АВ-М*	АВ-Т	АВ-Т1	В92-Т	Д1-Т	Д16-Т	В95-Т2
2	Плиты	10,1—25 26—40	—	700	1200	950	1600	1000	1700	700	1000 900	1700 1600	1900	1900 1800**	2400**	2900**
3	Прутки	—	Любой	700	1200	950	1600	1000	1900	700	1000	1700	2600	1850	2300	3000
4	Профили	⩽10 10,1—20 20,1—40	—	700	1200	950	1600	1000	1900	700	1000	1700	2400 2500 2600	1850 1950 2100	2500 2600 2700	3000 3200 3400
5	Трубы	—	⩽120 >120	700	1200	950	1600	1000	1900	700	1150	1750	2400	1700 1850	2200 2300	3000
6	Поковки и штамповки	—	—	700	1200	950	1600	1000	1700	700	1000	1600	—	1600	—	3000

* Без термической обработки.
** Листы и плиты плакированные (см. п. 3.3).

3.2. Расчетные сопротивления материалов и соединений, приведенные в табл. 6, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 и 18, понижаются умножением на соответствующие коэффициенты условий работы (табл. 20).

В необходимых случаях для специальных сооружений расчетные сопротивления понижаются или повышаются умножением на коэффициенты условий работы конструкций, устанавливаемые специальными инструкциями.

3.3. При применении листовых полуфабрикатов с плакировкой, суммарная толщина которой превышает 4% общей толщины листа, приведенное расчетное сопротивление листового полуфабриката определяется по формуле

$$R_{пр} = p_п R_п + (1 - p_п) R_{ср}, \qquad (1)$$

где $R_{пр}$ — приведенное расчетное сопротивление листового полуфабриката;

$p_п$ — общая толщина плакирующих слоев (в долях от общей толщины плакированного листа);

$R_{ср}$ — расчетное сопротивление средней (основной) части плакированного листа, принимаемое по данным таблиц 6 и 7;

$R_п$ — расчетное сопротивление металла плакирующих слоев (см. табл. 6 и 7).

3.4. Расчетные сопротивления растяжению для листовых конструкций, эксплуатация которых возможна и после достижения металлом условного предела текучести для алюминия, следует принимать по табл. 8.

Таблица 8

Расчетные сопротивления растяжению в кг/см² алюминия (для элементов конструкций), установленные из условия достижения металлом временного сопротивления разрыву

№ п/п	Наименование металла	Расчетное сопротивление в кг/см² (по табл. 6 и 7)	Расчетные сопротивления разрыву в кг/см², устанавливаемые из условия достижения металлом временного сопротивления
1	АД1-М	250	380
2	АМц-М	400	500
3	АМг-М	700	850
4	АМг3-М	800	1000
5	АМг5-М	1000—1300	1350—1450
6	АМг6-М	1400	1600
7	АМг61-М	1600—1800	1800
8	АД31-Т	700	850
9	В92-Т	1900—2600	2000—2600

Таблица 9

Коэффициенты перехода от основных расчетных сопротивлений R к производным расчетным сопротивлениям алюминиевых сплавов в элементах конструкций

№ п/п	Вид напряженного состояния	Коэффициент перехода	
		для деформируемого алюминия	для отливок из сплава АЛ8 и кованых деталей из сплава АК6
1	Растяжение, сжатие и изгиб	1*	1**
2	Срез	0,6	0,6
3	Смятие торцовой поверхности (при наличии пригонки)	1,5	1,5
4	Смятие местное при плотном касании . . .	0,75	0,75
5	Диаметральное сжатие катков при свободном касании	0,03	0,03

* Значения R принимаются по табл. 6 и 7.

** Основное расчетное сопротивление для отливок из сплава АЛ8 принимается равным 1400 *кг/см²*. Основное расчетное сопротивление для кованых деталей из сплава АК6 принимается равным 2000 *кг/см²*.

3.5. Расчетные сопротивления сварных соединений определяются в зависимости от:

а) прочностных показателей металла в зоне термического влияния;

б) прочностных показателей сварных швов;

в) деформативности сварных соединений.

При расчете на прочность основного элемента без стыка из алюминия, к которому прикрепляются с помощью сварки поперечные элементы, должно учитываться местное ослабление основного элемента, определяемое наличием зоны термического влияния (табл. 11 и 12).

3.6. Величина зоны термического влияния для сварных стыковых соединений приведена в табл. 10.

Таблица 10

Величины зон термического влияния для сварных стыковых соединений из алюминиевых деформируемых сплавов

№ п/п	Система алюминия	Марка металла	Состояние металла	Способ аргонодуговой сварки	Ширина зоны термического влияния в толщинах свариваемых материалов (в каждую сторону от оси шва)
1	Технический алюминий	АД1	М	Любой	Не учитывается
2	То же	АД1	П	»	3,5 δ
3	Алюминий—марганец	АМц	М	»	Не учитывается
4	То же	АМц	П	»	3,5 δ
5	Алюминий—магний	АМг АМг5 АМг6 АМг61	М	»	Не учитывается
6	То же	То же	П	»	3,5 δ
7	Алюминий—магний—кремний	АД31 АД33 АД35 АВ	Т и Т1	Вольфрамовым электродом	7 δ*

Продолжение табл. 10

№ п/п	Система алюминия	Марка металла	Состояние металла	Способ аргоно-дуговой сварки	Ширина зоны термического влияния в толщинах свариваемых материалов (в каждую сторону от оси шва)
8	Алюминий—магний—кремний	АВ	Т и Т1	Плавящимся электродом	3,5 δ*
9	Алюминий—цинк—магний	В92	Т	Вольфрамовым электродом	При толщине не выше 4 *мм*—не учитывается; при толщине более 4 *мм*—9δ**
10	Алюминий—цинк—магний	В92	Т	Плавящимся электродом	Не учитывается

*Максимальное разупрочнение металла имеет место на расстоянии от оси шва 1,5δ—2 δ (толщины листа);
** То же, 3δ—3,5 δ.

Таблица 11

Расчетные сопротивления $R^{св}$ в *кг/см²* металла сварных соединений и швов, выполненных аргоно-дуговой сваркой (алюминий, не упрочняемый термической обработкой)

Вид сварных швов	Вид напряженного состояния	Условное обозначение	Расчетные сопротивления $R^{св}$ в *кг/см²* в элементах из алюминия марок АД1	АМц	АМг	АМг3	АМг5	АМг6	АМг-61
			при сварке с применением электродной или присадочной проволоки марки АД1	свАМц	свАМг3	свАМг5	свАМг5, свАМг6, АМг61	свАМг6, АМг61, свАМг7	АМг61, свАМг7
Соединения в стык	Сжатие, растяжение, изгиб	$R^{св}_с$, $R^{св}_р$, $R^{св}_и$	250	400	700	700	1100	1400	1600
Швы в стык	Срез	$R^{св}_{ср}$	150	250	450	450	650	850	1000
Угловые швы	»	$R^{св}_у$	200	300	500	500	600	700	800

Таблица 12

Расчетные сопротивления $R^{св}$ в *кг/см²* металла сварных соединений и швов, выполненных аргоно-дуговой сваркой (алюминий, упрочняемый термической обработкой)

Вид сварных швов	Вид напряженного состояния	Условное обозначение	Расчетные сопротивления $R^{св}$ в *кг/см²* в элементах из алюминия марок АД31-Т	АД31-Т1	АД33-Т, АД35-Т, АВ-Т	АД33-Т1, АД35-Т1, АВ-Т1			В92-Т			
						при толщине металла в *мм*						
						⩽3	4—10	11—25	⩽4	5—12	⩽4	5—12
			при сварке с применением электродной или присадочной проволоки марки									
			свАК3 свАК5	свАК10, свАК12		свАК5, свАК10, свАК12			свВ92		свАК5	
Соединения в стык	Сжатие, растяжение, изгиб: а) при сварке плавящимся электродом (автоматическая и полуавтоматическая)	$R^{св}_с$, $R^{св}_р$, $R^{св}_и$	700	800	1000	—	1100	900	—	1700	—	1500

Продолжение табл. 12

Вид сварных швов	Вид напряженного состояния	Условное обозначение	Расчетные сопротивления $R^{св}$ в *кг/см²* в элементах из алюминия марок									
			АД31-Т	АД31-Т1	АД33-Т, АД35-Т, АВ-Т	АД33-Т1, АД35-Т1, АВ-Т1			В92-Т			
						при толщине металла в *мм*						
						⩽3	4—10	11—25	⩽4	5—12	⩽4	6—12
			при сварке с применением электродной или присадочной проволоки марки									
			свАК3, свАК10, свАК5, свАК12			свАК5, свАК10, свАК12			свВ92		свАК5	
Соединения в стык	Сжатие, растяжение, изгиб: б) при сварке вольфрамовым электродом (ручная и механизированная)	$R^{св}_{с}$, $R^{св}_{р}$ $R^{св}_{и}$	700	800	1000	1100	900	—	1700—1900*	1500—1900**	1600	1500
Швы в стык	Срез	$R^{св}_{ср}$	400	500	600	650	600	550	1000	1000	900	900
Угловые швы	„	$R^{св}_{у}$	400	450	500	550	550	550	900	900	700	700

* Для сварных элементов длиной не менее 50 *см* $R^{св} = 1900$ *кг/см²*; для элементов длиной менее 50 *см* $R^{св} = 1800$ *кг/см²*.

** Для сварных элементов длиной не менее 350 *см* $R^{св} = 1900$ *кг/см²*; для элементов длиной не менее 200 *см* $R^{св} = 1800$ *кг/см²*.

Примечания: 1. Под длиной сварного элемента подразумевается длина элементов конструкций, соединенных поперечным стыковым швом, или расстояние между двумя стыковыми швами, расположенными перпендикулярно действующей нагрузке.

2. Расчетные сопротивления сварных соединений термически упрочняемых сплавов могут быть значительно повышены путем повторной термической обработки (после сварки соединения). Для сплавов Al—Mg—Si после повторной полной термической обработки $R^{св} = 0{,}9\,R$, для сплава В92-Т $R^{св} = R$ (при сварке проволокой свВ92), где R — основное расчетное сопротивление, определяемое по табл. 7.

3.7. Расчетные сопротивления $R^{св}$ сварных соединений, выполненных аргоно-дуговой сваркой, приведены в табл. 11 и 12.

Примечание. Величины расчетных сопротивлений относятся к сварным соединениям, качество которых, помимо наружного осмотра и измерения швов, контролируется физическими методами (рентгено- или гамма-графированием, ультразвуковой дефектоскопией и др.).

3.8. Расчетные сопротивления основного металла при расчете на прочность элементов, присоединенных внахлестку к фасонкам с помощью угловых фланговых швов, должны приниматься по значению расчетных сопротивлений, приведенных в табл. 6 и 7, умноженному на коэффициент ослабления K_0 по табл. 13.

Таблица 13

Коэффициенты K_0, учитывающие влияния прикрепления угловыми швами на расчетные сопротивления основного металла прикрепленного элемента и значения K_0R (только в местах прикрепления)

№ п/п	Марка и состояние алюминия	Вид полуфабриката	Минимальное значение в *кг/см²* (по табл. 6 и 7)	Способ аргоно-дуговой сварки	Значение коэффициента K_0	Значение K_0R в *кг/см²*
1	АМг61	Лист	1600	Любой	1	1600
		Прессованный профиль	1800	»	0,9 1*	1600 1800

Продолжение табл. 13

№ п/п	Марка и состояние алюминия	Вид полуфабриката	Минимальное значение в *кг/см²* (по табл. 6 и 7)	Способ аргоно-дуговой сварки	Значение коэффициента K_0	Значение K_0R в *кг/см²*
2	АД33-Т1, АД35-Т1, АВ-Т1	Лист	1600	Вольфрамовым электродом**	0,5 0,7*	800 1150
				Плавящимся электродом***	0,7 0,8*	1150 1300
		Прессованный профиль		Вольфрамовым электродом**	0,5 0,6*	800 1000
				Плавящимся электродом***	0,7 0,8*	1150 1300
3	В92-Т	Лист	1900	Вольфрамовым электродом	0,8 0,95*	1500 1800
				Плавящимся электродом	0,9	1700

* При применении дополнительных усиливающих элементов (см. п. 10.15).
** Рекомендуется применять только для сварки тонкостенных ($\delta \leqslant 4$ *мм*) элементов, когда способ сварки плавящимся электродом неприменим.
*** Для элементов с соотношением ширины к толщине менее 10 K_0 принимается равным 0,55.

3.9. Расчетные сопротивления металла алюминиевых элементов, соединяемых по длине швом, параллельным действующей продольной силе, должны приниматься по значениям расчетных сопротивлений для стыковых соединений (табл. 11 и 12).

3.10. Расчетные сопротивления на срез соединения, выполненного контактной точечной сваркой, определяются прочностными показателями одной точки и расположением точек в соединении.

Расчетное сопротивление одной сварной точки $R^{точки}$ зависит от толщины, марки и состояния алюминия соединяемых элементов, качества подготовки поверхности соединяемых элементов под сварку, диаметра ядра сварной точки, типа контактной точечной машины и режима сварки (величины сварочного тока, длительности его протекания, величины сварочного и ковочного усилий электродов и их радиуса сферы контактной поверхности).

Данные по расчетным сопротивлениям на срез одной точки, выполненной на машинах с импульсом постоянного тока, представлены в табл. 14.

3.11. Расчетные сопротивления на отрыв одной точки, выполненной контактной точечной сваркой, также зависят от перечисленных в п. 3.10 факторов. Значения расчетного сопротивления на отрыв одной точки и данные по расчетным сопротивлениям клеесварных соединений приведены в табл. 15.

Таблица 14

Расчетные сопротивления $R^{точки}$ сварных точек на срез в соединениях элементов, выполненных контактной точечной сваркой на машинах с импульсом постоянного тока

Толщина наиболее тонкого из двух свариваемых элементов в *мм*	Значение $R^{точки}$ в *кг/точку* для алюминия марок			
	АД1-М, АМц-М, АД31-Т и АВ-М	АМг-М, АМг3-М, АД33-Т, АД35-Т, АВ-Т	АМг5-М, АМг6-М, АД31-Т1, АД33-Т1, АД35-Т1, АВ-Т1	АМг61-М, В92-Т, Д1-Т, Д16-Т, В95-Т1
0,8	70	80	90	100
1	90	100	120	140
1,2	110	130	160	190
1,5	140	170	210	250
2	190	240	290	350
2,5	250	320	390	460
3	310	400	500	600
4	490	700	900	1100

Примечание. Допускается экспериментальное определение расчетных сопротивлений $R^{точки}$. При этом расчетное сопротивление сварной точки принимается равным 50% от определенного экспериментально минимального предела прочности точки.

Таблица 15

Расчетные сопротивления сварных и клеесварных точечных соединений элементов из алюминия, выполненных на машине типа МТПТ с импульсом постоянного тока

Марки свариваемых сплавов	Толщина свариваемого элемента в *мм*	Тип соединения	Минимальный диаметр сварочной точки в *мм*	Расчетные сопротивления $R_{точки}$ на срез в *кг/точку*[1]	Отношение расчетного сопротивления на срез без клея и расчетного сопротивления клеесварного соединения в %	Расчетные сопротивления на отрыв в *кг/точку*[1]	Отношение расчетного сопротивления на отрыв соединения без клея и расчетного сопротивления клеесварного соединения в %
АМг6-М+АМг-М	2+1	Сварные	5	135	67	50	91
АМг6-М+АМг-М	2+1	Клеесварные (по жидкому клею ЭПЦ)	5	200		55	
АМг6-М+АМг-П	2+1	Сварные	5	140	68	57	92
АМг6-М+АМг-П	2+1	Клеесварные (по жидкому клею ЭПЦ)	5	205		62	
АМг6-М+АМг-П	2+1,5	Сварные	6	245	63	110	91
АМг6-М+АМг-П	2+1,5	Клеесварные (по жидкому клею ЭПЦ)	6	385		120	

[1] Ширина нахлестки в одноточечных клеесварных образцах 25×25 *мм*.

Таблица 16

Расчетные сопротивления $R^{закл}_{ср}$ в *кг/см²* для заклепок, поставленных в холодном состоянии (в сверленые отверстия)

№ п/п	Материал заклепок	Состояние заклепки	Значения $R^{закл}_{ср}$ для заклепок
1	АД1	Нагартованное	350
2	АМц	То же	400
3	АМг	»	700
4	АМг5п	Отожженное	1000
5	АД33	Т1—закаленное и искусственно состаренное . . .	1000
6	АВ	Т1—закаленное и искусственно состаренное	1000

Продолжение табл. 16

№ п/п	Материал заклепок	Состояние заклепки	Значения $R^{закл}_{ср}$ для заклепок
7	Д18п	В состоянии поставки («сырые заклепки»)	1000
8	Д18п	Т—закаленное и естественно состаренное	1100
9	В65	То же	1450
10	В94	Т1—закаленное и искусственно состаренное	1700

Примечания: 1. Постановка заклепок в продавленные отверстия не допускается.

2. При заклепках с потайными или полупотайными головками расчетные сопротивления заклепочных соединений снижаются на 20%. Работа указанных заклепок на растяжение не учитывается.

3.12. Расчетные сопротивления для соединений на заклепках, поставленных в холодном состоянии, при расчете на срез $R_{ср}^{закл}$ представлены в табл. 16 и при расчете на смятие $R_{см}^{закл}$ в табл. 18. Расчетные сопротивления заклепок на растяжение (отрыв головки) $R_{отр}^{закл}$ определяются прочностью на скалывание (срез) заклепочных головок по поверхности, определенной диаметром стержня заклепки и высотой скалываемой части головки заклепки (см. п. 8.5).

3.13. Расчетные сопротивления болтовых соединений растяжению и срезу приведены в табл. 17.

Таблица 17

Расчетные сопротивления $R_р^б$ и $R_{ср}^б$ в *кг/см²* на растяжение и срез болтов

№ п/п	Вид болтовых соединений	Вид напряженного состояния	Условное обозначение	Расчетные сопротивления					
				АМг5п	АД33-Т1, АВ-Т1	Д18п-Т	В65-Т	Д16-Т	В94-Т1
1	Болты чистые и получистые (повышенной точности)	Растяжение	$R_р^б$	1250	1600	1450	2000	2000	2500
		Срез	$R_{ср}^б$	900	950	950	1300	1300	1500
2	Болты черные (нормальной точности)	Растяжение	$R_р^б$	1250	1600	1450	2000	2000	2500
		Срез	$R_{ср}^б$	800	850	850	1150	1150	1350

Примечания: 1. Расчетное сопротивление на растяжение болтов с обжимными кольцами принимается равным 0,9 от расчетного сопротивления на срез.

2. Расчетное сопротивление на срез болтов с обжимными кольцами принимается равным расчетным сопротивлениям заклепок из соответствующего материала.

3.14. Расчетные сопротивления $R_{см}^{закл}$ смятию (выкалыванию) на заклепках и $R_{см}^б$ на болтах следует принимать по табл. 18.

Таблица 18

Расчетные сопротивления $R_{см}^{закл}$ и $R_{см}^б$

№ п/п	Основной материал	$R_{см}^{закл}$ в *кг/см²*	$R_{см}^б$ в *кг/см²*
1	АД1-М	400	350
2	АМц-М	600	550
3	АМц-П	1600	1450
4	АМг-М и АМг3-М	1100	1050
5	АМг-П и АМг3-П	1900	1750
6	АМг5-М	1900	1750
7	АМг6-М	2200	2000
8	АМг61-М	2500	2300
9	АД31-Т	1100	1000
10	АД31-Т1	1900	1750
11	АД33-Т	1400	1250
12	АД33-Т1	2500	2300
13	АД35-Т	1400	1300
14	АД35-Т1	2700	2550
15	АВ-М	1100	1000
16	АВ-Т	1600	1450
17	АВ-Т1	2700	2550

Продолжение табл. 18

№ п/п	Основной материал	$R_{см}^{закл}$ в *кг/см²*	$R_{см}^б$ в *кг/см²*
18	В92-Т	3000	2800
19	Д1-Т	2600	2300
20	Д16-Т	3800	3500
21	В95-Т1	4600	4200

Примечания: 1. Приведенные в табл. 18 данные относятся к соединениям, в которых заклепки поставлены в сверленые отверстия. Постановка заклепок в продавленные отверстия не допускается.

2. Приведенные в таблице данные по болтам даны для болтов, поставленных на расстоянии $2d$ от оси болта до края элемента. При сокращении этого расстояния до $1{,}5d$ приведенные расчетные сопротивления должны понижаться на 40%.

3. Расчетные сопротивления для высокопрочных болтов приведены в пп. 8, 9.

3.15. При работе конструкций и соединений из алюминия при температурах металла ниже —40° С или свыше 50° С расчетные сопротивления, приведенные в табл. 6, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 и 18, должны быть умножены на коэффициент $K_т$, приведенный в табл. 19.

Таблица 19

Коэффициенты $K_т$, учитывающие влияние изменения температуры на расчетные сопротивления

№ п/п	Марка металла	Значения коэффициента $K_т$ при температуре металла в конструкции в °С		
		−70	от −40 до +50	+100
1	АД1 и АМц	1	1	0,8
2	АМг, АМг5В, АМг6, АМг61	1,05	1	0,85
3	АД31, АД33, АД35 и АВ	1,1	1	0,85
4	В92 и В95	1,05	1	0,9
5	Д1 и Д16	1,05	1	0,95

Примечания: 1. При температуре свыше 100° С должны учитываться другие значения $K_т$, меньшие приведенных для $t=100°$ С, или применяться теплопрочные сплавы, например ВД17, Д19, М40, Д20, Д21 и др.

2. Приведенные значения коэффициентов $K_т$ не зависят от состояния сплава (например, М, Т и Т1).

3. Коэффициенты $K_т$, отличные от единицы, учитываются лишь при совпадении (по времени действия) максимальной нормативной нагрузки с соответствующими температурами, указанными в табл. 20. При отсутствии такого совпадения значения $K_т$ принимаются равными единице.

4. При установлении коэффициентов $K_т$ должна дополнительно учитываться ожидаемая непрерывная продолжительность выдержки (действия) нагрузки. При непрерывном действии нормативной нагрузки в течение не менее 10 тыс. *ч* и совпадении этой нагрузки с температурой металла в пределах от 50 до 100° С приведенные значения коэффициентов $K_т$ должны быть умножены на 0,9, т. е. снижены на 10%.

5. При действии нормативной нагрузки, составляющей не менее 0,9 расчетной, непрерывно действующей в течение не менее двух лет, приведенные значения коэффициентов $K_т$ должны быть снижены на 10%.

6. При промежуточных значениях температуры данные должны приниматься по интерполяции.

3.16. При расчете элементов и соединений алюминиевых конструкций приведенные в табл. 6—8, 11, 12, 13, 14—18 расчетные сопротивления должны умножаться на коэффициенты условий работы m, принимаемые по табл. 20.

3.17. Расчетные значения физических величин для алюминия всех марок приведены в табл. 21.

3.18. Удельные веса алюминия приведены в табл. 22.

Таблица 20

Коэффициенты m условий работы элементов алюминиевых конструкций

№ п/п	Наименование элементов конструкций	m
1	Корпуса и днища резервуаров	0,8
2	Колонны гражданских зданий и опор водонапорных башен	0,9
3	Сжатые элементы решетки плоских ферм при гибкости $\lambda \leqslant 50$ . .	0,9
	То же, при $\lambda > 50$	0,75
4	Сжатые раскосы пространственных решетчатых конструкций из одиночных уголков, прикрепляемых к поясам одной полкой:	
	а) при помощи сварных швов или двух и более заклепок, поставленных вдоль уголка	0,75
	б) при помощи одного болта или одной заклепки	0,6
5	Сжатые элементы из одиночных уголков, прикрепляемые одной полкой (для неравнобоких уголков только узкой полкой), за исключением элементов конструкций, указанных в п. 4 настоящей таблицы, и плоских ферм из одиночных уголков	0,6

Примечания: 1. Коэффициенты условий работы, установленные в пп. 3 и 5 табл. 20, одновременно не учитываются.

2. Коэффициенты условий работы, установленные в пп. 3 и 4 табл. 20, не распространяются на крепления соответствующих конструкций в узлах.

3. Для сжатых раскосов пространственных решетчатых конструкций из одиночных уголков при треугольной решетке с распорками (см. далее рис. 7, *а*) коэффициент условий работы не учитывается.

4. При больших эксцентрицитетах сжатые элементы из одиночных уголков должны рассчитываться как элементы, подверженные действию осевой силы с изгибом.

Таблица 21

Физические характеристики алюминия

№ п/п	Физическая величина	Условные обозначения	Единицы измерения	Числовые значения
1	Модуль продольной упругости в *кг/см²*, действительный при температуре:			
	от — 40 до +50°С	E	*кг/см²*	710 000
	— 70°С			750 000
	+ 100°С			650 000
2	Модуль сдвига в *кг/см²*, действительный при температуре:			
	от —40 до + 50°С	G	"	270 000
	— 70°С			280 000
	+ 100°С			260 000
3	Коэффициент Пуассона	μ	—	0,3
4	Коэффициент линейного расширения, действительный при температуре металла от —70 до + 100°С . .	α	—	0,000023
5	Среднее значение удельного веса	γ	*г/см³*	2,7

Примечание. При промежуточных значениях температуры данные по величинам E и G должны приниматься по интерполяции.

4. РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ АЛЮМИНИЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСЕВЫЕ СИЛЫ И ИЗГИБ

ЦЕНТРАЛЬНО-СЖАТЫЕ И ЦЕНТРАЛЬНО-РАСТЯНУТЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

4.1. Прочность элементов, подверженных центральному растяжению или сжатию силой N, проверяется по формуле

$$\frac{N}{F_{нт}} \leqslant R, \qquad (2)$$

где R — расчетное сопротивление алюминия растяжению и сжатию;

$F_{нт}$ — площадь сечения элементов нетто.

4.2. Устойчивость центрально-сжатых элементов проверяется по формуле

$$\frac{N}{\varphi F} \leqslant R, \qquad (3)$$

где φ — коэффициент продольного изгиба, принимаемый по приложению 4 в функции от наибольшей гибкости λ;

F — площадь сечения элемента брутто.

4.3. Стержни из одиночных уголков рассчитываются на центральное растяжение по п. 4.1 и на центральное сжатие по п. 4.2.

При определении гибкости этих стержней радиус инерции сечения уголка r принимается:

а) если стержни прикреплены только по концам — минимальный;

б) при наличии промежуточного закрепления (распорки, шпренгели, связи и т. п.), предопределяющего направление выпучивания уголка в плоскости, параллельной одной из полок относительно оси, параллельной второй полке уголка.

Таблица 22

Удельный вес алюминия в *г/см³*

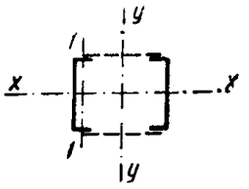
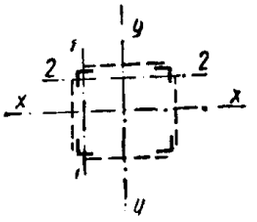
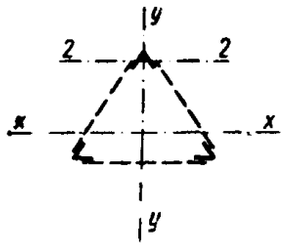
Марка	АД1	АМц	АМг	АМг3	АМг5	АМг6	АМг61	АД31	АД33	АД35
Удельный вес	2,71	2,73	2,68	2,67	2,65	2,64	2,65	2,71	2,71	2,72

Продолжение табл. 22

Марка	АВ	В92	Д1	Д16	В95	АМг5п	Д18п	В65	В94	АЛ8	АК6
Удельный вес	2,7	2,72	2,8	2,78	2,85	2,65	2,76	2,8	2,85	2,55	2,75

Таблица 23

Формулы для вычисления приведенной гибкости

Тип сечения стержня	Соединительные элементы	Значения приведенной гибкости $\lambda_{пр}$
	Планки	$\sqrt{\lambda_y^2+\lambda_1^2}$ (4)
	Решетки	$\sqrt{\lambda_y^2+k_1\frac{F}{F_{p1}}}$ (5)
	Планки	$\sqrt{\lambda^2+\lambda_1^2+\lambda_2^2}$ (6)
	Решетки	$\sqrt{\lambda^2+F\left(\frac{k_1}{F_{p1}}+\frac{k_2}{F_{p2}}\right)}$ (7)
	Планки	$\sqrt{\lambda^2+2\lambda_2^2}$ (8)
	Решетки	$\sqrt{\lambda^2+F\frac{k_1}{F_p}}$ (9)

где λ_y — гибкость всего стержня относительно свободной оси y—y;

λ — наибольшая гибкость всего стержня;

λ_1, λ_2 — гибкости отдельных ветвей относительно осей *1—1* и *2—2* на участках между приваренными планками (в свету) или между центрами крайних заклепок;

F — площадь сечения всего стержня;

F_{p1}, F_{p2} — площадь сечения раскосов решеток (в пределах одной панели), лежащих в плоскостях, соответственно перпендикулярных осям *1—1* и *2—2*;

F_p — площадь сечения раскосов (в пределах одной панели), расположенных в одной из плоскостей трехгранного стержня;

k_1, k_2 — коэффициенты, принимаемые в зависимости от величины угла α_1 и α_2 между раскосом решетки и ветвью (рис. 2) соответственно в плоскостях, параллельных осям *1—1* или *2—2*, равными при

$\alpha = 30°$	40°	45—60°
$k = 45$	31	27

Примечания: 1. Формулы (4), (6) и (8) справедливы при отношении погонных жесткостей планки и ветви $\frac{i_{пл}}{i_в} \geqslant 3$. При $\frac{i_{пл}}{i_в} < 3$ должно быть учтено влияние податливости планки на величину приведенной гибкости (по данным, приведенным в главе СНиП II-И.9-62 — „Линии электропередачи напряжением выше 1 *кв*).

2. Формулы (8) и (9) имеют силу при равностороннем сечении стойки.

3. Гибкость отдельных ветвей λ_1 и λ_2 на участке между планками должна быть не более 30.

4. При наличии в одной из плоскостей вместо планок сплошного листа (см. на рис. 1) гибкость ветви вычисляется по радиусу инерции полусечения относительно его оси, перпендикулярной плоскости планок. В составных стержнях с решетками гибкость отдельных ветвей на участках между узлами не должна превышать приведенную гибкость $\lambda_{пр}$ стержня в целом.

4.4. Центрально - сжатые элементы со сплошными стенками открытого П-образного сечения, не усиленные и усиленные отбортовками или утолщениями (бульбами) при $\lambda_x < 3\lambda_y$, где λ_x и λ_y — гибкости элемента относительно осей x и y (рис. 1), рекомендуется укреплять планками или решеткой; при этом должны быть соблюдены указания пп. 4.5 и 4.7.

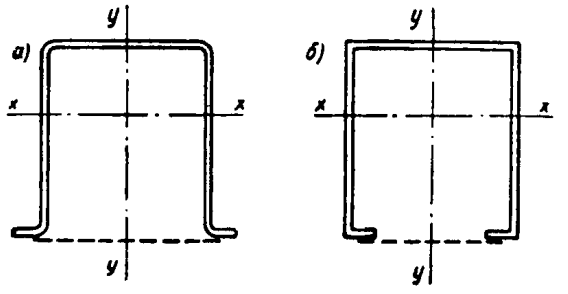


Рис. 1. Типы сжатых элементов открытых П-образных сечений со сплошной стенкой

а — с наружной отбортовкой; *б* — с внутренней отбортовкой

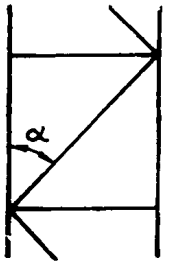


Рис. 2. Схема панелей решетчатой конструкции для определения угла α

При отсутствии планок или решетки такие стержни, помимо проверки по формуле (2), следует проверять на устойчивость при изгибно-крутильной форме потери устойчивости согласно приложению 5.

4.5. Для составных центрально-сжатых стержней, ветви которых соединены планками или решетками (при треугольной системе решеток с распорками или без распорок), коэффициент продольного изгиба φ должен определяться по приведенной гибкости $\lambda_{пр}$, вычисляемой по формулам табл. 23.

4.6. Составные элементы из уголков, швеллеров и т. п., соединенных вплотную или через прокладки, рассчитываются как сплошностенчатые при условии, что наибольшие расстояния между их соединениями (прокладками, шайбами и т. п.) не превышают $30r$ — для сжатых элементов, $80r$ — для растянутых элементов, где r — радиус инерции уголка или швеллера относительно оси, параллельной плоскости расположения прокладок.

При этом в пределах длины сжатого элемента следует ставить не менее двух прокладок.

За длину сжатого элемента пояса ферм принимается его расчетная длина из плоскости фермы.

4.7. Соединительные элементы (планки или решетки) центрально - сжатых составных стержней должны рассчитываться на условную поперечную силу $Q_{усл}$ (в *кг*), принимаемую постоянной по всей длине стержня и определяемую по табл. 24.

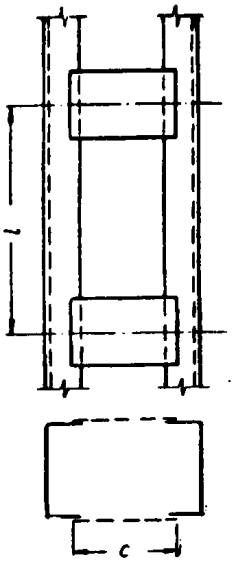


Рис. 3. Элемент на соединительных планках

l — расстояние между центрами планок; *c* — расстояние между осями ветвей

Если соединительные элементы расположены в нескольких параллельных плоскостях, то поперечная сила $Q_{усл}$ распределяется:

а) при наличии только соединительных планок или решеток — поровну между всеми системами планок (решеток);

б) при наличии наряду с соединительными планками или решетками сплошного листа — пополам между сплошным листом и всеми системами планок (решеток).

4.8. Соединительные планки (рис. 3) должны рассчитываться как элементы безраскосных ферм на:

Таблица 24

Значения условной поперечной силы $Q_{усл}$

№ п/п	Для конструкций из алюминия марок	Значение условной поперечной силы в *кг*
1	АД1-М, АМц-М, АМг-М, АМг-П, АМг5-М, АМг6-М, АД31-Т, АД31-Т1, АВ-М	20*F*
2	АМг61-М, АД33-Т1, АД35-Т1, АВ-Т, АВ-Т1, Д1-Т	30*F*
3	Д16-Т, В92-Т, В95-Т1	40*F*

где F — площадь брутто всего сечения стержня в $см^2$.

Примечание. В случае недонапряжения стержня величина $Q_{усл}$ может быть уменьшена умножением на $N/F\varphi R$, но не более чем на 50%.

а) силу, срезывающую планку, по формуле

$$T = \frac{Q_п l}{c}; \qquad (10)$$

б) момент, изгибающий планку в ее плоскости по формуле: для двух-или четырехпоясного элемента

$$M = \frac{Q_п l}{2}, \qquad (11)$$

для трехпоясного элемента

$$M = \frac{2}{3} Q_п l. \qquad (12)$$

В формулах (10), (11) и (12):

$Q_п$ — условная поперечная сила (по табл. 24), приходящаяся на систему планок, расположенных в одной плоскости. Для трехгранного элемента $Q_п = 0{,}68\ Q_{усл}$;

l — расстояние между центрами планок;

c — расстояние между осями ветвей.

4.9. Соединительные решетки должны рассчитываться как решетки ферм. При расчете перекрестных раскосов крестовой решетки с распорками следует учитывать дополнительные усилия, возникающие в них от деформации поясов.

4.10. Стержни, предназначенные для уменьшения расчетной длины сжатых элементов, должны рассчитываться на усилия, равные условной поперечной силе в основном сжатом стержне, определяемой по табл. 24.

ИЗГИБАЕМЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

4.11. Прочность при изгибе в одной из главных плоскостей проверяется по формулам:

$$\frac{M}{W_{нт}} \leqslant R, \qquad (13)$$

$$\frac{QS}{J\delta} \leqslant R_{ср}, \qquad (14)$$

где S — статический момент (брутто) сдвигающейся части сечения относительно нейтральной оси;

δ — толщина стенки;

R и $R_{ср}$ — расчетное сопротивление алюминия изгибу и срезу.

При наличии ослабления отверстиями для заклепок или болтов касательные напряжения, определяемые по формуле (14), умножаются на отношение $\frac{a}{a-d}$, где a — шаг отверстий для заклепок или болтов, d — диаметр отверстия.

Таблица 25

Наибольшие отношения l/b, при которых не требуется проверки устойчивости сварных и прессованных балок

h/b	Марка алюминия	Наибольшие отношения l/b при нагрузке, приложенной к поясам: верхнему	нижнему	при наличии промежуточных закреплений верхнего пояса независимо от места приложенной нагрузки
≤2	АД1-М, АМц-М, АМг-М, АД31-Т, АВ-М	15,6	24,2	18,4
	АД33-Т1, АМг-П, АМг5-М, АД31-Т1, АД35-Т1, АВ-Т, АВ-Т1	11,7	18,3	13,9
	АМг6-М	11	17,1	13
	АМг61-М, В92-Т лист	9,6	15	11,3
	В92-Т профиль	7,9	12,3	9,3
=5	АД1-М, АМц-М, АМг-М, АД31-Т, АВ-М	12,9	20,8	15,8
	АМг-П, АМг5-М, АД31-Т1, АД33-Т1, АД35-Т1, АВ-Т, АВ-Т1	9,7	15,7	11,9
	АМг6-М	9,1	14,7	11,1
	АМг61-М, В92-Т лист	7,9	12,8	9,7
	В92-Т профиль	6,5	10,5	8
=10	АД1-М, АМц-М, АМг-М, АД31-Т, АВ-М	11,1	17,3	13,2
	АМг-П, АМг5-М, АД31-Т1, АД33-Т1, АД35-Т1, АВ-Т, АВ-Т1	8,4	13,1	9,9
	АМг6-М	7,8	12,2	9,3
	АМг61-М, В92-Т лист	6,8	10,7	8,1
	В92-Т профиль	5,6	8,8	6,7

где l — расчетная длина балки, равная расстоянию между точками закреплений сжатого пояса от поперечных смещений (узлы продольных связей, точки опирания ребер жесткого настила) или расстоянию между поперечными связями, препятствующими повороту сечения балки; при отсутствии закреплений l — пролет балки; b — ширина пояса; h — полная высота сечения балки.

Примечания: 1. Применение балок высотой $h > 5b$ не рекомендуется.

2. *При промежуточных значениях* $\frac{h}{b}$ *отношения* $\frac{l}{b}$ принимаются по линейной интерполяции.

Таблица 26

Наибольшие отношения l/b, при которых не требуется проверки устойчивости клепаных балок *

$\frac{h}{b}$	Марка и состояние алюминия	Наибольшие отношения l/b при нагрузке, приложенной к поясу: верхнему	нижнему	при наличии промежуточных закреплений верхнего пояса независимо от места приложения нагрузки
≤2	АД1-М, АМц-М, АМг-М, АД31-Т, АВ-М	17,7	27,3	20,8
	АМг-П, АМг5-М, АД31-Т1, АВ-Т	13,3	20,7	15,7
	АМг6-М	12,5	19,3	14,7
	АМг61-М, АД33-Т1, АД35-Т1, АВ-Т1, В92-Т лист, Д1-Т лист, Д1-Т профиль	10,9	16,9	12,8
	В92-Т профиль, Д16-Т, В95-Т1	9	13,9	10,5
=5	АД1-М, АМц-М, АМг-М, АД31-Т, АВ-М	15	23,4	17,7
	АМг-П, АМг5-М, АД31-Т1, АВ-Т	11,3	17,6	13,3
	АМг6-М	10,6	16,5	12,5
	АМг61-М, АД33-Т1, АД35-Т1, АВ-Т1, В92-Т лист, Д1-Т лист, Д1-Т профиль	9,2	14,4	10,9
	В92-Т профиль, Д16-Т, В95-Т1	7,6	11,9	9,0
=10	АД1-М, АМц-М, АМг-М, АД31-Т, АВ-М	13	20,2	15,2
	АМг-П, АМг5-М, АД31-Т1, АВ-Т	9,8	15,3	11,5
	АМг6-М	9,2	14,3	10,8
	АМг61-М, АД33-Т1 АД35-Т1, АВ-Т1, В92-Т лист, Д1-Т лист, Д1-Т, профиль	8	12,5	9,4
	В92-Т профиль, Д16-Т В95-Т1	6,6	10,3	7,7

* Обозначения и примечания те же, что и в табл. 25.

4.12. Прочность изгибаемых элементов при изгибе в двух главных плоскостях проверяется по формуле

$$\left[\frac{M_x}{J_{x\,нт}}y \pm \frac{M_y}{J_{y\,нт}}x\right] < R, \qquad (15)$$

где x и y — координаты рассматриваемой точки сечения относительно главных осей.

4.13. Устойчивость балок проверяется по формуле

$$\frac{M}{\varphi_б W} \leqslant R, \qquad (16)$$

где M и W — изгибающий момент и момент сопротивления сечения в плоскости наибольшей жесткости (W соответствует сжатому поясу);

$\varphi_б$ — коэффициент, определяемый по указаниям приложения 6.

Проверки устойчивости балок не требуется:

а) при передаче распределенной статической нагрузки через сплошной жесткий настил, непрерывно опирающийся на сжатый пояс балки (железобетонные или армобетонные плиты, волнистые листы и т. д.);

б) для балок двутаврового сечения при отношении расчетной длины балки l к ширине сжатого пояса b, не превышающих величин, приведенных в табл. 25 и 26.

ЭЛЕМЕНТЫ, ПОДВЕРЖЕННЫЕ ДЕЙСТВИЮ ОСЕВОЙ СИЛЫ С ИЗГИБОМ

4.14. Прочность сплошностенчатых внецентренно сжатых (сжато-изогнутых) и внецентренно растянутых (растянуто-изогнутых) элементов проверяется по формуле

$$\left[\frac{N}{F_{нт}} \pm \frac{M_x}{J_{x\,нт}}y \pm \frac{M_y}{J_{y\,нт}}x\right] \leqslant R, \qquad (17)$$

где x и y — координаты рассматриваемой точки сечения.

В составных стержнях каждая ветвь проверяется по формуле (17) при соответствующих значениях N, M_x, M_y.

Примечание. При отсутствии ослабления сечения и при одинаковых значениях изгибающих моментов, принимаемых в расчетах на прочность и устойчивость, проверки сжато-изогнутых элементов на прочность не требуется.

4.15. Внецентренно сжатые (сжато-изогнутые) элементы должны проверяться на устойчивость как в плоскости действия момента (плоская форма потери устойчивости), так и из плоскости действия момента (изгибно-крутильная форма потери устойчивости).

4.16. Устойчивость внецентренно сжатых элементов, постоянного сечения в плоскости

действия момента, совпадающей с плоскостью симметрии, проверяется по формуле

$$\frac{N}{\varphi^{вн} F} \leqslant R, \qquad (18)$$

здесь N — продольная сила, приложенная с эксцентрицитетом

$$e = \frac{M}{N},$$

где F — площадь поперечного сечения элемента брутто;

$\varphi^{вн}$ — коэффициент, определяемый:

а) для сплошностенчатых стержней по табл. 74 приложения 7 в зависимости от относительной гибкости $\bar{\lambda}$ (п. 4.17) и относительного эксцентрицитета m, равного $e\frac{F}{W}$, где W вычисляется для наиболее сжатого волокна;

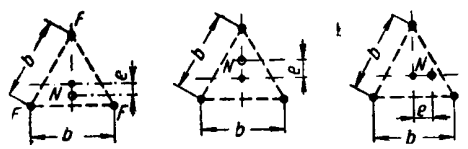
б) для сквозных стержней с решетками или планками, расположенными в плоскостях, параллельных плоскости изгиба, относительный эксцентрицитет равен:

$$m_x = e_x \frac{Fy_1}{J_x} \text{ или } m_y = e_y \frac{Fx_1}{J_y}, \qquad (19)$$

где x_1 и y_1 — расстояния от нейтральной оси y или x до оси наиболее сжатой ветви.

При этом относительная гибкость стержня исчисляется по приведенной гибкости по табл. 23;

в) для сквозных трехгранных равносторонних стержней относительный эксцентрицитет определяется по формулам:



$$m = \frac{e}{0{,}578b} \qquad m = \frac{e}{0{,}289b} \qquad m = \frac{e}{0{,}333b}$$

Коэффициенты $\varphi^{вн}$ принимаются по табл. 76, 77, 78.

Во всех случаях $\varphi^{вн}$ принимается не более φ (коэффициента продольного изгиба при центральном сжатии, определяемого по приложению 4).

4.17. Относительная (расчетная) гибкость определяется по формуле

для сплошностенчатых конструкций

$$\bar{\lambda} = 0{,}00041\sqrt{R}\,\lambda = a\lambda, \qquad (20)$$

здесь R — расчетные сопротивления алюминия в *кг/см*², определяемые по данным табл. 6 и 7;

для сквозных стержней

$$\bar{\lambda} = 0{,}00041\sqrt{R}\,\lambda_{пр} = a\lambda_{пр}, \qquad (20а)$$

$\lambda_{пр}$ — приведенная гибкость, определяемая по табл. 23.

4.18. Расчетные значения изгибающих моментов M, необходимые для вычисления $e = \frac{M}{N}$, принимаются равными:

а) для колонн постоянного сечения рамных систем — наибольшему моменту в пределах длины колонны;

б) для ступенчатых колонн — наибольшему моменту на длине участка постоянного сечения;

в) для консолей — моменту в заделке;

г) для стержней с шарнирно опертыми концами — моменту, определяемому по формулам табл. 27.

Таблица 27

Формулы расчетных моментов M для стержней с шарнирно опертыми концами

Относительный эксцентрицитет m	Значения M при гибкости	
	$\bar{\lambda} < 1{,}5$	$\bar{\lambda} > 1{,}5$
$m < 3$	$M = M_2 = M_{max} - \frac{\bar{\lambda}}{1{,}6}(M_{max} - M_1)$	$M = M_1$
$3 < m < 15$	$M = M_2 + \frac{m-3}{12} \times (M_{max} - M_2)$	$M = M_1 + \frac{m-3}{12} \times (M_{max} - M_1)$
$m \geqslant 15$	$M = M_{max}$	$M = M_{max}$

где M_{max} — наибольший момент в пределах длины стержня;

M_1 — наибольший момент в пределах средней трети длины стержня, но не менее $0{,}5\,M_{max}$;

M_2 — расчетный момент при $m < 3$ и $\bar{\lambda} < 1{,}5$.

Устойчивость сжато-изогнутых стержней, имеющих сквозное трехгранное равностороннее сечение, в плоскости действия поперечной нагрузки, совпадающей с плоскостью симметрии, проверяется по формуле

$$\frac{N}{\varphi_{си} F} \leqslant R, \qquad (21)$$

$\varphi^{си}$ — коэффициент, определяемый по табл. 81, 82 и 83 приложения 8 в зависимости от гибкости стержня и вида поперечной нагрузки.

4.19. Устойчивость внецентренно сжатых элементов постоянного сечения из плоскости действия момента при их изгибе в плоскости наибольшей жесткости ($J_x > J_y$), совпадающей с плоскостью симметрии, проверяется:

а) при относительном эксцентриците $m_x \leqslant 10$ по формуле

$$\frac{N}{c\varphi_y F} \leqslant R, \qquad (22)$$

где c — коэффициент, вычисляемый по указаниям п. 4.20;

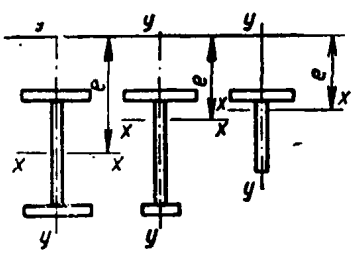
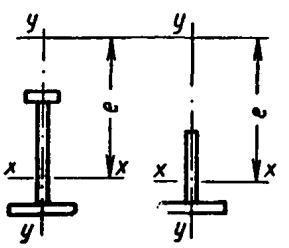
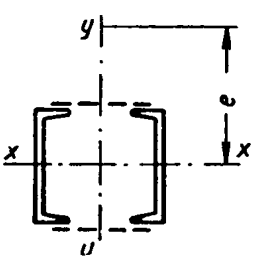
φ_y — коэффициент продольного изгиба, принимаемый по табл. 67 приложения 4;

б) при относительном эксцентриците $m \geqslant 15$ по наибольшему краевому напряжению сжатия по формуле

$$\frac{M_x}{\varphi_б W_x}\left(1 + \frac{1}{m_x}\right) \leqslant R, \qquad (23)$$

Таблица 28

Значения коэффициентов α и β в формуле (25)

Тип сечения и эксцентриситет e приложения продольной силы	Открытые сечения двутавровые и тавровые		Замкнутые сечения сплошные или с решетками (планками)
			
α =	0,8	$1-0{,}2\frac{J_2}{J_1}$	0,6
β = (при $\lambda_y < \lambda_c$)	1	1	1
β = (при $\lambda_y > \lambda_c$)	$\frac{\varphi_c}{\varphi_y}$	$1-\left(1-\frac{\varphi_c}{\varphi_y}\right)\left(2\frac{J_2}{J_1}-1\right)$ при $\frac{J_2}{J_1} < 0{,}5$ значение β = 1	$\frac{\varphi_c}{\varphi_y}$

где J_1 и J_2 — моменты инерции соответственно большей или меньшей полок относительно оси симметрии сечения y—y;

λ_c — наименьшее значение гибкости стержня, при котором центрально-сжатый стержень теряет устойчивость в упругой стадии, определяемое по табл. 29;

φ_c — значение φ_y, соответствующее λ_c, определяемое по той же таблице.

Примечание. Пользование коэффициентами, установленными для стержней замкнутого сечения, допускается только при наличии не менее двух промежуточных диафрагм по длине стержня. В противном случае следует пользоваться коэффициентами, установленными для стержней открытого двутаврового сечения.

где коэффициент $\varphi_б$ определяется по указаниям приложения 6 как для балки с промежуточными закреплениями сжатого пояса (при $\lambda_y \leqslant \lambda_c$ можно принимать $\varphi_б = 1$);

в) при значениях относительного эксцентрицитета $10 < m_x < 15$ по формуле (22), причем вместо c подставляется величина c', определяемая по формуле

$$c' = (3 - 0{,}2m_x)c + (0{,}1m_x - 1)\frac{\varphi_б}{8\varphi_y}. \qquad (24)$$

4.20. Коэффициент c в формуле (22) для всех сплавов, за исключением АМг-П, АД33-Т1, АД35-Т1, АВ-Т1 и В95-Т1, определяется по формуле

$$c = \frac{\beta}{1 + \alpha m_x}, \qquad (25)$$

где α и β — коэффициенты, принимаемые по табл. 28.

При определении m_x за расчетный момент M_x принимается:

а) для стержней с концами, закрепленными от смещения перпендикулярной плоскости действия момента, максимальный момент в пределах средней трети длины (но не менее половины наибольшего на длине стержня момента);

б) для консолей — момент в заделке.

При гибкости λ_y, превышающей λ_c по табл. 29, коэффициент c не должен превышать для стержней открытого сечения значений, указанных в табл. 30, для стержней замкнутого сечения — единицы.

Для марок алюминия АМг-П, АД33-Т1, АД35-Т1 и АВ-Т1 коэффициент c определяется по табл. 30 независимо от величины λ_y.

4.21. Внецентренно сжатые элементы при изгибе в плоскости наименьшей жесткости ($J_y < J_x$ и $e_y \neq 0$) и при $\lambda_x > \lambda_y$ кроме проверки по формуле (18) должны проверяться на устойчивость из плоскости действия момента как центрально сжатые стержни по формуле

$$\frac{N}{\varphi_x F} \leqslant R, \qquad (26)$$

где φ_x — коэффициент продольного изгиба, принимаемый по табл. 67 приложения 4.

4.22. В составных внецентренно сжатых элементах с решетками, расположенными в плоскостях, параллельных плоскости изгиба, кроме проверки стержня в целом по формуле (18) должны быть проверены отдельные ветви как центрально сжатые стержни по формуле (3).

Продольная сила в каждой ветви определяется при этом с учетом дополнительного усилия $N^{в}_{доп}$ от изгибающего момента, величина этого усилия при параллельных ветвях (поясах) определяется по формуле $N^{в}_{доп} = M/h$, где h — расстояние между осями ветвей (поясов).

При аналогичной проверке отдельных ветвей составных элементов с планками, располо-

Таблица 29

Значения λ_c и φ_c

Марка алюминия	λ_c	φ_c	Марка алюминия	λ_c	φ_c
АД1-М, АМц-М	132	0,33	АМг61-М, Д1-Т лист . .	73	0,44
АМг-М, АД31-Т, АВ-М	114	0,36	В92-Т лист, Д1-Т профиль	69	0,454
АМг5-М, АД31-Т1, АВ-Т	87	0,477	В92-Т профиль, Д16-Т .	58	0,477
АМг6-М . . .	81	0,453	В95-Т1	53	0,47

Таблица 30

Наибольшие значения коэффициента c при $\lambda_y > \lambda_c$

δ_1/b \ M/Nh	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,5	3	4	5	10
0,1	1	0,88	0,69	0,56	0,46	0,39	0,34	0,3	0,27	0,24	0,22	0,18	0,15	0,12	0,1	0,049
0,5	1	0,89	0,73	0,59	0,5	0,42	0,37	0,32	0,3	0,27	0,24	0,2	0,17	0,13	0,11	0,054
0,8	1	0,91	0,77	0,64	0,54	0,47	0,41	0,36	0,33	0,3	0,27	0,23	0,19	0,15	0,12	0,062
1	1	0,93	0,8	0,67	0,58	0,5	0,44	0,39	0,35	0,32	0,3	0,26	0,21	0,16	0,13	0,068
1,5	1	0,95	0,85	0,74	0,66	0,58	0,52	0,47	0,43	0,37	0,37	0,3	0,26	0,2	0,18	0,086
2	1	0,97	0,9	0,8	0,73	0,66	0,6	0,54	0,5	0,45	0,42	0,36	0,31	0,24	0,22	0,105
2,5	1	0,99	0,92	0,85	0,78	0,72	0,66	0,61	0,56	0,52	0,49	0,41	0,36	0,28	0,24	0,126

где h — высота сечения;
b и δ_1 — ширина и толщина более сжатого пояса.

женными в плоскостях, параллельных плоскости изгиба, должен быть учтен местный изгиб ветвей от фактической поперечной силы (как в поясах безраскосной фермы).

4.23. Устойчивость элементов со сплошной стенкой, подверженных сжатию и изгибу в обеих главных плоскостях, при совпадении плоскости наибольшей жесткости ($J_x > J_y$) и плоскости симметрии проверяется по формуле

$$\frac{N}{\varphi_{xy}^{вн} F} \leqslant R. \qquad (27)$$

Здесь

$$\varphi_{xy}^{вн} = \varphi_y^{вн} \sqrt{c},$$

где $\varphi_y^{вн}$ — определяется по указаниям п. 4.16;

c — по указаниям п. 4.20.

Если $m_y < 2m_x$, то помимо проверки по формуле (27) следует произвести проверку по формулам (18) и (22) при $e_y = 0$.

Если $\lambda_x > \lambda_y$, то следует произвести дополнительную проверку по формуле (18), принимая $e_y = 0$.

В случае несовпадения плоскости наибольшей жесткости ($J_x > J_y$) и плоскости симметрии расчетная величина m_x увеличивается на 25%.

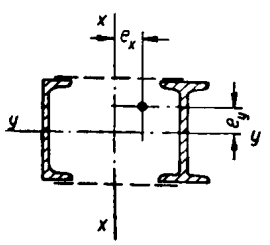


Рис. 4. Сечение составного элемента из двух сплошностенчатых ветвей с решетками в двух параллельных плоскостях

4.24. Составные стержни из двух сплошностенчатых ветвей с решетками в двух параллельных плоскостях (рис. 4), подверженные сжатию и изгибу в обеих главных плоскостях, следует проверять:

а) на устойчивость стержня в целом в плоскости, параллельной плоскости решеток по п. 4.16, считая при этом эксцентрицитет $e_y = 0$ (рис. 4);

б) на устойчивость отдельных ветвей как внецентренно сжатых элементов по формулам (18) и (22); при этом продольная сила в каждой ветви определяется с учетом дополнительного усилия от момента M_x (см. п. 4.22), а момент M_y разрешается распределять между ветвями пропорционально их жесткостям; если M_y действует в плоскости одной ветви, то разрешается считать его передающимся полностью на эту ветвь.

При проверке отдельной ветви по формуле (22) гибкость ее определяется по наибольшему расстоянию между узлами решетки.

4.25. Соединительные элементы (решетки или планки) составных внецентренно сжатых стержней должны рассчитываться на поперечную силу, равную большей из величин фактической поперечной силы или условной поперечной силы $Q_{усл}$ по указаниям пп. 4.7 и 4.9 данной главы.

Примечание. В случае, когда фактическая поперечная сила больше условной, соединение ветвей составных внецентренно сжатых элементов с помощью планок не рекомендуется.

ОПОРНЫЕ ЧАСТИ

4.26. Опорные части рекомендуется выполнять преимущественно стальными согласно рекомендациям СНиП II-В.3-62 «Стальные конструкции. Нормы проектирования».

5. РАСЧЕТНЫЕ ДЛИНЫ ЭЛЕМЕНТОВ АЛЮМИНИЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ПРЕДЕЛЬНЫЕ ГИБКОСТИ

РАСЧЕТНЫЕ ДЛИНЫ

Плоские фермы и связи

5.1. Расчетные длины l_0 при определении гибкости элементов с симметричными относительно плоскости фермы сечениями, за исключением пересекающихся стержней ферм с перекрестной решеткой, должны приниматься по табл. 31 (рис. 5, *а*, *б*, *в* и *г*).

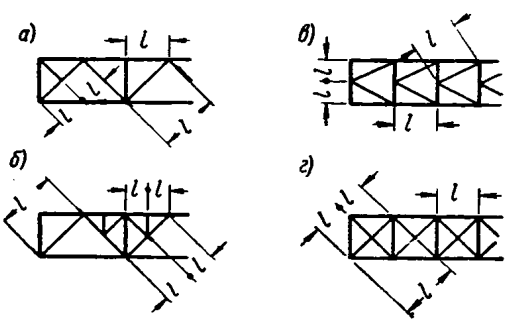


Рис. 5. Схемы ферм для определения l_0 в зависимости от типа решетки

а — треугольная решетка с дополнительными стойками и раскосом в крайней панели; *б* — треугольная решетка с дополнительными стойками и шпренгелем; *в* — полураскосная решетка; *г* — крестовая решетка

5.2. Расчетные длины l_0 пересекающихся стержней ферм с перекрестной решеткой при

определении их гибкости должны приниматься (см. рис. 5, *г*): в плоскости фермы — равными расстоянию от центра узла фермы до точки их пересечения ($l_0=l$); из плоскости фермы — по табл. 32.

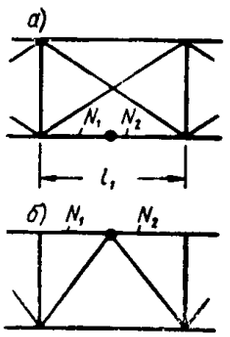


Рис. 6. Схемы для определения расчетной длины элемента с различными усилиями N_1 и N_2 по его длине

а — схема связей между фермами (вид сверху); *б* — схема фермы

Радиусы инерции сечений сжатых элементов из одиночных уголков при этом принимаются: при $l_0=l$ — $r_{мин}$; при $l_0=0{,}7l_1$ и $l_0=l_1$ — относительно оси сечения уголка параллельной плоскости фермы.

5.3. Расчетные длины l_0 и радиусы инерции сечений при определении гибкости элементов пространственных решетчатых конструкций из одиночных уголков должны приниматься по табл. 33.

Таблица 32

Расчетные длины l_0 из плоскости фермы сжатых стержней перекрестной решетки

Характеристика узла пересечения стержней решетки	Расчетная длина l_0, если поддерживающий стержень		
	растянут	не работает	сжат
Оба стержня не прерываются	l	$0{,}7\,l_1$	l_1
Поддерживающий стержень прерывается и перекрывается фасонкой . . .	$0{,}7\,l_1$	l_1	l_1

где l — расстояние от центра узла фермы до пересечения стержней;
l_1 — полная геометрическая длина сжатого стержня.

Таблица 31

Расчетные длины l_0 элементов плоских ферм (за исключением пересекающихся стержней ферм с перекрестной решеткой)

Направление продольного изгиба	Расчетная длина l_0		
	поясов	опорных раскосов и стоек	прочих элементов решетки
В плоскости фермы	l	l	$0{,}8\,l$
В направлении, перпендикулярном плоскости фермы (из плоскости фермы)	l_1	l_1	l_1

где 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 покрытия, прикрепленными к поясу сварными швами или болтами и т. п.; для элементов решетки — расстояния между узлами.

Примечания: 1. Если по длине l_1 элемента действуют сжимающие усилия N_1 и $N_2<N_1$ (рис. 6), то проверка его устойчивости из плоскости фермы производится на большее усилие N_1 при расчетной длине

$$l_0=l_1\left(0{,}75+0{,}25\,\frac{N_2}{N_1}\right).$$

2. Для отдельных элементов решетки из одиночных уголков расчетная длина l_0 принимается равной их геометрической длине.

Таблица 33

Расчетные длины l_0 и радиусы инерции сечений элементов пространственных решетчатых конструкций

Вид конструкций	Пояса		Элементы решетки		
			расчетная длина l_0		
	расчетная длина l_0	радиусы инерции r	раскоса	стойки	радиус инерции r
Конструкции с совмещенными в смежных гранях узлами (рис. 7, *а* и 7, *б*)	$l_п$	$r_{мин}$	$\mu_р l_р$	$0{,}8l_с$	$r_{мин}$
Конструкции с не совмещенными в смежных гранях узлами (рис. 7, *в* и 7, *г*)	$\mu_п l_п$	r_x или r_y	$\mu_р l_р$	—	$r_{мин}$

где $l_п$ — длина панели пояса (при несовмещенных узлах принимается равной расстоянию между узлами одной грани — рис. 7, *в* и 7, *г*);
$\mu_п$ — коэффициент расчетной длины пояса, определяемый по табл. 34;
$l_р$ и $l_с$ — см. рис. 7;
r_x и r_y — радиусы инерции поперечного сечения уголка относительно осей, параллельных полкам;
$\mu_р$ — коэффициент расчетной длины раскоса, определяемый в зависимости от вида прикрепления раскосов к поясу по табл. 35 или табл. 36.

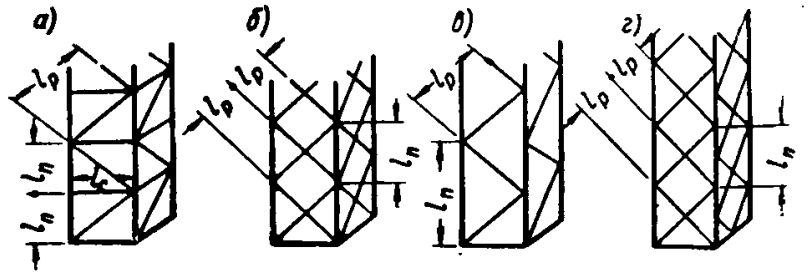


Рис. 7. Схемы пространственных решетчатых конструкций из одиночных уголков

а — схема с совмещенными в смежных гранях узлами, треугольная решетка с распорками; *б* — то же, перекрестная решетка; *в* — схема с несовмещенными в смежных гранях узлами, треугольная решетка; *г* — то же, перекрестная решетка

Таблица 34

Значения коэффициента $\mu_п$ при прикреплении раскосов к поясу сварными швами, а также двумя и более болтами или заклепками, расположенными вдоль раскоса

$i_п/i_р$	10	5	2,5	1,25	1
$\mu_п$	1,13	1,08	1,03	1	0,98

где $\frac{i_п}{i_р} = \frac{J_{п_{мин}} l_р}{J_{р_{мин}} l_п}$ — отношение наименьших погонных жесткостей пояса и раскоса;

$J_{п_{мин}}$ и $J_{р_{мин}}$ — наименьшие моменты инерции сечений пояса и раскоса.

Примечание. Если раскосы прикреплены к поясу одним болтом или одной заклепкой, принимается $\mu_п = 1{,}14$.

Таблица 35

Значения коэффициента $\mu_р$ при прикреплении раскоса к поясу сварными швами, а также двумя и более болтами или заклепками, расположенными вдоль раскоса

$i_п/i_р$	Значения $\mu_р$ при $l_р/r_{мин}$							
	60	80	100	120	140	160	180	200
$\leqslant 2$	0,89	0,81	0,77	0,74	0,72	0,7	0,65	0,61
$\geqslant 6$	0,86	0,78	0,74	0,71	0,69	0,66	0,62	0,59

где $i_п/i_р$ — отношение наименьших погонных жесткостей пояса и раскоса;

$l_р$ — длина раскоса по рис. 7;

$r_{мин}$ — минимальный радиус инерции сечения раскоса.

Таблица 36

Значения коэффициента $\mu_р$ при прикреплении раскосов к поясу одним болтом или одной заклепкой *

$l_р/r_{мин}$	60	80	100	$\geqslant 120$
$\mu_р$	0,89	0,81	0,77	0,74

Примечание. Обозначения принятые в табл. 36, как и в табл. 35.

Колонны (стойки)

Таблица 37

Коэффициенты μ для стоек и колонн постоянного сечения

№ п/п	Схема закрепления и нагрузки	μ	№ п/п	Схема закрепления и нагрузки	μ
1		2	5		1
2		1	6		2
3		0,7	7		0,725
4		0,5	8		1,12

* Применение алюминия в колоннах предусматривается лишь в особых случаях: в сборно-разборных конструкциях; при наличии агрессивной среды и т. д.

5.4. Расчетные длины l_0 стоек (колонн) или отдельных их участков (в случае ступенчатых колонн) определяются по формуле

$$l_0 = \mu\, l,$$

где l — длина колонны или рассматриваемого участка ее;

μ — коэффициент расчетной длины, определяемой по табл. 37, 38 и 39.

Таблица 38

Значения коэффициентов μ для колонн постоянного сечения рам одноэтажных промышленных зданий

Закрепление в фундаменте	Значения μ при $i_р/i_к$							
	0	0,2	0,3	0,5	1	2	3	10
Жесткое	2	1,5	1,4	1,28	1,16	1,08	1,06	1
Шарнирное	—	3,42	3	2,63	2,33	2,17	2,11	2

где $i_р$ — средняя погонная жесткость ригелей, примыкающих к проверяемой колонне;

$i_к$ — погонная жесткость колонн.

Примечание. При шарнирном укреплении ригеля к колонне принимается $i_р/i_к = 0$.

Таблица 39

Значения коэффициентов μ для одноступенчатых колонн рам одноэтажных промышленных зданий в плоскости рамы

Вид закрепления верхнего конца	Коэффициенты μ		
	для нижнего участка		для верхнего участка
	при $\frac{J_2}{J_1} > 0{,}1$	при $0{,}1 \geqslant \frac{J_2}{J_1} \geqslant 0{,}05$	
Свободный конец	2,5	3	3
Конец, закрепленный только от поворота	2	2	3
Неподвижный шарнирно-опертый конец	1,6	2	2,5
Неподвижный, закрепленный от поворота конец . .	1,2	1,5	2

где l_1, I_1, N_1 — длина, момент инерции и продольная сила нижнего участка колонны;

l_2, I_2, N_2 — то же, для верхнего участка колонны.

Примечание. Коэффициенты μ даны для определения расчетных длин отдельных участков колонны в плоскости, в которой по всей высоте колонны отсутствуют промежуточные закрепления, при этом должно быть $l_2 \leqslant 0{,}6\, l_1$ и $N_1 \geqslant 3\, N_2$.

5.5. Расчетные длины колонн рам промышленных зданий в направлении вдоль здания (из плоскости рамы) принимаются равными расстояниям между закрепленными точками (опорами колонн подкрановых балок и подстропильных ферм, узлами крепления связей и ригелей и т. п.).

ПРЕДЕЛЬНЫЕ ГИБКОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ

5.6. Гибкости сжатых элементов алюминиевых конструкций не должны превышать величин, приведенных в табл. 40.

Таблица 40

Предельные гибкости λ сжатых элементов конструкций из алюминиевых сплавов

№ п/п	Наименование элементов конструкций	Максимальная допускаемая гибкость λ
1	Пояса, опорные раскосы и стойки ферм, передающие опорные реакции	100
	Прочие элементы ферм	120
2	Колонны второстепенные (стойки фахверка, фонарей и т. п.), элементы решетки колонн	120
3	Связи	150
4	Стержни, служащие для уменьшения расчетной длины сжатых стержней, и другие неработающие элементы	150

Примечания: 1. Приведенные в табл. 40 данные относятся к элементам с сечением, симметричным относительно действия сил. При сечениях, несимметричных относительно действия сил, предельные гибкости рекомендуется уменьшать на 30%.

2. По экономическим соображениям рекомендуется принимать сжатые стержни с меньшей гибкостью.

5.7. Гибкости растянутых элементов алюминиевых конструкций не должны превышать величин, приведенных в табл. 41.

Таблица 41

Предельные гибкости λ растянутых элементов конструкций из алюминиевых сплавов

№ п/п	Наименование элементов конструкций	Максимальная допускаемая гибкость λ	
		при непосредственном воздействии на конструкцию динамической нагрузки	при воздействии на конструкцию статической нагрузки
1	Пояса и опорные раскосы ферм . . .	200	300
2	Прочие элементы ферм	300	300
3	Нижние пояса подкрановых ферм . .	120	—
4	Связи (кроме элементов, подвергающихся предварительному натяжению)	300	300

Примечания: 1. В сооружениях, не подвергающихся динамическим воздействиям, гибкость растянутых элементов проверяется только в вертикальной плоскости.

2. При проверке гибкости растянутых стержней перекрестной решетки из одиночных уголков радиус инерции принимается относительно оси, параллельной полке уголка.

3. Стержни перекрестной решетки в месте пересечения должны быть скреплены между собой.

6. ПРОВЕРКА УСТОЙЧИВОСТИ СТЕНОК И ПОЯСНЫХ ЛИСТОВ В ИЗГИБАЕМЫХ И СЖАТЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

СТЕНКИ БАЛОК

6.1. Укрепление стенок балок для обеспечения устойчивости может производиться:

поперечными основными ребрами, поставленными на всю высоту стенки;

поперечными основными и промежуточными (короткими) ребрами, поставленными в сжатой зоне стенки;

поперечными ребрами и продольными ребрами, расположенными в сжатой зоне.

6.2. Проверка устойчивости стенки должна производиться с учетом всех компонентов напряженного состояния: σ, τ и $\sigma_м$. Напряжения σ, τ и $\sigma_м$ вычисляются по сечению брутто без введения коэффициента $\varphi_б$.

Здесь σ краевое сжимающее напряжение на расчетной границе отсека (участка стенки балки, ограниченного поясами и поперечными ребрами жесткости); если длина отсека не превосходит его высоты, то σ определяется по среднему значению изгибающего момента в пределах отсека; если длина отсека превосходит его высоту, то σ вычисляется по среднему значению момента для наиболее напряженного участка длиной, равной высоте отсека;

$\sigma_м$ — местное напряжение в стенке; способ вычисления приведен в приложении 9;

τ — среднее касательное напряжение, вычисляемое по формуле

$$\tau = \frac{Q}{h_{ст}\,\delta}, \qquad (28)$$

Q — среднее значение поперечной силы в пределах отсека;

$h_{ст}$ — полная высота стенки;

δ — толщина стенки.

При проверке устойчивости прямоугольного отсека стенки, заключенного между поясами и соседними поперечными ребрами жесткости, расчетными размерами пластинки являются:

a — расстояние между осями поперечных ребер;

h_0 — в клепаных конструкциях — расстояние между ближайшими к оси стенки рисками поясных уголков; в сварных конструкциях — полная высота стенки; в прессованных профилях — высота в свету между полками;

δ — толщина стенки.

6.3. В балках, не подверженных непосредственному воздействию подвижной нагрузки на верхний пояс, проверка устойчивости стенок не требуется, если отношение h_0/δ не превышает значений, приведенных в табл. 42.

Таблица 42

Значения h_0/δ для балок из алюминиевых сплавов разных марок

Тип балки	Значения h_0/δ						
	АД1-М, АМц-М, АМг-М, АД31-Т, АВ-М	АМг-П, АМг5-М, АМг6-М, АД31-Т1, АВ-Т	АМг61-М, Д1-Т лист	АД33-Т1	АВ-Т1, АД35-Т1	Д1-Т профиль, В92-Т лист	Д16-Т, В92-Т профиль, В95-Т1
Сварная или прессованная	80	60	55	75	70	50	45
Клепаная	—	80	70	80	75	60	55

При отношениях h_0/δ, меньших величин, указанных в табл. 42, но не превышающих $h_0/\delta = 60$, постановка ребер жесткости не требуется. В противном случае ребра жесткости располагают на расстояниях не более $2h_0$.

6.4. В балках с подвижной нагрузкой по верхнему поясу проверка устойчивости стенки производится по указаниям приложения 9.

6.5. Проверка устойчивости стенки балки симметричного сечения при отсутствии подвижной нагрузки на верхнем поясе балки в случае укрепления стенки только поперечными ребрами жесткости производится по формуле

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_0}\right)^2+\left(\frac{\tau}{\tau_0}\right)^2} \leqslant \vartheta, \qquad (29)$$

где

$$\sigma_0 = 2{,}1\left(\frac{100\delta}{h_0}\right)^2 m/cм^2, \qquad (30)$$

$$\tau_0 = \left(0{,}42+\frac{0{,}32}{\mu^2}\right)\left(\frac{100\delta}{d}\right)^2 m/cм^2, \qquad (31)$$

d — меньшая из сторон пластинки;

μ — отношение большей стороны к меньшей;

$\vartheta = 1$ — для стенок из сплава марок АМг-П, АВ-Т1, АД33-Т1, АД35-Т1; в остальных случаях, если отношение приведенного напряжения σ_l к расчетному сопротивлению R находится в интервале

$$\frac{2}{3} \leqslant \frac{\sigma_l}{R} = \frac{1}{R}\sqrt{\left(\frac{2}{3}\sigma\right)^2+3\tau^2} \leqslant 1, \qquad (32)$$

ϑ принимается по табл. 43.

Таблица 43

Значение ϑ в зависимости от σ_l/R

σ_l/R	$\leqslant 1/_3$	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1
ϑ	1	0,974	0,922	0,86	0,788	0,703	0,607	0,5

Для всех сплавов, включая сплавы АМг-П, АВ-Т1, АД33-Т1 и АД35-Т1, значения $\frac{\sigma_l}{R} > 1$ не допускаются.

6.6. Проверка устойчивости стенки симметричного сечения при отсутствии подвижной нагрузки на верхнем поясе балки в случае укрепления стенки поперечными ребрами и одним продольным ребром, расположенным на расстоянии b_1 от сжатой кромки отсека, производится отдельно для обеих пластинок, разделенных продольным ребром.

а) Первая пластинка, расположенная между сжатым поясом и продольным ребром, проверяется по формуле

$$\frac{\sigma}{\sigma_{01}}+\left(\frac{\tau}{\tau_{01}}\right)^2 \leqslant \vartheta, \qquad (33)$$

где

$$\sigma_{01} = \frac{0{,}32}{1-\frac{b_1}{h_0}}\left(\frac{100\delta}{b_1}\right)^2 m/cм^2, \qquad (34)$$

τ_{01} — определяется по формуле (31) с подстановкой в нее размеров проверяемой пластинки.

Величина ϑ определяется по указаниям п. 6.5 и табл. 43, но при этом

$$\frac{\sigma_l}{R} = \frac{1}{R}\sqrt{\left(1-\frac{b_1}{h_0}\right)^2\sigma^2+3(0{,}9\tau)^2}\ .$$

б) Вторая пластинка, расположенная между растянутым поясом и продольным ребром, проверяется по формуле

$$\sqrt{\frac{\sigma^2\left(1-2\frac{b_1}{h_0}\right)^2}{\sigma_{02}^2}+\left(\frac{\tau}{\tau_{02}}\right)^2} \leqslant 1, \qquad (35)$$

где

$$\sigma_{02} = \frac{0{,}38}{\left(0{,}5-\frac{b_1}{h_0}\right)^2}\left(\frac{100\delta}{h_0}\right)^2 m/cм^2, \qquad (36)$$

τ_{02} — определяется по формуле (31) с подстановкой в нее размеров проверяемой пластинки.

6.7. В стенке, укрепленной только поперечными ребрами жесткости, размер выступающей части b_p парного симметричного ребра должен быть не менее $\frac{h_0}{30}+40$ *мм*, толщина ребра должна быть не менее $b_p/12$ и расстояние между ребрами не должно превышать $2h_0$.

При наличии одного продольного ребра необходимый момент инерции поперечного ребра J_p определяется по формуле

$$J_p = 3h_0\delta^3, \qquad (37)$$

а необходимый момент инерции продольного ребра определяется в зависимости от величины $\frac{b_1}{h_0}$ по формулам табл. 44. Обозначения a, h_0 и δ см. п. 6.2.

Таблица 44

Значения необходимого момента инерции продольного ребра $J_{пр.р}$

b_1/h_0	Необходимый момент инерции продольного ребра $J_{пр.р}$	Предельные значения $J_{пр.р}$	
		минимальные	максимальные
0,2	$\left(2{,}5-0{,}5\frac{a}{h_0}\right)\frac{a^2\delta^3}{h_0}$	$1{,}5\,h_0\delta^3$	$7h_0\delta^3$
0,25	$\left(1{,}5-0{,}4\frac{a}{h_0}\right)\frac{a^2\delta^3}{h_0}$	$1{,}5h_0\delta^3$	$3{,}5h_0\delta$
0,3	$1{,}5\,h_0\delta^3$		

Примечание. Для промежуточных значений $\frac{b_1}{h_0}$ допускается линейная интерполяция.

При расположении ребер с одной стороны стенки момент инерции вычисляется относительно оси, совпадающей с ближайшей к ребру гранью стенки.

В местах пересечения с поперечными ребрами прерываются продольные ребра.

6.8. Участок стенки составной балки над опорой должен укрепляться ребрами жесткости и рассчитываться на продольный изгиб из плоскости как стойка, нагруженная опорной реакцией. В расчетное сечение этой стойки включаются ребра жесткости и полосы стенки шириной до 12 δ с каждой стороны ребра. Расчетная длина стойки принимается равной высоте стенки.

Выступающие части опорных ребер жесткости должны быть плотно пригнаны или приварены к нижнему поясу балки и проверены на передачу опорной реакции с опоры на балку.

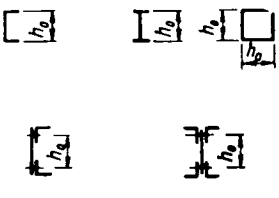
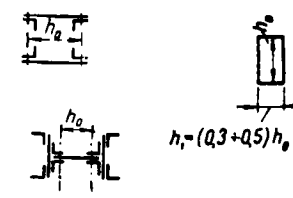
СТЕНКИ ЦЕНТРАЛЬНО-СЖАТЫХ И СЖАТО-ИЗОГНУТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

6.9. В центрально-сжатых стержнях наибольшее допустимое отношение расчетной высоты стенки h_0 (см. п. 6.2) к соответствующей толщине определяется в зависимости от расчетной величины $\bar{\lambda}$ и типа сечения по табл. 45.

В случае недонапряжения стержня значения $\frac{h_0}{\delta}$, полученные из табл. 45, могут быть увеличены в $\sqrt{\frac{R\varphi}{\sigma}}$ раза ($\sigma=\frac{N}{F}$ — расчетное напряжение, φ — коэффициент продольного изгиба), но не более чем в 1,5 раза.

Таблица 45

Наибольшие допустимые значения $\frac{h_0}{\delta}$

№ п/п	Марка сплава	Расчетная гибкость $\bar{\lambda}$ (см. п. 4.17)	Предельные значения h_0/δ для сечений		Примечание
					
1	АД1-М, АМц-М, АМг-М, АД31-Т, АВ-М	$\bar{\lambda}<0{,}3$	$33/\sqrt{R}$	$36/\sqrt{R}\leqslant 70$	R — основное расчетное сопротивление в т/см²
		$\bar{\lambda}\geqslant 1{,}5$	70	70	
2	АМг-П, АД33-Т1, АВ-Т1, АД35-Т1	$\bar{\lambda}<0{,}3$	$60/\sqrt{R}$	$66/\sqrt{R}$	
		$\bar{\lambda}\geqslant 1{,}5$	$67/\sqrt{R}$ [1]	$74/\sqrt{R}\leqslant 70$ [1]	
3	АМг5-М, АД31-Т1, АВ-Т, АМг6-М, АМг61-М, Д1-Т, В92-Т, Д16-Т, В95-Т1	$\bar{\lambda}<0{,}3$	$42/\sqrt{R}$	$47/\sqrt{R}$	
		$\bar{\lambda}\geqslant 1{,}5$	$67/\sqrt{R}$ [1]	$74/\sqrt{R}\leqslant 70$ [1]	

Примечания: 1. Значения h_0/δ для двутавровых и Н-образных сечений увеличиваются на 25%, но принимаются не больше 70.

2. Предельные значения h_0/δ между $\bar{\lambda}=0{,}3$ и $\bar{\lambda}=1{,}5$ принимаются по линейной интерполяции.

6.10. Для стенки сжато-изогнутого элемента наибольшее допустимое отношение $\frac{h_0}{\delta}$ определяется в зависимости от величины

$$\alpha = \frac{\sigma - \sigma'}{\sigma},$$

где σ — сжимающее напряжение у расчетной границы стенки, вычисленное без учета коэффициентов $\varphi^{вн}$, $\varphi_{xy}^{вн}$ и $c\varphi$;

σ' — соответствующее напряжение у противоположной расчетной границы стенки.

При $\alpha \leqslant 0{,}4$ величина $\frac{h_0}{\delta}$ принимается как для стенок центрально-сжатых стержней (п. 6.9).

При $\alpha > 0{,}8$ должно соблюдаться условие

$$\frac{h_0}{\delta} \leqslant 100\sqrt{\frac{k_3}{\sigma}}, \qquad (38)$$

где k_3 берется из табл. 46, σ в $т/см^2$.

В интервале $0{,}4 < \alpha < 0{,}8$ применяется линейная интерполяция между значениями h_0/δ, найденными для $\alpha = 0{,}4$ и $\alpha = 0{,}8$.

Таблица 46

Значения k_3

α	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2
k_3	0,63	0,74	0,89	1,09	1,4	1,75	2,1

6.11. В случае укрепления стенки продольным ребром жесткости, расположенным посредине стенки, наиболее напряженная часть стенки между поясом и ребром рассматривается как самостоятельная пластинка согласно указаниям п. 6.10.

Необходимый момент инерции ребра определяется по формуле

$$J = 6h_0\delta^3. \qquad (39)$$

При этом рекомендуется включать продольное ребро в расчетное сечение элемента.

Если устойчивость стенки не обеспечена, то в расчет вводится только часть ее сечения шириной по $12\,\delta$, считая от границ расчетной ширины.

6.12. Стенки сплошных колонн при $\frac{h_0}{\delta} \geqslant 55$ должны укрепляться поперечными ребрами жесткости на расстояниях $2h_0 \div 2{,}5h_0$ одно от другого, но не менее чем в двух местах на каждой отправочной единице. При наличии продольного ребра расстояние между поперечными ребрами может быть увеличено в 1,5 раза.

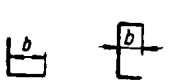
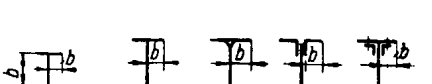
Выступающая часть поперечного ребра жесткости $b_р$ должна быть не менее $\frac{h_0}{30} + 40\,мм$. Толщина ребра должна быть не менее $b_р/10$.

СВЕСЫ ПОЯСНЫХ ЛИСТОВ И ПОЛОК СЖАТЫХ, СЖАТО-ИЗОГНУТЫХ И ИЗГИБАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

6.13. Наибольшее допустимое отношение b/δ для неокаймленного свеса в центрально-сжатых или сжато-изогнутых стержнях определяется в зависимости от расчетной величины $\bar{\lambda}$ и типа сечения по табл. 47.

Таблица 47

Наибольшие допустимые значения b/δ

№ п/п	Марка сплава	Расчетная гибкость $\bar{\lambda}$ (см. п. 4.17)	Предельные значения b/δ для сечений		Примечание
					
1	АМг-П, АД33-Т1	$\bar{\lambda} < 0{,}3$	$15/\sqrt{R}$	$15/\sqrt{R}$	R в $т/см^2$
	АВ-Т1, АД35-Т1, В95-Т1	$\bar{\lambda} \geqslant 1{,}5$	$19/\sqrt{R}$	$22/\sqrt{R}$	
2	Все прочие сплавы	$\bar{\lambda} < 0{,}3$	$15/\sqrt{R+1{,}2}$	$15/\sqrt{R+1{,}2}$	
		$\bar{\lambda} \geqslant 1{,}5$	$19/\sqrt{R} \leqslant 22$	$22/\sqrt{R} \leqslant 22$	

Примечания: 1. В неравнобоких уголках значения b/δ для большей полки увеличиваются на 10% по сравнению с табличными значениями.

2. Значение b/δ для стенки тавра принимается таким же, как для большей полки неравнобокого уголка, т. е. с увеличением на 10%.

3. Предельные значения b/δ между $\bar{\lambda} = 0{,}3$ и $\bar{\lambda} = 1{,}5$ принимаются по линейной интерполяции.

Здесь b — расчетная ширина свеса, измеряемая в элементах прессованных, прокатных, сварных и клепаных без поясных листов, от свободного края свеса до грани примыкающей стенки (полки); в клепаных элементах с поясными листами — от свободного края листа до ближайшей риски заклепок.

При наличии вута, образующего со свесом угол не менее 30°, расчетная ширина измеряется до начала вута (в случае выкружки берется вписанный вут);

δ — толщина свеса.

В случае недонапряжения элемента значения b/δ, полученные из табл. 47, могут быть увеличены в $\sqrt{\frac{RF\varphi^*}{N}}$ раза, но не более чем в 1,5 раза.

Здесь φ^* — меньшая из величин φ, $\varphi^{вн}$, $\varphi_{xy}^{вн}$ и $c\varphi$, использованных при проверке устойчивости элемента.

6.14. Наибольшая ширина сжатого пояса сварных и прессованных балок, а также размеры свесов сжатых поясных листов клепаных балок назначаются с учетом допустимых предельных размеров свесов, приведенных в табл. 47 для $\lambda \leqslant 0{,}3$.

Наибольшие размеры неокаймленных полок уголков в сжатых поясах клепаных балок без горизонтальных листов принимаются по табл. 48.

Таблица 48

Наибольшие размеры неокаймленных полок уголков в сжатых поясах клепаных балок без горизонтальных листов

Марка сплава	АД1-М, АМц-М, АМг-М, АВ-М, АД31-Т, АД31-Т1, АВ-Т, АМг5-М	АМг-П, АМг6-М, АД33-Т1, АВ-Т1	АМг61-М, Д1-Т, АД35-Т1	Д16-Т, В92-Т	В95-Т1
Ширина полки (от обушка до кромки)	15δ	14δ	12δ	11δ	10δ

В случае недонапряжения элемента наибольшая ширина пояса (полки) может быть увеличена в $\sqrt{\frac{R}{\sigma}}$ раза, но не более чем в 1,5 раза; здесь σ — большая из величин:

$$\sigma = \frac{M}{\varphi_6 W} \quad \text{или} \quad \sigma = \left| \frac{M_{xy}}{J_{x\,нт}} \pm \frac{M_{yx}}{J_{y\,нт}} \right|.$$

6.15. При усилении свободных свесов утолщениями (бульбами) предельные отношения b'/δ определяются по формуле

$$\frac{b_1}{\delta} = \beta \sqrt{\frac{\beta + 0{,}3\left\{1 + c\left[1 + 4\left(1 - \frac{1}{\gamma_1}\right)\right]^2\right\}\gamma_1^4}{\beta + 2{,}35\gamma_1^2}} = k\beta, \qquad (40)$$

где k — коэффициент, определяемый по табл. 49;

Таблица 49

Значение коэффициента k

Тип сечения	β	γ_1	Значения коэффициента k в формуле (40) для сплавов: всех, кроме АМг-П, АД33-Т1, АВ-Т1, АД35-Т1 при относительной гибкости $\bar{\lambda}$ ≤0,3	>1,5	любой	Значения коэффициента k в формуле (40) для сплавов: АМг-П, АД33-Т1, АВ-Т1, АД35-Т1 при относительной гибкости $\bar{\lambda}$ ≤0,3	>1,5	любой
Швеллер, двутавр	7,5≤β≤12	2,5	1,06	1,35	1,35			
		3	1,24	1,69	1,69			
		3,5	1,46	2,06	2,06			
	16≤β≤20	2,5	1,04	1,28	1,28			
		3	1,2	1,59	1,59			
		3,5	1,4	1,94	1,94			
Уголок, тавр, крест	7,5≤β≤12	2,5	1,06	1,17	1,17			
		3	1,24	1,41	1,41			
		3,5	1,46	1,67	1,67			
	16≤β≤20	2,5	1,04	1,13	1,13			
		3	1,2	1,35	1,35			
		3,5	1,4	1,6	1,6			

Примечание. Для промежуточных значений от 12 до 16 и относительных гибкостей от 0,3 до 1,5 коэффициент k определять по линейной интерполяции.

$\beta = \frac{b}{\delta}$ — предельное отношение ширины свеса b к толщине δ при отсутствии бульбы (табл. 47);

b' — ширина свеса, измеряемая от центра утолщения (бульбы) до грани примыкающей стенки (полки) или до начала вута (п. 6.13);

δ — толщина свеса.

$\gamma_1 = \frac{D}{\delta}$,

D — диаметр круглой бульбы; в квадратных и трапецеидальных утолщениях нормального профиля, D — высота утолщения при ширине бульбы не менее $1{,}5D$ при трапецеидальных и $1D$ при прямоугольных утолщениях (рис. 8);

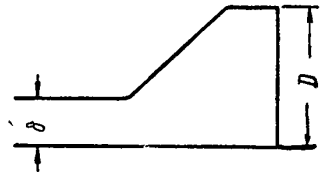


Рис. 8. Схема элемента с бульбой

c — коэффициент, принимаемый по табл. 50.

6.16. Устойчивость стенок центрально-сжатых труб круглого сечения (круговых цилиндрических оболочек) проверяется по формуле

$$\sigma \leqslant \sigma_0 \qquad (41)$$

Таблица 50

Значение коэффициента c

Тип сечения	Значения c в формуле (40) для сплавов		
	всех, кроме АМг-П, АД33-Т1, АВ-Т1, АД35-Т1		АМг-П, АД33-Т1, АВ-Т1, АД35-Т1
	при относительной гибкости $\bar{\lambda}$		
	$\leqslant 0{,}3$	$\geqslant 1{,}5$	любой
Швеллер, двутавр . . .	0,2	0,8	0,8
Уголок, тавр, крест .	0,2	0,4	0,4

где σ_0 — меньшая из величин $\varphi^* R$ и $cE\delta/r$;

σ — расчетное напряжение, вычисленное по сечению брутто без учета коэффициента φ;

r — радиус срединной поверхности трубы;

δ — толщина стенки. Значения φ^* и c берутся из табл. 51 и 52.

Таблица 51

Значение коэффициента φ^*

Марка сплава	Отношение радиуса срединной поверхности трубы (r) к толщине стенки (δ)							
	25	50	75	100	125	150	200	$\geqslant 250$
В92-Т (профиль), В95-Т1	0,95	0,82	0,7	0,61	0,54	0,48	0,39	0,32
АМг-П, АМг5-М, АМг6-М, АМг61-М, АД31-Т1, АД33-Т1, АД35-Т1, АВ-Т, АВ-Т1, В92-Т лист, Д1-Т	0,96	0,85	0,75	0,67	0,6	0,54	0,45	0,37
АД1-М, АМц-М, АМг-М, АД31-Т, АВ-М	0,97	0,87	0,79	0,72	0,66	0,6	0,5	0,42

Устойчивость стенок внецентренно-сжатых труб круглого сечения (круговых цилиндрических оболочек) проверяется по формуле (41), но под σ понимается наибольшее сжимающее напряжение, вычисленное по сечению брутто без учета коэффициента $\varphi^{вн}$, а значение σ_0 увеличивается в $1+0{,}1\ (1-\sigma^1/\sigma)$ раз, где σ^1 — наименьшее напряжение (растягивающие напряжения считаются отрицательными).

В трубах заводского изготовления, не имеющих монтажных стыков, кроме соединений в узлах ферм, при $r/\delta \leqslant 35$, устойчивость стенок не проверяется.

Таблица 52

Значение c

r/δ	50	100	150	200	250	500
c	0,3	0,22	0,20	0,18	0,16	0,12

7. ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТОНКОЛИСТОВОГО АЛЮМИНИЯ

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И ВИДЫ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ

7.1. Тонколистовой алюминий в большинстве случаев применяется в качестве основного элемента ограждающих конструкций плит, панелей, настилов и пр.

Из профилированных (волнистых) листов могут также изготавливаться пространственные конструкции, например трехгранные арочные системы.

Элементом конструкции ограждения являются:

а) плоский лист, подкрепленный ребрами или специальной выштамповкой;

б) гофрированный лист без подкреплений или со специальными подкреплениями.

При действии поперечной нагрузки на плоские или гофрированные листы, имеющие соответствующие подкрепления в виде ребер по всему сечению листов, перпендикулярном ребрам, могут возникать сжимающие напряжения (для гофрированных листов при совпадении направления гофра-волны с направлением ребра).

При сжимающих напряжениях, вызванных или поперечной нагрузкой (при наличии ребер), или непосредственным действием продольных сил, учитывается закритическая стадия работы листов.

Для этой цели используются редукционные коэффициенты, при помощи которых устанавливается рабочая площадь листов, напряжения в которой могут достигать расчетных значений.

Остальная часть листа, не вошедшая в эту площадь, рассматривается как нерабочая.

За рабочую площадь принимается $F_{\text{нетто}}$.

Плоские листы при достаточной жесткости опорных закреплений в плоскости листа на действие поперечной нагрузки работают как мембрана. При отношении $t/l \leqslant 1/400$ их расчет возможно производить только на чистое растяжение. При отношениях $t/l \geqslant 1/400$ лист должен рассчитываться на совместное действие изгиба и растяжения.

Элементы мембранного типа могут использоваться как без предварительного напряжения, так и с предварительным напряжением.

Элементы, работающие на сжатие и изгиб

7.2. При расчете на прочность сжатого в одном направлении плоского листа, опертого

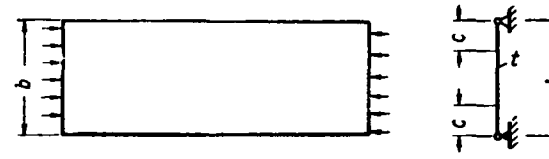


Рис. 9. Расчетная схема сжатого тонколистового элемента

b — полная ширина сечения; c — рабочая ширина сечения

по контуру, в рабочую площадь включается часть листа на ширине $2c$ (рис. 9):

$$c = 0{,}95t\sqrt{\vartheta\frac{E}{\sigma}}, \qquad (42)$$

где t — толщина листа;

σ — напряжение в рабочей площади листа;

E — модуль продольной упругости, равный 710 000 *кг/см*²;

ϑ — коэффициент, принимаемый по табл. 43 в зависимости от отношения σ/R;

R — расчетное сопротивление.

7.3. При расчете на прочность и по деформациям плоских листов, подкрепленных продольными ребрами, как при действии продольной силы, так и поперечной нагрузки (и условии, что в поперечном сечении листа возникают сжимающие напряжения) в рабочую площадь ребер включается лист на ширине c (рис. 10, *а*), определяемый по формуле (42).

Примечание. При расчете плит и панелей из алюминия с $R \geqslant 1000$ *кг/см*² в формуле (42) возможно значение σ принимать постоянным, равным $0{,}67R$ и соответственно $\vartheta = 1$.

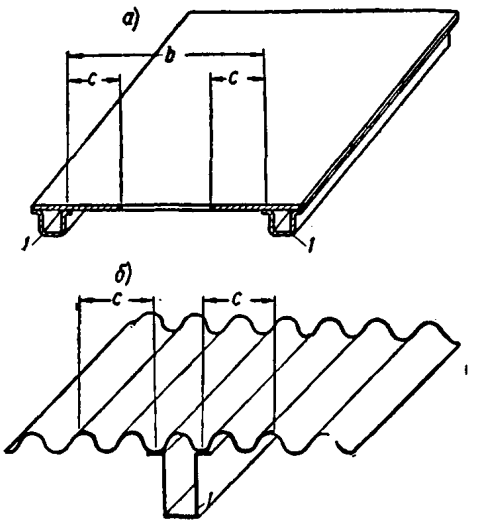


Рис. 10. Расчетная схема листов, подкрепленных продольными ребрами

а — плоский лист; *б* — гофрированный лист; *1* — ребро

7.4. При расчете на прочность гофрированного листа, опертого по контуру и сжимаемого в направлении гофров, при отношении $a/b \geqslant 3$ (рис. 11, *а*) в рабочую площадь включается часть листа на ширине $2c$:

$$c = 1{,}04 \sqrt{\frac{K}{tdR}\left(\sqrt{D_x D_y} + D_{xy}\right)}. \qquad (43)$$

В формуле (43):

R — расчетное сопротивление;

$$D_x = EJ_x;$$

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

$$D_{xy} = \mu D_y + \frac{d}{K} \cdot \frac{Gt^3}{6};$$

E — модуль продольной упругости;

G — модуль сдвига;

J_x — момент инерции на единицу длины относительно нейтральной оси гофра;

K и d — шаг и длина по периметру одной полуволны (рис. 13);

t — толщина листа.

Когда отношение $a/b < 3$ или гофрированный лист разделяется поперечными ребрами на ряд ячеек с соотношением сторон $a/b < 3$ (рис. 11,*б*), значение c определяется по формуле

$$c = 0{,}74 \sqrt{\frac{K}{tdR}\left(D_x \frac{b^2}{a^2} + 2D_{xy} + D\frac{a^2}{b^2}\right)}. \qquad (44)$$

В формуле (44) a и b см. по рис. 11, остальные обозначения см. по формуле (43).

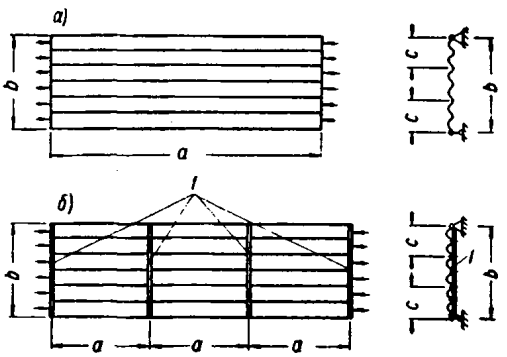


Рис. 11. Расчетная схема сжатого гофрированного листа

а — без поперечных ребер жесткости; *б* — с поперечными ребрами жесткости; *1*—ребро жесткости

Примечание. При наличии продольных ребер (рис. 12) в рабочую площадь включается площадь ребер и часть листа на ширине c в каждую сторону от ребра.

7.5. При использовании формулы (44) момент инерции поперечных ребер жесткости не должен быть меньше величины

$$J_{\text{реб}} \geqslant \frac{J_x b^4}{4a^3}. \qquad (45)$$

Если гофрированный лист и поперечные ребра имеют различные модули упругости, то

$$J_{\text{реб}} \geqslant \frac{D_x b^4}{4E_{\text{реб}} a^3}, \qquad (45а)$$

где $E_{\text{реб}}$ — модуль упругости материала ребра, остальные обозначения в формулах (45) — (45а) см. формулу (43).

В случае, если $J_{\text{реб}}$ меньше указанных в формулах (45) и (45а) величин, то значение c подсчитывается по формуле (43). При этом значение D_y следует принимать

$$D_y = \frac{K}{d} \cdot \frac{Et^3}{12(1-\mu^2)} + \frac{EJ_{\text{реб}}}{a}.$$

7.6. Гофрированный лист, не имеющий подкрепляющих ребер (волнистые настилы), подверженный действию поперечной нагрузки, на

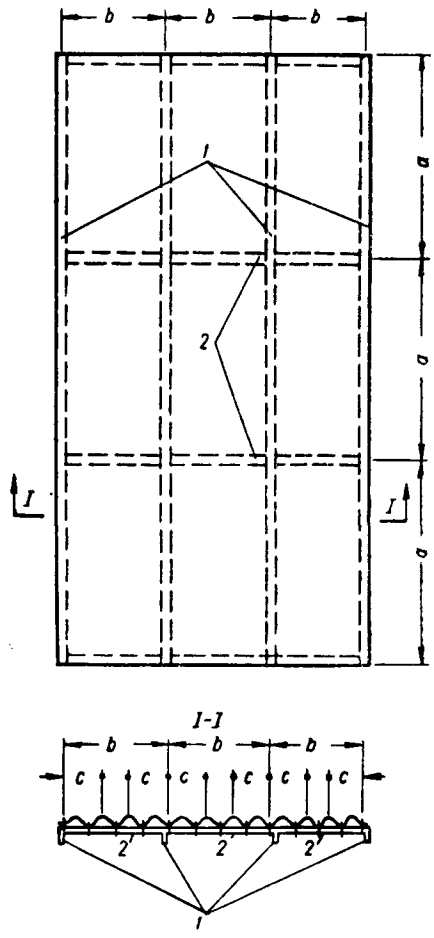


Рис. 12. Схема плиты из гофрированного листа с продольными и поперечными ребрами

1 — продольные ребра; *2* — поперечные ребра

прочность и жесткость рассчитывается в направлении гофра (волны).

При наличии на опорах и по длине настила раскрепляющих поперечных связей, расстояние между которыми не превышает 60 радиусов инерции гофра, за рабочую площадь принимается полная площадь поперечного сечения.

Когда гофрированный лист подкреплен продольными ребрами и от действия нагрузки в его поперечном сечении возникают сжимающие напряжения, расчет листа на прочность и по деформациям следует производить с включением в рабочую площадь ребер части листа на ширине *c* (рис. 10,*б*), определяемой по формуле (43) независимо от наличия поперечных ребер.

7.7. При использовании формул (42), (43) и (44) дополнительная проверка на устойчивость собственно листа не производится, за исключением проверки местной устойчивости гофра.

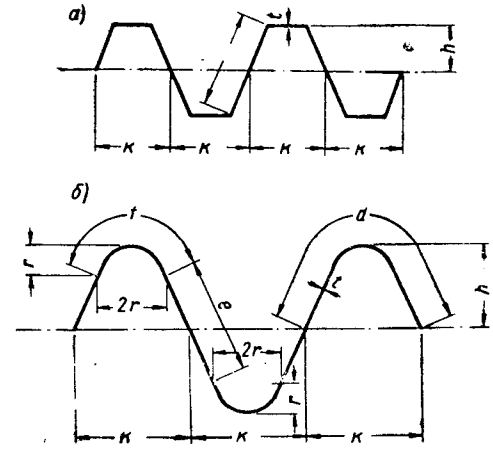


Рис. 13. Геометрические параметры для

а — трапецеидального гофра; *б* — синусоидального гофра

Трапецеидальный гофр может рассматриваться как система шарнирно-сочлененных пластин (рис. 13, *а*); устойчивость их проверяется по формуле

$$\frac{1{,}8E}{\left(\frac{e}{t}\right)^2} \geqslant R. \qquad (46)$$

Синусоидальный гофр может рассматриваться как система незамкнутых криволинейных оболочек и пластин, заключенных между ними (рис. 13, *б*).

Проверка средней части гофра производится по формуле

$$k_1 \frac{0{,}45E}{\left(\frac{e}{t}\right)^2} \geqslant R. \qquad (47)$$

Проверка устойчивости овальной части синусоидального гофра (рис. 13, *б*) и гофра в виде полуокружности или части окружности производится по формуле

$$\frac{0{,}06Et}{r} \geqslant R. \qquad (48)$$

В формулах (46), (47) и (48):

R — расчетное сопротивление;

E — модуль продольной упругости;

t — толщина пластины;
e — ширина пластины, требующей проверки;
r — радиус окружности или высота овальной части синусоидального гофра.

Значение коэффициента k_1 в формуле (47) следует определять из таблицы 53 в зависимости от отношения $\gamma = \frac{e}{f}$, где f — длина криволинейного участка гофра (принимается за полукруг).

Таблица 53

Значение коэффициента k_1

e/f	0,25	0,5	1	2	4	10
k_1	4,79	5,39	6,14	6,92	7,57	8,13

Элементы мембранного типа

7.8. В случаях когда мембрана располагается в средних пролетах, она может рассчитываться как полностью закрепленная на опорах.

На действие равномерной нагрузки включается полная ширина отсека мембраны.

При отношении сторон отсека $b/a \leqslant 1/2$ мембрана считается только в одном направлении.

Если $b/a > 1/2$, нагрузка распределяется между двумя направлениями по формуле

$$P_1 = \frac{Pb^2}{a^2+b^2} \text{ и } P_2 = \frac{Pa^2}{a^2+b^2}, \qquad (49)$$

где b — меньшая сторона;
a — большая сторона.

В крайних панелях, если специальными мерами не закреплены бортовые ребра от горизонтальных смещений, то при способности ребер воспринимать сжимающие усилия от распора мембрана должна рассчитываться как натянутая между углами.

В этом случае за расчетный пролет принимается длина диагонали отсека, а в рабочую площадь включается ширина мембраны, равная 300 t.

В элементах каркаса, расположенных вдоль пролета мембраны, а также и поперек пролета, в случае четырехсторонней работы мембраны, необходимо учитывать напряжения от воздействия распора мембраны, передаваемого на элементы каркаса с эксцентрицитетом, равным расстоянию от середины толщины листа мембраны до центра тяжести сечения элемента каркаса. Эти напряжения должны суммироваться с основными изгибными напряжениями элементов каркаса.

7.9. При расчете щитов мембранного типа в рабочую площадь продольных элементов со стороны сжатой фибры может быть включена обшивка на ширине $50t$ в каждую сторону от оси прикрепления. Растянутая обшивка может быть включена в работу продольных ребер на ширине $700t$ в каждую сторону от ребра.

При расчете щитов с предварительно напряженной обшивкой и наличии торцевых элементов жесткости обшивка вводится в работу щита при условии обеспечения надежной передачи усилий от элементов каркаса к обшивке. Если прогиб торцевого элемента жесткости от действия максимальных усилий в обшивке $\sigma_{об}^{max}$ равен или меньше величины:

$$f_{торц\cdot эл} \leqslant 0{,}1\frac{\sigma_{об}^{max} l}{E} \qquad (50)$$

(где l — длина обшивки между торцевыми элементами жесткости), то обшивка вводится в расчетное сечение щита полностью. В противном случае в расчетное сечение щита вводится половина площади обшивки.

Величина предварительного напряжения обшивки принимается с коэффициентами условий работы 0,9 или 1,1. Напряжения в обшивке должны удовлетворять двум условиям:

$$\sigma_р + \sigma_т \cdot 1{,}1 \leqslant R, \qquad (51)$$
$$-\sigma_р + \sigma_т \cdot 0{,}9 \geqslant 0, \qquad (51а)$$

где $\sigma_т$ — напряжения в листе от предварительного напряжения;
$\sigma_р$ — напряжения в листе от внешней нагрузки.

В продольных элементах каркаса необходимо учитывать дополнительные напряжения, вызываемые работой мембраны под действием местной нагрузки. Эти напряжения могут быть определены как для обычной ненапрягаемой мембраны. Такое положение соответствует исчерпанию предварительного напряжения в предельном состоянии при загружении расчетной нагрузкой.

Трехгранные стержни из гофрированных листов

7.10. Трехгранные стержни из гофрированных листов усиляются поперечными диафрагмами. Кроме того, по углам поперечного сечения могут устанавливаться пояса.

При расчете на сжатие граней стержня в рабочее сечение включаются пояса и часть

листа на ширине $2c$ (рис. 14). Значение c определяется по формулам (43) и (44). Момент инерции поперечных ребер подбирается по формулам (45) и (45 а).

7.11. При отсутствии поясов или при площади поясов, не превышающей 1,5 площади рабочего сечения листов, проверка устойчивости рабочего сечения конструкции не производится.

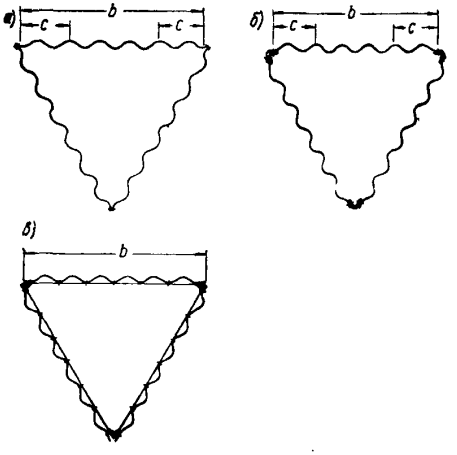


Рис. 14. Сечение трехгранного стержня из гофрированных листов

а — без поясов; *б* — с поясами; *в* — усиленного плоскими листами

Если площадь поясов превышает 1,5 площади рабочего сечения листов, требуется специальная проверка устойчивости рабочего сечения конструкции. Кроме того, требуется проверка местной устойчивости гофра согласно п. 7.7.

7.12. Общая устойчивость трехгранного стержня из гофрированных листов, нагруженного продольной силой, проверяется по его приведенной гибкости $\lambda_{пр}$, равной

$$\lambda_{пр} = \nu\lambda, \qquad (52)$$

где ν — коэффициент приведения длины стержня;

λ — наибольшая гибкость всего стержня.

Коэффициент приведения длины ν определяется по формуле

$$\nu = \sqrt{1+3\frac{k_c\chi\pi^2}{\lambda^2}}, \qquad (53)$$

где χ — численный коэффициент, зависящий от формы поперечного сечения. Для пространственного трехгранного стержня $\chi=1{,}7$;

k_c — коэффициент, учитывающий понижение модуля сдвига гофрированных листов по сравнению с плоскими, принимается по табл. 54 в зависимости от высоты волны (для толщины листа $\delta \geqslant 1{,}2$ *мм*).

7.13. Повышение общей и местной устойчивости стержня может быть достигнуто путем включения плоских листов в работу гофрированных граней (рис. 14,*в*).

При наличии плоского листа коэффициент приведения длины стержня ν определяется по формуле (53), в которой

$$k_c = \frac{F_1+F_2}{F_1}, \qquad (54)$$

где F_1 — общая площадь плоских листов;

F_2 — общая площадь гофрированных листов.

Значение k_c не может приниматься больше величин, указанных в табл. 54.

Таблица 54

Значение коэффициента k_c

Высота волны в *мм*	35	50	65	80
k_c	10	13,6	17	20

7.14. При соединении ветвей трехгранного стержня плоским листом, местная устойчивость которого обеспечена, коэффициент приведения длины стержня принимается по формуле (53) при значении $k_c=1$.

8. РАСЧЕТ СОЕДИНЕНИЙ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

СТЫКИ И ПРИКРЕПЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ

Сварные соединения

8.1. При осевом действии усилий на сварное соединение распределение напряжений по длине шва принимается равномерным.

Сварные швы, воспринимающие продольные силы, рассчитываются по формулам табл. 55.

Таблица 55

Формулы для расчета сварных швов соединений, воспринимающих продольные усилия

№ п/п	Тип сварного шва	Напряженное состояние	Расчетная формула
1	Сварные швы в стык, расположенные перпендикулярно действующей силе	Сжатие	$\frac{N}{l_ш \delta} \leqslant R_c^{св}$,
		Растяжение	$\frac{N}{l_ш \delta} \leqslant R_p^{св}$
2	Сварные угловые швы	Сжатие, растяжение и срез	$\frac{N}{(\beta h_ш)\ l_ш} \leqslant R_y^{св}$

где N — расчетная продольная сила;
δ — наименьшая толщина соединяемых элементов;
$l_ш$ — расчетная длина шва, равная его полной длине за вычетом 10 *мм*; при выводе шва за пределы стыка (на подкладки и т. д.) за расчетную длину шва принимается его полная длина;
$h_ш$ — толщина углового шва, принимаемая равной катету вписанного равнобедренного треугольника (рис. 15);
β — коэффициент, принимаемый равным $\beta = 0{,}7$ — при ручной и полуавтоматической сварке и $\beta = 0{,}9$ — при автоматической сварке.

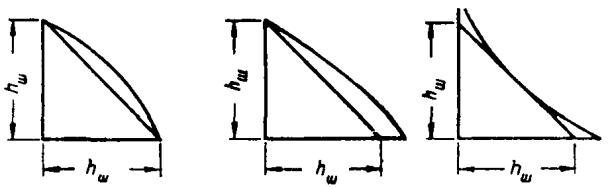


Рис. 15. Схемы сварных швов
$h_ш$ — толщина шва

8.2. Сварные соединения в стык, работающие на изгиб, рассчитываются по формулам, установленным для цельного сечения с расчетными сопротивлениями согласно табл. 11 и 12.

8.3. Сварные швы в стык, работающие одновременно на изгиб и срез, проверяются по формуле

$$\frac{\sigma}{2} + \sqrt{\frac{\sigma^2}{4} + \tau^2} \leqslant R_p^{св}, \qquad (55)$$

где $\sigma = \sigma_ш$ — напряжение в шве от изгиба;
$\tau = \tau_ш$ — напряжения в шве от среза.

8.4. При одновременном действии в одном и том же сечении углового шва срезывающих напряжений в двух направлениях расчет производится на равнодействующую этих напряжений.

Заклепочные и болтовые соединения

8.5. При осевом действии продольной силы на заклепочное или болтовое соединение (в стыках или прикреплениях элементов) распределение этой силы между заклепками или болтами принимается равномерным.

Заклепочные или болтовые соединения, воспринимающие продольные силы, рассчитываются по формулам табл. 56.

Таблица 56

Формулы для расчета заклепочных и болтовых соединений, воспринимающих продольные усилия

№ п/п	Тип соединения	Напряженное состояние	Расчетная формула
1	Заклепки (или болты)	Срез	$\frac{N}{n n_{ср} \frac{\pi d^2}{4}} \leqslant R_{ср}^{закл}$ (56)
		Смятие	$\frac{N}{n d \Sigma\delta} \leqslant R_{см}^{закл}$ (56а)
2	Болты (обычные)	Растяжение	$\frac{N}{n \frac{\pi d_0^2}{4}} \leqslant R_p^б$ (56б)
3	Заклепки	Отрыв головки заклепки	$\frac{N}{n \pi d h} \leqslant R_{отр}^{закл}$ (56в)

где N — расчетная продольная сила, действующая на соединение;
n — число заклепок или болтов в соединении;
$n_{ср}$ — число рабочих срезов одной заклепки или болта;
d — диаметр отверстия для заклепки или наружный диаметр стержня болта;
d_0 — внутренний диаметр резьбы болта;
$\Sigma\delta$ — наименьшая суммарная толщина элементов, снимаемых в одном направлении;
$h = 0{,}4\,d$ — высота поверхности отрыва головки (рис. 16).

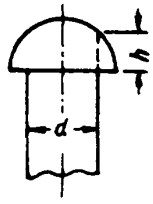


Рис. 16. Заклепка с полукруглой головкой

8.6. Заклепки и болты, работающие одновременно на срез и растяжение, проверяют отдельно на срез и на растяжение.

8.7. 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 расчета на 10%.

При прикреплении выступающих полок уголков или швеллеров с помощью коротышей число заклепок (болтов), прикрепляющих одну из полок коротыша, должно быть увеличено против расчета на 50%.

Монтажные соединения на высокопрочных болтах

8.8. Монтажные соединения на высокопрочных болтах рассчитываются 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 принимается равномерным.

8.9. Расчетное усилие, которое может быть воспринято каждой поверхностью трения соединяемых элементов (т. е. каждым контактом рабочих поверхностей), стянутых одним высокопрочным болтом, определяется по формуле

$$N_б = Pfm, \qquad (57)$$

где f — коэффициент трения, принимаемый по табл. 57;

m — коэффициент условий работы болтового соединения, принимаемый равным 0,8;

P — осевое усилие натяжения болта.

Осевое натяжение высокопрочных болтов P принимается в зависимости от механических свойств болтов после их термической обработки равным 60% от разрушающей нагрузки при разрыве болта и определяется по формуле

$$P = 0{,}6\sigma_{вр} F_{нт}, \qquad (58)$$

где $\sigma_{вр}$ — временное сопротивление разрыву стали высокопрочных болтов после термической обработки в готовых изделиях (болта);

$F_{нт}$ — площадь сечения болта нетто (по резьбе).

Таблица 57

Значения коэффициента трения f в формуле (57)

Способ предварительной обработки соединяемых поверхностей	Значение f для соединяемых элементов конструкций из алюминия
Пескоструйная очистка	0,45
Травленые поверхности	0,4
Без обработки (после обезжиривания)[1]	0,15

[1] Применение высокопрочных болтов в таких условиях не рекомендуется.

Соединения с фрезерованными торцами

8.10. В соединениях с фрезерованными торцами элементов (в стыках сжатых элементов и т. п.) сжимающая сила полностью передается через торцы.

В сжато-изогнутых элементах стыковые соединения рассчитываются на усилие, равное 25% наибольшей сжимающей силы, и проверяются на наибольшее растягивающее усилие от действия изгибающего момента, соответствующего минимальной продольной силе.

Поясные соединения в составных балках

8.11. Сварные швы и заклепки, соединяющие стенки и пояса составных балок, рассчитываются по формулам табл. 58.

Таблица 58

Формулы для расчета поясных соединений в балках

№ п/п	Характер нагрузки	Тип соединений	Расчетные формулы
1	Неподвижная нагрузка (распределенная и сосредоточенная)	Угловые швы	$\frac{QS_п}{2(\beta h_ш)J_{бр}} \leqslant R_y^{св}$
2	То же	Заклепки	$a\frac{QS_п}{J_{бр}} \leqslant N_{закл}$
3	Подвижная сосредоточенная нагрузка	Угловые швы	$\frac{1}{2(\beta h_ш)}\sqrt{\left(\frac{QS_п}{J_{бр}}\right)^2+\left(\frac{n_1P}{z}\right)^2} \leqslant R_y^{св}$
4	То же	Заклепки	$a\sqrt{\left(\frac{QS_п}{J_{бр}}\right)^2+\left(\frac{an_1P}{z}\right)^2} \leqslant N_{закл}$

где Q — наибольшая поперечная сила в рассматриваемом сечении;

$S_п$ — статический момент брутто пояса балки относительно нейтральной оси;

$h_ш$ — толщина углового шва;

β — коэффициент, равный 0,7, при ручной и полуавтоматической сварке и 0,9—при автоматической;

a — шаг поясных заклепок;

$N_{закл}$ — расчетное усилие на одну заклепку, принимаемое равным (см. табл. 56);

$N_{закл}=n_{ср}\frac{\pi d^2}{4}R_{ср}^{закл}$ — при расчете на срез;

$N_{закл}=d\Sigma\delta R_{см}^{закл}$ — при расчете на смятие;

P — величина расчетного сосредоточенного груза, для подкрановых балок — расчетная величина давления катка, принимаемая без коэффициента динамичности;

n_1 — коэффициент, принимаемый по приложению 9;

z — условная длина распределения давления сосредоточенного груза, принимаемая по приложению 9;

α — коэффициент, принимаемый равным:

$\alpha=0{,}4$ — при нагрузке по верхнему поясу клепаной балки, в которой стенка пристрогана к верхнему поясу;

$\alpha=1$ — то же, но при отсутствии пристрожки стенки;

$\alpha=1$ — при нагрузке по нижнему поясу.

Примечания: 1. При неподвижной сосредоточенной нагрузке, приложенной к верхнему поясу, предусматривается, что в местах приложения грузов имеются ребра жесткости, приваренные или плотно пригнанные к верхнему поясу. При отсутствии указанных ребер расчет прикрепления верхнего пояса ведется: как для подвижной сосредоточенной нагрузки.

2. При приложении неподвижной сосредоточенной нагрузки к нижнему поясу балки сварные швы и заклепки, прикрепляющие этот пояс к стенке, рассчитываются по формулам (3) и (4) табл. 58 независимо от наличия ребер жесткости в местах приложения нагрузок.

8.12. В клепаных балках с многолистовыми поясными пакетами каждый из листов должен быть прикреплен за местом своего теоретического обрыва из расчета на усилие, приходящееся на половину площади сечения листа.

Каждый лист на участке между действительным местом его обрыва и местом обрыва предыдущего листа должен быть прикреплен из расчета на усилие, приходящееся на полную площадь сечения листа.

Анкерные болты

8.13. В конструкциях из алюминиевых сплавов анкерные болты выполняются преимущественно стальными. Расчет стальных анкерных болтов следует производить по СНиП II-В.3-62.

9. УКАЗАНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ АЛЮМИНИЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ИХ ЭЛЕМЕНТОВ

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

9.1. При проектировании алюминиевых конструкций надлежит:

а) предусматривать связи, обеспечивающие в процессе монтажа и эксплуатации ус-

гойчивость и пространственную неизменяемость сооружения в целом и его элементов, назначая их в зависимости от основных параметров сооружения и режима его эксплуатации (конструктивная схема, пролеты, типы кранов и режим их работы, температурные воздействия и т. д.);

б) учитывать производственные возможности и мощность кранового оборудования заводов и мастерских-изготовителей, подъемно-транспортное и другое оборудование монтажных организаций;

в) компоновать элементы конструкций из наименьшего количества деталей;

г) использовать металл с наименьшими отходами и потерями путем соответствующего размещения стыков в конструкции;

д) производить разбивку конструкций на отправочные элементы с учетом рационального и экономичного транспортирования их на строительство и выполнения максимального объема работ на заводе;

е) предусматривать возможность укрупнения отправочных элементов конструкций на строительной площадке для монтажа крупными блоками с обеспечением устойчивости отдельных элементов и блоков сооружения в процессе монтажа;

ж) использовать возможность фрезерования торцов для мощных сжатых и внецентренно сжатых элементов (при отсутствии значительных краевых растягивающих напряжений) при наличии соответствующего оборудования на заводе-изготовителе;

з) предусматривать монтажные крепления элементов, обеспечивающие возможность легкой сборки и удобного выполнения соединений элементов на монтаже (устройство монтажных столиков и т. п.), а также быстроту выверки конструкций;

и) назначать монтажные соединения элементов преимущественно болтовыми; сварные и клепаные монтажные соединения предусматривать лишь в тех случаях, когда применение болтов нерационально или не допускается нормами;

к) учитывать возможность применения в монтажных соединениях высокопрочных болтов взамен заклепок (при соответствующем технико-экономическом обосновании).

9.2. Прогибы изгибаемых элементов не должны превышать величин, указанных в табл. 59.

Таблица 59

Предельные прогибы изгибаемых элементов

№ п/п	Наименование элементов конструкций	Величина прогиба в долях пролета
1	Подкрановые балки при ручных кранах	1/500 (1/400)
2	Монорельсовые пути . .	1/400 (1/300)
3	Балки междуэтажных перекрытий:	
	а) главные балки	1/400 (1/300)
	б) прочие	1/250 (1/200)
4	Балки покрытий и чердачных перекрытий:	
	а) главные балки	1/250 (1/200)
	б) прогоны	1/200 (1/150)
	в) обрешетки . . .	1/150 (1/125)
5	Стропильные фермы пролетом до 42 *м* включительно без подвесного транспорта:	
	а) при скатных кровлях и неиспользуемом межферменном пространстве . . .	1/300 (1/250)
	б) при горизонтальных плоских кровлях	1/400 (1/300)
	в) при скатных кровлях и размещении в межферменном пространстве помещений с находящимися в них людьми	1/350 (1/300)
6	Элементы фахверка:	
	а) стойки, ригели . . .	1/300 (1/200)
	б) прогоны остекления (в вертикальной и горизонтальной плоскостях)	1/200
7	Стеновые панели остекленные	1/200
8	Кровельные панели, подвесные потолки	1/150 (1/125)
9	Стеновые панели неостекленные	1/125 (1/100)

Примечания: 1. Величины прогибов в скобках допускаются при наличии обоснования (опытное строительство, наличие строительного подъема и др.).

2. Прогибы определяются от нормативной нагрузки без учета коэффициента динамичности.

3. Прогибы могут определяться (при соответствующем обосновании) условиями сохранения плотности стыков и водоотвода.

4. При применении подвесного транспорта предельные прогибы стропильных ферм определяются по условию нормальной эксплуатации применяемого в каждом конкретном случае подъемно-транспортного механизма.

9.3. Климатические температурные воздействия на алюминиевые конструкции одноэтажных зданий и сооружений разрешается не учитывать при соблюдении предельных размеров их температурных отсеков, указанных в табл. 60.

Таблица 60

Предельные размеры в *м* температурных отсеков зданий и сооружений

Категория зданий и сооружений	Предельные расстояния от торца отсека до оси ближайшей вертикальной связи		Предельная длина отсека (вдоль здания)		Предельная ширина отсека (здания)	
	А	Б	А	Б	А	Б
Отапливаемые здания	72	48	144	96	120	90
Неотапливаемые здания и горячие цехи	48	36	96	72	90	60
Открытые эстакады	36	24	72	48	—	—

Примечание. К группе А относятся здания и сооружения, в которых конструкции покрытий или (*и*) стен выполнены из алюминия, а колонны приняты металлическими. К группе Б относятся здания и сооружения, в которых конструкции покрытий или (*и*) стен выполнены из алюминия, а колонны приняты железобетонными.

Учет усталости (выносливости) металла

9.4. Конструкции, непосредственно воспринимающие многократно действующие подвижные, вибрационные или другого вида нагрузки, которые могут привести к усталостному разрушению, надлежит рассчитывать на выносливость (усталость) и проектировать их с применением таких решений, которые не вызывают значительной концентрации напряжений.

Расчет конструкций на выносливость производится на воздействие нормативных нагрузок без коэффициента перегрузки и динамичности.

Примечание. При действии нагрузок различной интенсивности расчет конструкции на выносливость разрешается производить на воздействие часто повторяющихся нагрузок, величины которых устанавливаются по дополнительным указаниям, исходя из повторности нагрузок, конструктивной формы и условий эксплуатации.

9.5. Расчет основного металла и соединений конструкций производится по формуле

$$\frac{N}{F} \leqslant R^{\text{вын}} \leqslant \frac{Dc}{a - b\rho}, \qquad (59)$$

где $D = 1000$ *кг/см²* для сплавов, рекомендованных для несущих конструкций (см. табл. 4);

c — коэффициент, зависящий от количества циклов загружений переменной нагрузкой, принимаемый по табл. 61;

a и b — коэффициенты, принимаемые по табл. 62 в зависимости от группы конструкций или соединений;

$\rho = \frac{\sigma_{\text{мин}}}{\sigma_{\text{макс}}}$, где $\sigma_{\text{мин}}$ и $\sigma_{\text{макс}}$ — наименьшее и наибольшее по абсолютной величине напряжения в рассчитываемом элементе, вычисленные (каждое со своим знаком) от нормативной нагрузки без учета коэффициента динамичности и перегрузки;

N — усилие от воздействия нормативных нагрузок в *кг*;

F — площадь нетто рассчитываемой конструкции в *см²*.

Таблица 61

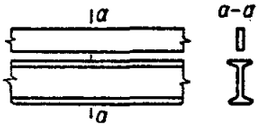
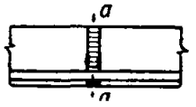
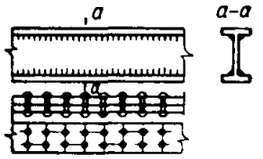
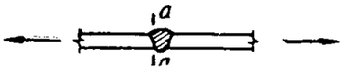
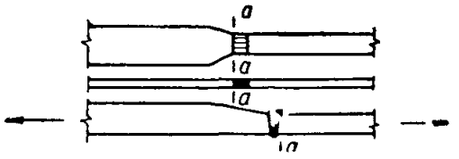
Значения коэффициента *c*

Тип соединения (табл. 62)	Коэффициент *c* при количестве циклов загружения в миллионах							
	0,1	0,3	0,5	1	2	3	5	10
1 2	1,4	1,15	1,1	1,05	1	0,98	0,96	0,94
3 4	1,6	1,2	1,15	1,1	1	0,96	0,94	0,92
5 6	1,7	1,25	1,2	1,15	1	0,95	0,93	0,90

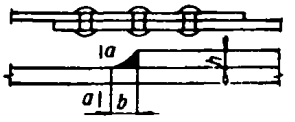
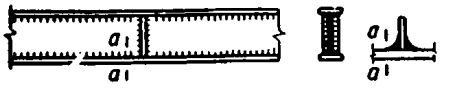
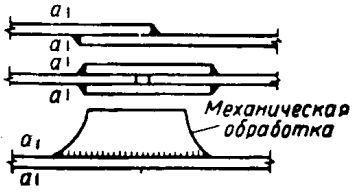
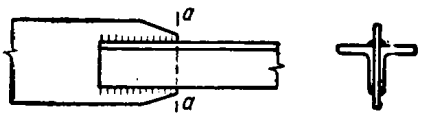
Примечание. Конструктивные и технологические требования для конструкций, воспринимающих подвижные и вибрационные нагрузки, приведены в гл. 10.

Таблица 62

Значения коэффициентов *a* и *b*

№ групп	Схема соединения и расположения расчетного сечения	Характеристика сечения	Коэффициенты	
			a	*b*
1		Основной металл с необработанной прессованной или прокатной поверхностью и прокатанными обрезанными или обработанными механическим путем кромками в сечениях вне сварных швов, заклепок и болтов	1,26	0,74
2		Основной металл в месте перехода к стыковому шву и стыковой шов, обработанный в этом месте абразивным кругом или специальной фрезой. При стыковании листов одинаковой толщины и ширины	1,44	0,92
3		Сечения элементов, сваренных из листов непрерывными швами вдали от диафрагм и ребер, при действии усилия вдоль оси шва при автоматической и полуавтоматической сварке. Сечения с соединительными заклепками	1,97	1,45
4		Стыковые швы (по оси шва) с полным проваром корня шва и основной металл в месте перехода к необработанному стыковому шву с усилением, имеющим достаточно плавный переход и при отсутствии подрезов	2,32	1,8
		Основной металл в месте перехода к стыковому шву, обработанному в этом месте абразивным кругом или специальной фрезой при стыковании листов разной ширины или разной толщины	2,32	1,8

Продолжение табл. 62

№ групп	Схема соединения и расположения расчетного сечения	Характеристика сечения	Коэффициенты a	Коэффициенты b
4		При прикреплении с заклепками и по заклепкам (при расчете на срез и смятие). У прикреплений высокопрочными болтами, при расчете на брутто. Угловые поперечные (лобовые) швы по расчетному сечению шва и основной металл в месте перехода к поперечному угловому шву с соотношением катетов 1:1,5 в рабочих соединениях с механической обработкой шва. При направлении большего катета вдоль усилия.	2,32	1,8
		Основной металл вблизи диафрагм и ребер, приваренных угловыми швами к растянутым поясам балки и элементам ферм при механической обработке швов	2,32	1,8
5		Угловые поперечные (лобовые) швы по расчетному сечению шва и основной металл в месте перехода к поперечному угловому шву при отношении катетов $\frac{b}{h} = 1{,}5$ в рабочих соединениях без обработки швов (при направлении большего катета вдоль усилия) Фасонки, привариваемые к элементам конструкции при плавной криволинейной форме и механической обработке перехода от фасонки к элементу конструкции, при полном проваре на всю толщину фасонки	3,07	2,48
6		Соединения с фланговыми швами, работающими на срез от осевой силы	5,68	4,62

10. КОНСТРУКТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

10.1. Несущие строительные конструкции из термически упрочняемых алюминиевых сплавов должны проектироваться преимущественно клепаными или на болтах. При выполнении соединений на сварке надлежит принимать меры к уменьшению влияния сварки путем исключения поперечных швов, размещения швов в менее напряженных местах и т. д.

Для термически неупрочняемых сплавов (особенно в отожженном состоянии) сварка рекомендуется как основной способ соединения.

10.2. Для несущих конструкций листы из алюминиевых сплавов типа дуралюмин и из сплава В95-Т1 должны приниматься только плакированными.

Листы из сплавов системы Al—Mg—Si, В92 и термически неупрочняемых сплавов допускаются к применению в несущих конструкциях без плакировки.

10.3. Минимальная толщина стенок профиля или листов несущих конструкций должна составлять:

1,5 *мм* — для элементов внутри здания и для выступающих наружу элементов;

3 *мм* — для конструкций на открытом воздухе (за исключением выступающих элементов); минимальная толщина конструкций, ограждающих и совмещающих несущие и ограждающие функции, не лимитируется.

10.4. При проектировании строительных конструкций из алюминиевых сплавов рекомендуется пользоваться специальными каталогами алюминиевых профилей.

Изготовление профилей, не указанных в каталогах, допускается в исключительных случаях при технико-экономическом обосновании.

10.5. При проектировании конструкций из алюминиевых сплавов рекомендуется:

применять составные сечения с наименьшим количеством элементов;

применять сплошные прессованные профили, а в тех случаях, где это не вызывает конструктивных осложнений, — профили с утолщениями (бульбами);

использовать для изготовления составных сварных изгибаемых элементов сечений из термически упрочняемых сплавов АВ-Т1 и АД33-Т1 бульботавровые профили, позволяющие выполнять сварной шов в зоне с пониженными напряжениями.

10.6. При конструировании необходимо избегать образования труднодоступных мест для осмотра и чистки, а также мест, способствующих скоплению воды и пыли, которые благоприятствуют развитию коррозии.

10.7. Применение комбинированных соединений, в которых часть усилий воспринимается заклепками, а часть сварными швами, запрещается.

10.8. Алюминий в сочетании со сталью применяют:

а) в составе одной конструкции при выполнении различных элементов конструкции из алюминия или стали;

б) в составе одного элемента конструкции, выполненного из алюминия и стали;

в) в составе одного элемента конструкций, выполненного из алюминия при стальных соединениях (заклепки, болты).

При сочетании алюминиевых сплавов со сталью должны учитываться:

различие в величинах модулей упругости ($E_{ст} \approx 3E_{ал}$);

различие в величинах коэффициентов линейного расширения

$$\alpha_{ст} \approx 0{,}5\alpha_{ал};$$

различие в коэффициентах перехода от нормативного и расчетного сопротивления на растяжение к нормативным и расчетным сопротивлениям при других видах напряженного состояния;

особенности технологии изготовления и эксплуатации конструкции с учетом необходимости обеспечения необходимой устойчивости против коррозии.

Указания по конструированию сварных соединений

10.9. При проектировании сварных соединений следует учитывать технологические особенности сварки, в частности более значительные размеры держателя электрода, чем при сварке стали. В связи с этим узлы следует проектировать открытыми с учетом габаритов полуавтоматов.

10.10. В конструкциях, непосредственно воспринимающих регулярные подвижные или вибрационные нагрузки, стыки поясных листов и стенок сплошных балок, а также соединений листов и профилей надлежит выполнять в стык без накладок и прокладок с обязательной подваркой корня шва и полным проваром соединения. Концы швов в стык должны выводиться за пределы стыка (с помощью выводных планок).

При сварке в стык двух листов разной толщины необходимо осуществлять плавный переход от толстого листа к тонкому в тех случаях, когда толщина толстого листа превосходит толщину тонкого листа более чем на 25%.

При невыполнении этого требования швы в стык рассчитываются как угловые.

10.11. Количество стыков в расчетных элементах должно быть минимальным.

10.12. В элементах конструкций, работающих на регулярные подвижные или вибрационные нагрузки, в которых растягивающие напряжения составляют больше 60% расчетного сопротивления, сварные стыковые и лобовые швы следует подвергать механической

обработке для обеспечения плавного перехода от металла шва к основному металлу.

10.13. Стыки рекомендуется располагать в менее напряженных местах конструкции.

10.14. В конструкциях, непосредственно воспринимающих регулярные подвижные и вибрационные нагрузки, следует:

а) избегать применения фланговых швов;

б) не применять прерывистых швов.

10.15. В конструкциях присоединений стержней к фасонкам (нахлесточные соединения) рекомендуется:

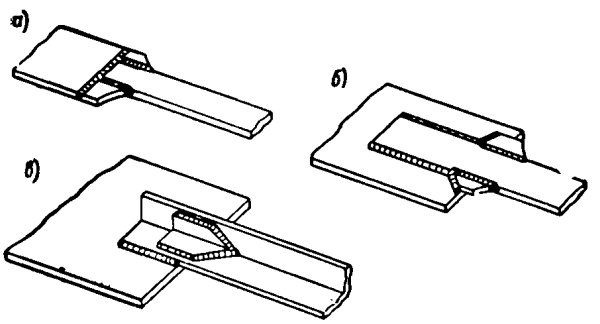


Рис. 17. Конструкции присоединений стержней из термически упрочняемых сплавов для прикрепления к фасонкам

а — прикрепление плоского элемента к фасонке в стык; *б* — прикрепление плоского элемента с помощью фланговых швов; *в* — прикрепление уголка к фасонке с помощью фланговых швов

а) предусматривать дополнительные усиливающие элементы с плавными переходами по радиусам, повышающие прочность металла прикрепляемых элементов в местах окончания фланговых швов, по рис. 17;

б) не применять лобовые швы (в соединениях из термически упрочненных сплавов).

10.16. Размеры и форма сварных угловых швов должны удовлетворять следующим требованиям:

а) угловые (лобовые и фланговые) швы в конструкциях, непосредственно воспринимающих регулярные подвижные или вибрационные нагрузки, должны выполняться:

лобовые швы — с отношением катетов 1 : 1,5;

фланговые швы — с отношением катетов 1 : 1;

б) толщина шва $h_ш$ по катету (при сварке элементов толщиной 4 *мм* и более) должна быть не менее 4 *мм* и не более 1,5 δ в конструкциях, воспринимающих статическую нагрузку, и 1,2 δ в конструкциях, воспринимающих подвижные и вибрационные нагрузки (δ — наименьшая толщина соединяемых элементов). Если в соединении более тонкий элемент, определяющий предельную толщину шва $h_ш$, имеет бульбу, то $h_ш$ может быть увеличена при статических нагрузках до 1,8 δ при условии, что эти величины не превышают 1,5δ другого присоединяемого элемента;

в) расчетная длина флангового и лобового швов должна быть не менее 40 *мм* и не менее $4h_ш$;

г) расчетная длина флангового шва должна быть не более $40h_ш$, за исключением сопряжений, где воспринимаемое фланговым швом усилие возникает на всем протяжении шва; в последнем случае длина флангового шва не ограничивается;

д) в соединениях внахлестку величина напуска должна быть не менее пяти толщин наиболее тонкого из свариваемых элементов.

10.17. При проектировании сварных несущих конструкций из сплава В92-Т рекомендуется:

а) ограничивать разницу толщин стыкуемых по длине элементов отношением 1 : 2;

б) выполнять рабочие соединения преимущественно в стык;

в) назначать промежутки между примыкающими друг к другу швами величиной, равной $10h_ш$;

г) конструктивные швы выполнять с вогнутым очертанием и минимальной толщины.

10.18. Соединения с применением контактной точечной сварки применяются преимущественно при:

а) небольших толщинах металла в диапазоне от 0,8 до 4 *мм* (в зависимости от мощности сварочной контактной машины);

б) отношении толщин свариваемых деталей от 1 до 3;

в) в различных видах полуфабрикатов (листы, прессованные элементы и т. д.);

г) близких по химсоставу материалах.

10.19. Контактная точечная сварка обеспечивает выполнение соединений внахлестку. Размеры сварных соединений приведены в табл. 63.

Таблица 63

Рекомендуемые размеры соединений при контактной точечной сварке алюминия в *мм*

№ п/п	Толщина наиболее тонкой детали в пакете	Минимальный диаметр ядра сварочной точки	Рекомендуемые размеры				Минимальные размеры	
			ширина нахлестки при шве		расстояния от центра точки до			
			однорядном	двухрядном	края листа	вертикальной стенки (ребра)	шага между осями точек	расстояния между рядами точек
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,5	3	18	28	9	9	15	10
2	0,8	3,5	18	28	9	9	18	10
3	1	4	22	34	11	11	20	12
4	1,2	5	22	34	11	11	22	12
5	1,5	5	24	39	12	12	25	15
6	2	6	30	45	15	15	28	15
7	2,5	8	36	54	18	18	30	18
8	3	9	40	60	20	20	35	20

Примечания: 1. При сварке пакета из трех и более деталей неодинаковой толщины принимается минимальная сумма толщин листов по разные стороны от сварочной точки.

2. При сварке двух листов неодинаковой толщины размеры соединений устанавливают по толщине более толстого листа.

3. Приведенные в колонках 4, 6 и 7 данные относятся к случаю применения при сварке контактной машиной прямых стандартных электродов. При применении специальных фигурных электродов приведенные в указанных колонках величины могут быть уменьшены в 1,5 раза.

4. При применении фигурных электродов приведенные в колонке 5 данные, относящиеся к шахматному порядку расположения сварных точек, могут быть соответственно уменьшены.

5. При передаче через шов растягивающих усилий он должен быть перекрыт двумя рядами точек, размещенными в шахматном порядке.

Указания по конструированию заклепочных соединений

10.20. В рабочих элементах конструкций число расположенных по одну сторону стыка заклепок, прикрепляющих элемент в узле, должно быть не менее двух.

10.21. Толщина склепываемого пакета при заводской холодной клепке на скобе, как правило, не должна превосходить четыре диаметра заклепок. При монтажной клепке (в два молотка или скобой) толщина пакета не должна превосходить пяти диаметров заклепок.

10.22. Разбивка заклепок и болтов должна производиться согласно табл. 64. Соединительные заклепки и болты, располагаемые вне узлов и стыков, должны размещаться, как правило, на максимальных расстояниях.

Таблица 64

Разбивка заклепок и болтов

№ п/п	Наименование	Величина расстояния
1	Расстояния между центрами заклепок и болтов в любом направлении:	
	а) минимальные	Для заклепок $3d$ Для болтов $3{,}5d$
	б) максимальные в крайних рядах при отсутствии окаймляющих уголков при растяжении и сжатии . . .	$5d$ или 10δ
	в) максимальное в средних рядах и в крайних рядах при наличии окаймляющих уголков при растяжении	$12d$ или 20δ
	г) максимальные в средних рядах и в крайних рядах при наличии окаймляющих уголков при сжатии	$10d$ или 14δ
2	Расстояние от центра заклепки или болта до края элемента:	
	а) минимальное вдоль усилия и по диагонали .	$2{,}5d$
	б) минимальное поперек усилия при обрезных кромках	$2{,}5d$
	в) минимальное поперек усилия при прокатных или прессованных кромках	$2d$
	г) максимальное	$6d$

где d — диаметр отверстия для заклепки или болта;

δ — толщина наиболее тонкого наружного элемента пакета.

10.23. Диаметр заклепки не должен превосходить пяти толщин наиболее тонкого элемента. За расчетный диаметр заклепки принимается диаметр отверстия.

10.24. Форма заклепки и ее размеры для холодной клепки устанавливаются согласно техническим условиям на изготовление строительных конструкций из алюминиевых сплавов.

10.25. При соединении внахлестку гофрированных листов (вдоль волокон) на каждой

полуволне должно располагаться не менее двух болтов или заклепок.

10.26. В конструкциях из гофрированных листов ребра жесткости или диафрагмы должны присоединяться к каждой точке касания с гофром и продольным элементом, подкрепляющим конструкцию.

Стыки мембранной или предварительно напряженной обшивки толщиной до 2 *мм* выполняются внахлестку, при этом стык должен быть соединен не менее чем двумя рядами сварных точек или заклепок.

Конструктивные меры по повышению коррозийной стойкости

10.27. В целях исключения образования коррозии в месте контакта алюминиевых сплавов со сталью необходимо изолировать соприкасающиеся поверхности долговечными прокладками, например оцинкованными стальными, из полиизобутилена, тиоколовой ленты или ткани, пропитанной грунтом АЛг1 или АЛг5.

В сложных соединениях для обеспечения водонепроницаемости и изоляции рекомендуется ставить тиоколовую ленту в 2—3 слоя с применением жгутов из тиоколовой замазки.

10.28. При контакте алюминиевых сплавов со стальными и деревянными деталями помимо прокладок (п. 10.27) необходимо:

а) повышать коррозийную стойкость алюминиевой поверхности, например оксидированием с последующим грунтованием;

б) оцинковывать или кадмировать стальные поверхности;

в) применять парные прокладки из листового алюминия и оцинкованной стали;

г) пропитывать деревянные детали в этинолевом лаке.

Применение грунтов и красок с содержанием свинца воспрещается.

10.29. Во избежание коррозии детали из алюминиевых сплавов в местах примыкания к бетону, штукатурке, кирпичу и другим каменным материалам следует отделять от последних мастиками или прокладками.

10.30. Стальные болты подлежат оцинковке или кадмированию для повышения коррозийной стойкости.

Для исключения местного повреждения алюминиевых сплавов в момент стягивания болта под головки и гайки болтов устанавливаются шайбы. При выполнении шайб из стали они должны быть оцинкованы или кадмированы.

10.31. Во всех случаях применения алюминиевых сплавов в агрессивных средах, а также применения смешанных по материалу конструкций должны быть подробно изучены ожидаемые условия эксплуатации и тщательно осуществлены меры повышения коррозийной стойкости в соответствии со специальными инструкциями.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ОБОЗНАЧЕНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ И ИХ СОСТОЯНИЙ

1. Сплавы, обозначенные буквами АД, соответствуют алюминиевым (А) деформируемым (Д) сплавам, однозначная цифра 1 (АД1) указывает на чистоту алюминия.

2. АМг и АМц означают сплавы алюминия (А) и магния (Мг) или марганца (Мц); числа, расположенные за буквенными обозначениями, указывают здесь на процентные содержания в сплаве магния, например АМг5 содержат 5% магния, а АМг6 — 6%.

3. Буквой Д обозначают сплавы типа дуралюмин системы Al—Cu—Mg; числа после буквы Д означают номер сплава (Д1, Д16, Д18).

4. Буквой В означают высокопрочные сплавы; конструкционные высокопрочные сплавы обозначают В9; цифра после этого обозначения указывает номер сплава (В92, В94 и т. д.).

5. Буквами АВ обозначают сплавы типа «авиаль» системы Al—Mg—Si; сюда же относятся сплавы АД31, АД33 и АД35.

6. Буквами АЛ обозначают алюминиевые (А) литейные (Л) сплавы; число, расположенное после буквенного обозначения, указывает номер сплава (например, АЛ8).

7. Буква п, расположенная после марки сплава, означает сплав для изготовления проволоки (прутков), например: АМг5п, Д16п, Д18п и т. д.

8. Буква А, стоящая после марки сплава, указывает, что слитки сплава отливаются непрерывным методом и из улучшенного алюминия (Д16А, В95А и т. д.). В настоящее время буква А потеряла свое значение, так как все слитки льются только непрерывным методом, в ряде случаев буква А после марки сплава указывает на поставку листового материала.

9. Состояние полуфабрикатов и характер плакировки алюминиевых деформируемых сплавов обозначаются буквенно-цифровой маркировкой; М — мягкое, отожженное, Т — закаленное и естественно состаренное, Т1 — закаленное и искусственно состаренное, П — полунагартованное, Н — нагартованное; буквой Б могут обозначать листы без плакировки или с технологической тонкой плакировкой; УП обозначает утолщенную плакировку (8% на сторону листа); г/к обозначает горячекатаные листы и плиты.

Буквы, обозначающие состояние сплава, располагают через черточку (дефис) после марки сплава.

10. Примеры обозначения сплавов:

АМц — профиль, лист и т. д. (полуфабрикаты) из сплава марки АМц без какой-либо обработки;

АМц-П — профиль, лист и т. д. (полуфабрикаты) из сплава марки АМц, полунагартованный;

АМг-М — профиль, лист и т. д. (полуфабрикаты) из сплава АМг, отожженный (мягкий);

АМг-Н — профиль, лист и т. д. (полуфабрикаты) из сплава марки АМг, нагартованный;

АВ-Т — профиль, лист и т. д. (полуфабрикаты) из сплава АВ, закаленный и естественно состаренный;

Д16-Т — лист из сплава Д16, плакированный, закаленный и естественно состаренный;

Д16-БТ — то же, без плакировки;

В95-Т1 — профиль, лист и т. д. (полуфабрикаты) из сплава В95, закаленный и искусственно состаренный;

Д16-ТН — профиль, лист и т. д. (полуфабрикаты) из сплава Д16, нагартованный, закаленный и естественно состаренный;

АМг5п — проволока (прутки) из алюминиево-магниевого сплава (магния 5%);

Д1-Тг/к — плиты из сплава, полученные из сплава Д1 способом горячей прокатки, поставляемые в закаленном и естественно состаренном состоянии.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ПЕРЕЧЕНЬ ДЕЙСТВУЮЩИХ ГОСТов И ТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА АЛЮМИНИЕВЫЕ СПЛАВЫ НА 1/I 1965 г.

Таблица 65

№ п/п	Наименование документа	Шифр документа
1	Сплавы алюминиевые деформируемые. Марки . . .	ГОСТ 4784—49*
2	Листы из алюминия и алюминиевых сплавов. Сортамент	ГОСТ 1946—50
3	Листы из сплавов типа дуралюмин, плакированные	ГОСТ 4977—52*
4	Профили прессованные из алюминиевых сплавов. Угловые профили. Сортамент	ГОСТ 8110—56
5	Профили прессованные из алюминиевых сплавов. Зетовые профили. Сортамент	ГОСТ 8111—56
6	Профили прессованные из алюминиевых сплавов. Тавровые и двутавровые профили. Сортамент	ГОСТ 8112—56
7	Профили прессованные из алюминиевых сплавов. Швеллерные профили. Сортамент	ГОСТ 8113—56
8	Прутки из алюминия и алюминиевых сплавов. Сортамент	ГОСТ 7857—55
9	Проволока сварочная из алюминия и алюминиевых сплавов	ГОСТ 7871—63
10	Прутки прессованные из алюминиевых сплавов. Технические условия	ГОСТ 4783—49*
11	Детали, изделия и заготовки из цветных металлов и сплавов. Маркировка . .	ГОСТ 2171—52
12	Сплавы алюминиевые литейные и деформируемые. Методы химического анализа	ГОСТ 2788—51
13	Сплавы алюминиевые. Методы спектрального анализа	ГОСТ 7727—60
14	Трубы из алюминия и алюминиевых сплавов. Сортамент	ГОСТ 1947—56

Продолжение табл. 65

№ п/п	Наименование документа	Шифр документа
15	Трубы из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия	ГОСТ 4773—49*
16	Сплавы алюминиевые литейные	ГОСТ 2685—63
17	Листы неплакированные .	АМТУ 252—57
18	Профили прессованные из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия	АМТУ 258—55
19	Плиты горячекатаные из алюминиевых сплавов. Технические условия . . .	АМТУ 347—55
20	Проволока (прутки) для заклепок из алюминиевых сплавов. Технические условия	АМТУ 332—53
21	Трубы прессованные толстостенные из алюминиевых сплавов	АМТУ 259—48

* Звездочкой отмечены стандарты, в которые внесены изменения.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

ВИДЫ АЛЮМИНИЕВЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ («ПРОКАТА» ПРОФИЛЬНОГО И ЛИСТОВОГО)

Таблица 66

№ п/п	Материал	Полуфабрикаты						
		лист	плиты	прутки	профили	трубы	поковки и штамповки	проволока
1	АД1	+	+	+	+	+	+	+
2	АМц	+	+	+	+	+	+	+
3	АМг	+	+	+	+	+	+	+
4	АМг5	+	+	+	+	+	+*	—
5	АМг6	+	+	+	+	+	+*	—
6	АМг61	+	+	+	+	+	+	+
7	АД31	—	—	+	+	+	+	+
8	АД33	+	+	+	+	+	+	+
9	АД35	+	+	+	+	+	+	+
10	АВ	+	+	+	+	+	+	+
11	В92	+	+	+	+	+	+	+
12	Д1	+	+	+	+	+	+	+
13	Д16	+	+	+	+	+	—	+
14	В95	+	+	+	+	+	+	—

* Только поковки.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

КОЭФФИЦИЕНТЫ φ ПРОДОЛЬНОГО ИЗГИБА ЦЕНТРАЛЬНО-СЖАТЫХ СТЕРЖНЕЙ

Таблица 67

	АД1-М, АМц-М	АМг-М, АД31-Т, АВ-М	АМг5-М, АД31-Т1, АВ-Т	АМг-П, АМг6-М	АМг61-М, АД33-Т1, АВТ-1, Д1-Т лист	АД35-Т1, В92-Т лист, Д1-Т профиль	В92-Т профиль, Д16-Т	В95-Т1
0	1	1	1	1	1	1	1	1
10	0,974	0,973	0,999	0,998	0,998	0,994	0,99	1
20	0,947	0,945	0,998	0,997	0,996	0,988	0,98	0,96
30	0,921	0,917	0,98	0,943	0,9	0,889	0,835	0,8
40	0,895	0,87	0,88	0,83	0,78	0,766	0,7	0,65
50	0,815	0,77	0,78	0,725	0,66	0,644	0,568	0,5
60	0,78	0,685	0,69	0,628	0,557	0,539	0,455	0,4
70	0,655	0,603	0,6	0,538	0,463	0,448	0,352	0,318
80	0,585	0,53	0,525	0,46	0,387	0,375	0,29	0,244
90	0,521	0,465	0,457	0,388	0,332	0,315	0,227	0,192
100	0,463	0,415	0,395	0,332	0,285	0,26	0,185	0,155
110	0,415	0,365	0,335	0,283	0,236	0,216	0,153	0,128
120	0,375	0,327	0,283	0,243	0,2	0,182	0 127	0,108
130	0,336	0,296	0,241	0,21	0,171	0,155	0,11	0,092
140	0,3	0,265	0,208	0,184	0,147	0,133	0,095	0,079
150	0,22	0,285	0,181	0,16	0,128	0,117	0,083	0,069

Примечание. Гибкость элемента $\lambda = \frac{l}{r}$, где l — расчетная длина элемента; r — радиус инерции сечения.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

РАСЧЕТ П-ОБРАЗНЫХ СЕЧЕНИЙ НА ИЗГИБНО-КРУТИЛЬНУЮ ФОРМУ ПОТЕРИ УСТОЙЧИВОСТИ

П-образные сечения (рис. 18), усиленные отбортовками (рис. 18,*б*) или утолщениями (рис. 18,*в*), при осевом сжатии помимо проверки по формуле $\frac{N}{\varphi F} \leqslant R$

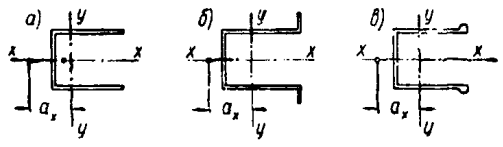


Рис. 18. П-образные сечения

должны проверяться при $\lambda_y < 3\lambda_x$ на изгибно-крутильную форму потери устойчивости по формуле

$$\frac{1{,}5N}{\bar{\sigma}F} \leqslant R, \qquad (60)$$

здесь

$$\bar{\sigma} = \frac{c_0}{\bar{\lambda}_x^2}; \qquad \bar{\lambda}_x = 0{,}00041\sqrt{R}\,\lambda_x;$$

$$c_0 = \frac{1+\nu-\sqrt{(1+\nu)^2-4\mu\nu}}{2\mu};$$

$$\nu = \frac{N_\omega}{N_x} = \frac{1}{r^2}\left(2\frac{J_\omega}{J_x} + 0{,}04\,\frac{J_к}{F}\,\lambda_x^2\right);$$

$$r^2 = \frac{J_x + J_y}{F} + a_x^2;$$

$$\mu = 1 - \frac{a_x^2}{r^2} = \frac{J_x + J_y}{Fr^2},$$

где a_x — расстояние между центром тяжести и центром изгиба сечения;

J_ω — секториальный момент инерции сечения;

$J_к$ — момент инерции при чистом кручении;

$$J_к = \frac{1}{3}\sum b\delta^3;$$

b и δ — ширина и толщина прямоугольников, составляющих сечение, включая отбортовки и утолщения.

При наличии утолщений круглого сечения (бульб)

$$J_к = \frac{1}{3}\sum b\delta^3 + n\,\frac{\pi D^4}{32};$$

где D — диаметр бульб;

n — число их в сечении.

Для марок алюминия кроме АМг-П, АД33-Т1, АД35-Т1, АВ-Т1 и В95-Т1, при $\bar{\sigma} > 0{,}667$ вместо $\bar{\sigma}$ в формуле (60) подставляется $\bar{\sigma}'$, определяемое по табл. 68.

Таблица 68

Значение $\bar{\sigma}'$

$\bar{\sigma}$	$\bar{\sigma}'$	$\bar{\sigma}$	$\bar{\sigma}'$
0,667	0.667	1,8	0,85
0,7	0,69	2	0,862
0,8	0,733	2,5	0,88
0,9	0,758	3	0,895
1	0,777	4	0,91
1,2	0,805	6	0,935
1,4	0,824	8	0,97
1,6	0,84	10	1

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

УКАЗАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ КОЭФФИЦИЕНТА $\varphi_б$ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ОБЩЕЙ УСТОЙЧИВОСТИ БАЛОК

Для балок двоякосимметричного двутаврового сечения коэффициент $\varphi_б$ определяется по формуле

$$\varphi_б = \Psi\,\frac{J_y}{J_x}\left(\frac{h}{l}\right)^2 10^3. \qquad (61)$$

Значения коэффициентов Ψ для балок из алюминия марки Д16-Т определяются по табл. 69; для сплавов других марок значения Ψ определяются по табл. 69 с умножением на коэффициент η, определяемый по табл. 70 в зависимости от марки алюминия.

Таблица 69

Значения коэффициента ψ для балок из алюминиевого сплава Д16-Т

α	Для балок без закрепления в пролете*				Значения ϕ при наличии промежуточных закреплений верхнего пояса независимо от места приложения нагрузки
	при сосредоточенной нагрузке		при равномерно распределенной нагрузке		
	к верхнему поясу	к нижнему поясу	к верхнему поясу	к нижнему поясу	
0,1	0,45	1,29	0,41	0,98	0,56
0,4	0,46	1,3	0,42	0,99	0,57
1	0,48	1,32	0,43	1,01	0,59
4	0,57	1,41	0,51	1,09	0,66
8	0,68	1,52	0,61	1,18	0,75
16	0,87	1,72	0,77	1,35	0,89
24	1,04	1,89	0,91	1,49	1,03
32	1,18	2,04	1,04	1,62	1,25
48	1,45	2,3	1,26	1,84	1,36
64	1,68	2,53	1,46	2,05	1,53
80	1,89	2,74	1,52	2,22	1,68
96	2,08	2,92	1,79	2,38	1,82
128	2,43	3,27	2,07	2,66	2,08
160	2,74	3,57	2,33	2,92	2,31
240	3,42	4,22	2,89	3,49	2,8
320	3,96	4,8	3,36	3,95	3,22
400	4,45	5,3	3,75	4,35	3,6

* При одном закреплении в пролете и нагрузке по нижнему поясу следует пользоваться графой 2 табл. 69.

Таблица 70

Значения коэффициентов η

Марка алюминия	η	Марка алюминия	η
АД1-М, АМц-М	5,2	АМг61-М,	
АМг-М, АД31-Т,		АД33-Т1, АВ-Т1,	
АВ-М	3,8	Д1-Т лист	1,57
АМг5В-М,		В92-Т профиль,	
АД31-Т1, АВ-Т	2,2	Д16-Т	1
АМг-П, АМг6-М	1,38	Д35-Т1, В92-Т	
		лист, Д1-Т про-	
		филь	1,4
		В95-Т	0,82

$$\alpha = 1{,}54\frac{J_к}{J_y}\left(\frac{l}{h}\right)^2, \qquad (62)$$

где l — расчетная длина балки согласно п. 4.13;

$J_к = \frac{\gamma}{3}\sum b_i \delta_i^3$ — момент инерции при кручении;

b_i и δ_i — ширина и толщина элементарных прямоугольников, образующих сечение;

$\gamma = 1{,}3$ для двутаврового сечения;

$\gamma = 1{,}2$ для таврового сечения.

Для двутаврового сечения с одной осью симметрии принимается промежуточное значение γ.

В случае отсутствия отбортовок, утолщений по краям (бульб) и значительных утолщений в углах параметр α может определяться по формуле

$$\alpha = 8\left(\frac{l\delta_1}{bh}\right)^2\left(1 + \frac{d\delta^3}{b\delta_1^3}\right), \qquad (63)$$

где для прокатных, прессованных и сварных балок:

δ — толщина стенки балки;

b и δ_1 — ширина и толщина пояса балки;

h — полная высота сечения балки;

$d = 0{,}5\,h$;

для клепаных балок:

δ — толщина стенки вместе с полками уголков;

δ_1 — толщина пояса вместе с полкой уголка;

d — высота вертикальной полки уголка плюс толщина пакета горизонтальных листов.

Для всех марок алюминия, за исключением АМг-П, АД33-Т1, АД35-Т1, АВ-Т1 и В95-Т1, если определенное по формуле (61) значение $\varphi_б > 0{,}667$, то вместо $\varphi_б$ в формулу (61) подставляется коэффициент $\varphi_б'$, определяемый по табл. 71.

Для балок с более развитым сжатым поясом (момент инерции сечения которого относительно оси симметрии сечения больше, чем другого пояса), симметрично расположенным относительно стенки (рис. 19), коэффициент $\varphi_б$ определяется по формуле

$$\varphi_б = \frac{2{,}34\zeta E J_y h_1}{J_x l^2 R}\left[\sqrt{(0{,}5y_р + \beta_y) + c^2} + (0{,}5y_р + \beta_y)\right]. \qquad (64)$$

Здесь ζ — коэффициент, зависящий от типа нагрузки и принимаемый по табл. 72;

l — расчетная длина балки (см. п. 4.13);

$y_р$ — координата точки приложения нагрузки со своим знаком (по рис. 19);

h, h_1, h_2, b_1 и b_2 — см. рис. 19;

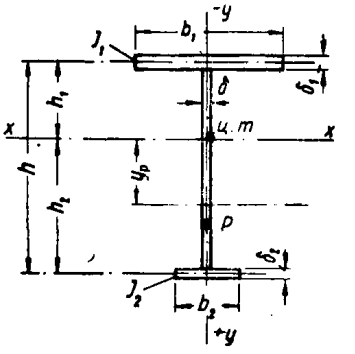


Рис. 19. Поперечное сечение балки с развитым верхним поясом

l — расчетная длина балки (см. п 4.13);

$y_р$ — координата точки приложения нагрузки со своим знаком и размеры h, h_1, h_2, b_1 и b_2 (по рис. 19)

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

$$n = \frac{J_1}{J_1 + J_2},$$

где J_1, J_2 — моменты инерции сечения соответственно сжатого и растянутого поясов относительно оси симметрии сечения;

$$J_y = J_1 + J_2;$$

$$c^2 = \frac{1}{J_y}\left(\frac{J_1 \cdot J_2}{J_y}h^2 + 0{,}04J_к l^2\right). \qquad (65)$$

Если соответствующее нижнему поясу значение $\varphi_{б.н} = \frac{h_2}{h_1}\varphi_б > 0{,}667$, то в формуле (16) вместо $\varphi_б$ подставляется величина

$$\varphi_б'' = \varphi_б\left[n\frac{\varphi_б'}{\varphi_б} + (1-n)\frac{\varphi_{бн}'}{\varphi_{бн}}\right],$$

где $\varphi_б'$ и $\varphi_{бн}'$ определяются по табл. 71 приложения 6.

Проверка устойчивости балок швеллерного сечения производится так же, как и для балок двутаврового сечения; при этом α вычисляется по формуле (63), но найденные значения $\varphi_б$ умножаются на 0,5 при приложении нагрузки в главной плоскости, параллельной стенке, и на 0,7 при приложении нагрузки в плоскости стенки.

Таблица 71

Значения коэффициентов $\varphi_б'$ и $\varphi_{бн}'$

$\varphi_б(\varphi_{бн})$	$\varphi_б'(\varphi_{бн}')$	$\varphi_б(\varphi_{бн})$	$\varphi_б'(\varphi_{бн}')$	$\varphi_б(\varphi_{бн})$	$\varphi_б'(\varphi_{бн}')$
0,667	0,667	1,1	0,85	1,6	0,949
0,7	0,698	1,2	0,876	1,7	0,965
0,8	0,747	1,3	0,887	1,8	0,975
0,9	0,786	1,4	0,917	1,9	0,986
1	0,82	1,5	0,934	2	1

Таблица 72

Значения коэффициентов ζ в формуле (64)

Тип нагрузки	ζ
Чистый изгиб	1
Равномерно распределенная нагрузка	1,12
Сосредоточенная сила по середине пролета	1,35
Момент на одном из концов балки .	1,75

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ $\varphi^{вн}$

В табл. 73 показаны схемы сечений, для которых в табл. 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82 приведены значения $\varphi^{вн}$ при $m \leqslant 5$

При относительном эксцентрицитете $m \geqslant 10$ коэффициент $\varphi^{вн}$ независимо от типа сечения стержня определяется по формуле

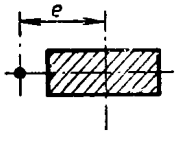
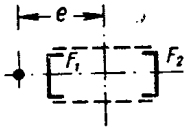
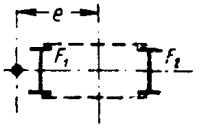
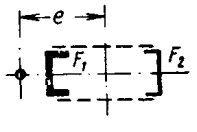
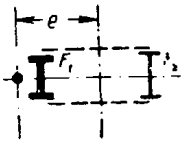
$$\varphi^{вн} = \frac{2}{1+m+\bar{\lambda}^2+\sqrt{(1+m-\bar{\lambda}^2)^2-4\bar{\lambda}^2}}. \qquad (66)$$

В интервале значений m от 5 до 10 коэффициент $\varphi^{вн}$ определяется по интерполяции.

Для труб круглого сечения относительный эксцентрицитет, вычисленный по формуле (19), увеличивается на 15%, после чего коэффициенты $\varphi^{вн}$ определяются по табл. 74 для прямоугольного сечения.

Таблица 73

Схемы сечений для определения коэффициентов $\varphi^{вн}$

№ таблицы	Схема сечения	
74		
75		
76		

Продолжение табл. 73

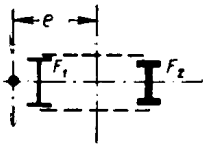
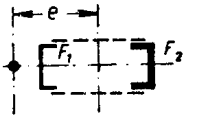
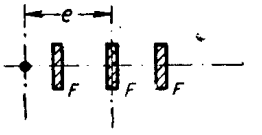
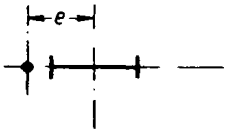
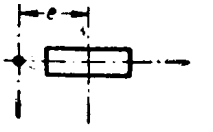
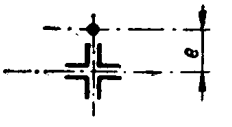
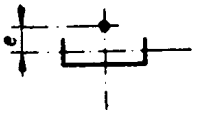
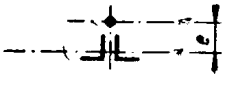
№ таблицы	Схема сечения	
77		
78		
79		
80		
81		
82		

Таблица 74

Коэффициенты $\varphi^{вн}$ для прямоугольного сечения

m \ $\bar{\lambda}$	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3
0	1,043	0,919	0,798	0,687	0,589	0,504	0,391	0,309	0,25	0,207	0,174	0,148	0,128	0,111
0,05	1,001	0,878	0,758	0,645	0,54	0,446	0,365	0,298	0,244	0,202	0,171	0,146	0,126	0,11
0,1	0,974	0,85	0,73	0,616	0,512	0,423	0,35	0,288	0,237	0,198	0,168	0,144	0,125	0,109
0,2	0,928	0,803	0,683	0,574	0,476	0,393	0,326	0,271	0,226	0,19	0,162	0,139	0,121	0,107
0,3	0,888	0,765	0,648	0,541	0,449	0,372	0,309	0,258	0,217	0,184	0,157	0,136	0,119	0,104
0,4	0,852	0,73	0,617	0,515	0,427	0,354	0,295	0,247	0,209	0,178	0,153	0,133	0,117	0,103
0,5	0,818	0,7	0,589	0,492	0,41	0,341	0,285	0,24	0,204	0,174	0,15	0,13	0,113	0,1
0,6	0,788	0,672	0,565	0,472	0,393	0,328	0,275	0,232	0,198	0,17	0,147	0,128	0,112	0,092
0,7	0,761	0,647	0,545	0,455	0,38	0,318	0,267	0,226	0,193	0,167	0,144	0,125	0,11	0,098
0,8	0,732	0,623	0,525	0,439	0,367	0,308	0,26	0,221	0,189	0,163	0,141	0,123	0,109	0,097
1	0,685	0,582	0,49	0,411	0,345	0,291	0,247	0,211	0,181	0,157	0,137	0,12	0,106	0,095
1,2	0,643	0,544	0,456	0,387	0,326	0,275	0,234	0,201	0,174	0,151	0,132	0,116	0,103	0,092
1,5	0,586	0,496	0,421	0,356	0,301	0,257	0,221	0,19	0,165	0,144	0,126	0,112	0,1	0,09
2	0,515	0,434	0,369	0,315	0,27	0,232	0,2	0,174	0,152	0,133	0,117	0,104	0,094	0,085
3	0,413	0,347	0,298	0,257	0,223	0,195	0,171	0,15	0,133	0,119	0,106	0,094	0,084	0,075
4	0,337	0,286	0,25	0,219	0,192	0,169	0,15	0,134	0,12	0,107	0,096	0,085	0,076	0,068
5	0,285	0,245	0,216	0,191	0,169	0,15	0,134	0,12	0,107	0,096	0,086	0,077	0,069	0,062

Таблица 75

Коэффициенты $\varphi^{вн}$ для идеализированного профиля (из двух полос) при $F_1=F_2$

m \ $\bar{\lambda}$	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3
0	1,043	0,919	0,798	0,687	0,589	0,504	0,391	0,309	0,25	0,207	0,174	0,148	0,128	0,111
0,05	0,96	0,84	0,727	0,624	0,528	0,437	0,356	0,288	0,239	0,2	0,17	0,146	0,126	0,11
0,1	0,91	0,796	0,687	0,586	0,492	0,408	0,336	0,276	0,231	0,194	0,167	0,144	0,125	0,109
0,2	0,833	0,726	0,624	0,531	0,445	0,372	0,31	0,26	0,218	0,185	0,161	0,139	0,121	0,107
0,3	0,796	0,671	0,578	0,49	0,414	0,347	0,291	0,245	0,208	0,178	0,155	0,136	0,119	0,104
0,4	0,717	0,626	0,54	0,46	0,389	0,326	0,276	0,235	0,2	9,172	0,15	0,133	0,117	0,103
0,5	0,672	0,588	0,506	0,432	0,368	0,311	0,264	0,225	0,193	0,166	0,146	0,13	0,113	0,1
0,6	0,633	0,554	0,478	0,41	0,35	0,297	0,253	0,217	0,186	0,161	0,142	0,127	0,112	0,099
0,7	0,598	0,52	0,454	0,39	0,334	0,284	0,243	0,209	0,18	0,156	0,138	0,124	0,11	0,098
0,8	0,57	0,492	0,432	0,371	0,32	0,275	0,235	0,203	0,175	0,152	0,135	0,12	0,108	0,097
1	0,514	0,455	0,397	0,343	0,296	0,256	0,222	0,192	0,167	0,146	0,129	0,116	0,104	0,094
1,2	0,472	0,412	0,365	0,316	0,274	0,24	0,21	0,182	0,158	0,139	0,123	0,112	0,101	0,091
1,5	0,418	0,373	0,33	0,289	0,253	0,222	0,195	0,17	0,149	0,132	0,118	0,107	0,097	0,088
2	0,354	0,319	0,285	0,252	0,222	0,197	0,174	0,155	0,137	0,121	0,108	0,098	0,09	0,082
3	0,272	0,248	0,224	0,202	0,181	0,162	0,146	0,132	0,119	0,107	0,096	0,087	0,079	0,073
4	0,22	0,202	0,186	0,17	0,154	0,138	0,126	0,115	0,104	0,095	0,086	0,079	0,072	0,065
5	0,18	0,168	0,158	0,146	0,135	0,123	0,111	0,1	0,092	0,085	0,078	0,071	0,064	0,058

Таблица 76

Коэффициенты $\varphi^{вн}$ для идеализированного профиля (из двух полос) при $F_1=2F_2$

m \ $\bar{\lambda}$	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3
0	1,043	0,919	0,798	0,687	0,589	0,504	0,391	0,309	0,25	0,207	0,174	0,15	0,13	0,113
0,05	0,988	0,875	0,759	0,65	0,544	0,446	0,363	0,293	0,241	0,204	0,172	0,148	0,127	0,11
0,1	0,937	0,833	0,722	0,612	0,511	0,415	0,341	0,28	0,232	0,195	0,167	0,143	0,124	0,106
0,2	0,861	0,761	0,655	0,552	0,461	0,38	0,315	0,262	0,218	0,186	0,158	0,137	0,118	0,102
0,3	0,792	0,7	0,603	0,511	0,427	0,355	0,295	0,246	0,207	0,175	0,151	0,131	0,114	0,099
0,4	0,738	0,65	0,562	0,477	0,4	0,334	0,278	0,232	0,195	0,167	0,145	0,127	0,11	0,096

Продолжение табл. 76

m \ $\bar{\lambda}$	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3
0,5	0,691	0,608	0,527	0,447	0,376	0,315	0,262	0,222	0,186	0,16	0,14	0,123	0,107	0,093
0,6	0,649	0,575	0,498	0,422	0,355	0,296	0,249	0,21	0,179	0,155	0,135	0,119	0,104	0,091
0,7	0,613	0,542	0,469	0,4	0,338	0,283	0,237	0,201	0,173	0,15	0,131	0,116	0,101	0,088
0,8	0,579	0,514	0,447	0,379	0,318	0,268	0,225	0,192	0,166	0,145	0,127	0,113	0,098	0,086
1	0,529	0,468	0,4	0,341	0,286	0,243	0,206	0,178	0,155	0,138	0,121	0,107	0,093	0,081
1,2	0,477	0,422	0,365	0,309	0,26	0,223	0,191	0,166	0,145	0,128	0,114	0,101	0,09	0,077
1,5	0,418	0,365	0,313	0,266	0,228	0,198	0,173	0,152	0,132	0,118	0,105	0,093	0,082	0,072
2	0,329	0,286	0,249	0,217	0,188	0,167	0,147	0,131	0,116	0,104	0,093	0,083	0,074	0,065
3	0,217	0,193	0,172	0,156	0,142	0,128	0,115	0,103	0,092	0,084	0,077	0,07	0,063	0,057
4	0,16	0,147	0,135	0,124	0,113	0,102	0,092	0,083	0,076	0,07	0,064	0,06	0,056	0,052
5	0,127	0,117	0,108	0,1	0,094	0,087	0,081	0,075	0,069	0,064	0,059	0,055	0,051	0,048

Таблица 77

Коэффициенты $\varphi^{вн}$ для идеализированного профиля (из двух полос) при $F_1 = 0{,}5F_2$

m \ $\bar{\lambda}$	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3
0	1,043	0,919	0,798	0,687	0,589	0,504	0,391	0,309	0,25	0,207	0,174	0,15	0,13	0,113
0,05	0,948	0,828	0,705	0,61	0,521	0,436	0,354	0,291	0,243	0,202	0,17	0,146	0,126	0,111
0,1	0,888	0,767	0,657	0,567	0,481	0,403	0,333	0,276	0,233	0,196	0,165	0,143	0,124	0,109
0,2	0,81	0,7	0,603	0,517	0,435	0,366	0,306	0,259	0,218	0,186	0,16	0,139	0,121	0,107
0,3	0,748	0,65	0,558	0,477	0,402	0,339	0,287	0,245	0,208	0,178	0,154	0,135	0,117	0,104
0,4	0,697	0,603	0,523	0,447	0,377	0,32	0,273	0,232	0,199	0,172	0,149	0,131	0,114	0,102
0,5	0,658	0,575	0,492	0,417	0,355	0,305	0,26	0,222	0,192	0,167	0,144	0,125	0,111	0,099
0,6	0,615	0,538	0,465	0,397	0,338	0,291	0,249	0,213	0,185	0,162	0,14	0,122	0,109	0,097
0,7	0,581	0,51	0,441	0,379	0,324	0,278	0,239	0,207	0,18	0,157	0,136	0,119	0,106	0,095
0,8	0,551	0,482	0,418	0,362	0,309	0,267	0,23	0,2	0,175	0,153	0,132	0,116	0,103	0,093
1	0,504	0,441	0,385	0,333	0,287	0,25	0,217	0,188	0,165	0,145	0,127	0,112	0,1	0,091
1,2	0,46	0,407	0,358	0,312	0,27	0,237	0,206	0,18	0,158	0,138	0,122	0,109	0,098	0,088
1,5	0,407	0,363	0,321	0,281	0,246	0,216	0,188	0,166	0,147	0,128	0,115	0,104	0,095	0,085
2	0,348	0,311	0,277	0,246	0,23	0,192	0,17	0,151	0,134	0,12	0,107	0,098	0,089	0,081
3	0,266	0,242	0,218	0,196	0,176	0,158	0,142	0,126	0,113	0,103	0,096	0,089	0,083	0,076
4	0,217	0,2	0,183	0,166	0,15	0,135	0,121	0,109	0,101	0,094	0,088	0,082	0,076	0,07
5	0,183	0,169	0,157	0,144	0,132	0,12	0,109	0,099	0,092	0,085	0,08	0,074	0,069	0,063

Таблица 78

Коэффициенты $\varphi^{вн}$ для идеализированного профиля (из трех полос)

m \ $\bar{\lambda}$	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3
0	1,043	0,919	0,798	0,687	0,589	0,504	0,391	0,309	0,25	0,287	0,174	0,15	0,13	0,113
0,05	0,98	0,86	0,743	0,632	0,529	0,437	0,359	0,291	0,24	0,201	0,17	0,148	0,128	0,111
0,1	0,94	0,821	0,706	0,597	0,498	0,407	0,335	0,277	0,23	0,194	0,166	0,144	0,125	0,109
0,2	0,878	0,758	0,648	0,546	0,452	0,374	0,314	0,26	0,218	0,185	0,158	0,137	0,12	0,106
0,3	0,825	0,712	0,605	0,507	0,42	0,351	0,294	0,246	0,208	0,177	0,152	0,134	0,118	0,103
0,4	0,781	0,675	0,572	0,477	0,396	0,332	0,28	0,237	0,201	0,172	0,149	0,131	0,116	0,101
0,5	0,742	0,638	0,538	0,452	0,378	0,317	0,268	0,227	0,193	0,166	0,145	0,127	0,112	0,099
0,6	0,707	0,608	0,513	0,430	0,362	0,304	0,258	0,219	0,187	0,16	0,141	0,125	0,109	0,096
0,7	0,675	0,589	0,492	0,412	0,346	0,295	0,25	0,213	0,181	0,157	0,138	0,122	0,107	0,094
0,8	0,645	0,557	0,471	0,396	0,334	0,283	0,24	0,206	0,176	0,153	0,134	0,119	0,105	0,092
1	0,597	0,516	0,437	0,369	0,311	0,265	0,228	0,195	0,168	0,147	0,13	0,115	0,102	0,089
1,2	0,554	0,481	0,41	0,35	0,294	0,251	0,216	0,186	0,162	0,141	0,125	0,111	0,099	0,086

Продолжение табл. 78

m \ λ̄	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3
1,5	0,5	0,432	0,368	0,314	0,268	0,23	0,2	0,175	0,153	0,134	0,119	0,106	0,095	0,084
2	0,429	0,372	0,318	0,274	0,235	0,204	0,18	0,158	0,139	0,123	0,109	0,098	0,087	0,077
3	0,324	0,283	0,247	0,217	0,191	0,168	0,148	0,132	0,118	0,107	0.097	0,087	0,078	0,069
4	0,255	0,229	0,203	0,18	0,159	0,141	0,127	0,115	0,105	0,095	0,088	0.08	0,072	0,064
5	0,21	0,19	0,17	0,153	0.138	0,125	0,118	0,102	0,092	0,084	0,076	0,071	0,065	0,06

Таблица 79

Коэффициенты $\varphi^{вн}$ для двутаврового сечения при эксцентрицитете в плоскости стенки и замкнутого двустенчатого сечения

m \ λ̄	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3
0	1,043	0,919	0,798	0,687	0,589	0,504	0,391	0,309	0,25	0,207	0,174	0,148	0,128	0,111
0,05	0,981	0,859	0,742	0,634	0,534	0,441	0,36	0,293	0,241	0,201	0,17	0,146	0,126	0,11
0,1	0,942	0,823	0,708	0,6	0,502	0,415	0,343	0,282	0,234	0,196	0,167	0,144	0,125	0,109
0,2	0,881	0,764	0,653	0,552	0,46	0,382	0,318	0,265	0,222	0,187	0,161	0,139	0,121	0,107
0,3	0,842	0,718	0,613	0,515	0,432	0,359	0,3	0,251	0,212	0,181	0,156	0,136	0,119	0,104
0,4	0,784	0,678	0,578	0,487	0,408	0,34	0,285	0,241	0,204	0,175	0,151	0,133	0,117	0,103
0,5	0,745	0,644	0,547	0,462	0,389	0,326	0,274	0,232	0,198	0,17	0,148	0,19	0,114	0,1
0,6	0,71	0,613	0,521	0,441	0,371	0,312	0,264	0,224	0,192	0,165	0,144	0,127	0,112	0,099
0,7	0,68	0,585	0,495	0,422	0,357	0,301	0,255	0,218	0,186	0,161	0,141	0,124	0,11	0,098
0,8	0,651	0,558	0,478	0,405	0,344	0,292	0,247	0,212	0,182	0,157	0,138	0,122	0,108	0,097
1	0,599	0,518	0,443	0,377	0,32	0,273	0,234	0,201	0,174	0,151	0,133	0,118	0,105	0,094
1,2	0,556	0,478	0,41	0,356	0,3	0,257	0,222	0,191	0,166	0,145	0,127	0,114	0,102	0,091
1,5	0,502	0,434	0,375	0,322	0,277	0,239	0,208	0,18	0,157	0,138	0,122	0,109	0,098	0,089
2	0,434	0,376	0,327	0,283	0,246	0,214	0,187	0,164	0,144	0,127	0,112	0,101	0,092	0,083
3	0,342	0,297	0,261	0,229	0,202	0,178	0,158	0,141	0,126	0,113	0,101	0,091	0,081	0,074
4	0,278	0,244	0,218	0,194	0,173	0,153	0,138	0,124	0,112	0,101	0,091	0,082	0,074	0,066
5	0,232	0,206	0,187	0,168	0,152	0,136	0,122	0,11	0,099	0,09	0,082	0,074	0,066	0,06

Таблица 80

Коэффициенты $\varphi^{вн}$ для двутаврового сечения при эксцентрицитете нормально к плоскости стенки и крестового сечения

m \ λ̄	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3
0	1,043	0,919	0,798	0,687	0,589	0,504	0,391	0,309	0,25	0,207	0,174	0,148	0,128	0,111
0,05	1,01	0,886	0,764	0,651	0,546	0,452	0,367	0,299	0,244	0,202	0,171	0,146	0,126	0,11
0,1	0,975	0,86	0,739	0,624	0,519	0,428	0,353	0,288	0,238	0,198	0,168	0,144	0,125	0,109
0,2	0,945	0,819	0,698	0,586	0,485	0,402	0,33	0,274	0,227	0,191	0,162	0.139	0,121	0,107
0,3	0,91	0,785	0,663	0,555	0,459	0,38	0,314	0,261	0,218	0,185	0,157	0,136	0,119	0,104
0,4	0,879	0,755	0,636	0,53	0,438	0,361	0,3	0,25	0,21	0,179	0,153	0,133	0,117	0,103
0,5	0,85	0,726	0,611	0,507	0,42	0,348	0,289	0,243	0,205	0,175	0,15	0,13	0,113	0,1
0,6	0,824	0,701	0,59	0,489	0,406	0,336	0,28	0,235	0,2	0,171	0,147	0,128	0,112	0,099
0,7	0,798	0,678	0,567	0,472	0,391	0,325	0,272	0,229	0,195	0,168	0,144	0,125	0,11	0,098
0,8	0,775	0,657	0,55	0,457	0.38	0,316	0,265	0,224	0,191	0,164	0,141	0,123	0,109	0,097
1	0,73	0,618	0,514	0,431	0,358	0,3	0,253	0,215	0,183	0,158	0,137	0,12	0,106	0,095
1,2	0,692	0,546	0,488	0,389	0,34	0,285	0,243	0,205	0,176	0,152	0,132	0,116	0,103	0,092
1,5	0,64	0,522	0,451	0,378	0,316	0,267	0,229	0,194	0,167	0,145	0,126	0,112	0,1	0,09
2	0,569	0,477	0,402	0,338	0,286	0,243	0,208	0,179	0,155	0,135	0,117	0,104	0,094	0,085
3	0,471	0,393	0,339	0,281	0,24	0,207	0,179	0,155	0,136	0,121	0,106	0,094	0,084	0,075
4	0,395	0,328	0,281	0,24	0,207	0,179	0,158	0,139	0,123	0,109	0,096	0,086	0,078	0,07
5	0,335	0,281	0,243	0,21	0,183	0,16	0,141	0,125	0,11	0,098	0,086	0,077	0,069	0,062

Таблица 81

Коэффициенты $\varphi^{вн}$ для таврового сечения с эксцентрицитетом в сторону пера и швеллерного сечения

m \ $\bar{\lambda}$	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3
0	1,043	0,919	0,798	0,687	0,589	0,504	0,391	0,309	0,25	0,207	0,174	0,148	0,128	0,111
0,1	0,927	0,802	0,687	0,585	0,494	0,413	0,342	0,282	0,233	0,195	0,168	0,144	0,125	0,109
0,2	0,868	0,751	0,643	0,546	0,459	0,384	0,32	0,268	0,225	0,19	0,163	0,139	0,121	0,107
0,3	0,824	0,709	0,607	0,515	0,433	0,362	0,302	0,253	0,214	0,183	0,158	0,136	0,119	0,104
0,4	0,784	0,675	0,576	0,488	0,411	0,345	0,29	0,244	0,207	0,177	0,153	0,133	0,117	0,103
0,5	0,748	0,643	0,548	0,464	0,392	0,331	0,28	0,237	0,201	0,172	0,149	0,13	0,113	0,1
0,6	0,717	0,616	0,524	0,444	0,376	0,318	0,269	0,228	0,194	0,167	0,146	0,128	0,112	0,099
0,7	0,689	0,592	0,504	0,428	0,362	0,306	0,26	0,221	0,189	0,163	0,142	0,125	0,11	0,098
0,8	0,664	0,569	0,485	0,411	0,348	0,295	0,251	0,215	0,185	0,16	0,14	0,123	0,109	0,097
1	0,618	0,529	0,452	0,385	0,328	0,28	0,239	0,205	0,177	0,153	0,134	0,12	0,106	0,095
1,2	0,582	0,495	0,422	0,361	0,31	0,263	0,225	0,195	0,17	0,148	0,13	0,116	0,103	0,092
1,5	0,528	0,455	0,39	0,325	0,288	0,248	0,214	0,186	0,162	0,142	0,125	0,112	0,1	0,09
2	0,464	0,401	0,346	0,298	0,257	0,223	0,194	0,169	0,148	0,13	0,115	0,104	0,094	0,085
3	0,374	0,327	0,285	0,248	0,217	0,19	0,167	0,148	0,132	0,118	0,106	0,094	0,084	0,075
4	0,313	0,277	0,245	0,216	0,19	0,168	0,149	0,133	0,119	0,107	0,096	0,085	0,076	0,068
5	0,27	0,241	0,215	0,192	0,171	0,152	0,135	0,12	0,107	0,096	0,087	0,077	0,069	0,062

Таблица 82

Коэффициенты $\varphi^{вн}$ для таврового сечения с эксцентрицитетом в сторону полок и швеллерного сечения

m \ $\bar{\lambda}$	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3
0	1,043	0,919	0,798	0,687	0,589	0,504	0,391	0,309	0,25	0,207	0,174	0,148	0,128	0,111
0,1	0,997	0,883	0,758	0,636	0,523	0,425	0,345	0,282	0,233	0,195	0,166	0,143	0,124	0,108
0,15	0,967	0,851	0,728	0,609	0,501	0,408	0,331	0,272	0,226	0,19	0,163	0,141	0,122	0,106
0,2	0,938	0,822	0,701	0,585	0,48	0,392	0,32	0,264	0,22	0,186	0,16	0,138	0,12	0,104
0,3	0,885	0,77	0,652	0,542	0,445	0,365	0,3	0,248	0,208	0,177	0,153	0,133	0,115	0,1
0,4	0,835	0,723	0,61	0,506	0,416	0,341	0,282	0,236	0,199	0,17	0,147	0,128	0,112	0,097
0,5	0,788	0,68	0,571	0,474	0,39	0,322	0,268	0,225	0,19	0,163	0,142	0,124	0,108	0,095
0,6	0,746	0,639	0,536	0,445	0,368	0,305	0,254	0,214	0,182	0,157	0,137	0,12	0,1	0,092
0,7	0,705	0,603	0,505	0,419	0,347	0,29	0,243	0,205	0,175	0,151	0,132	0,11	0,103	0,09
0,8	0,668	0,57	0,477	0,396	0,329	0,275	0,232	0,197	0,169	0,147	0,128	0,113	0,1	0,088
1	0,601	0,51	0,428	0,357	0,299	0,252	0,214	0,181	0,158	0,138	0,122	0,107	0,094	0,083
1,2	0,51	0,462	0,388	0,325	0,273	0,232	0,198	0,17	0,149	0,131	0,116	0,103	0,09	0,079
1,5	0,469	0,4	0,338	0,286	0,243	0,208	0,18	0,156	0,137	0,121	0,107	0,095	0,085	0,076
2	0,378	0,325	0,278	0,239	0,206	0,179	0,157	0,137	0,121	0,108	0,097	0,087	0,078	0,071
3	0,269	0,233	0,204	0,18	0,158	0,14	0,125	0,112	0,1	0,09	0,082	0,074	0,067	0,062
4	0,215	0,185	0,163	0,146	0,131	0,117	0,105	0,095	0,086	0,078	0,071	0,065	0,06	0,055
5	0,186	0,161	0,141	0,124	0,11	0,1	0,091	0,083	0,076	0,07	0,065	0,06	0,055	0,05

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ $\varphi^{си}$ ДЛЯ РАСЧЕТА СЖАТО-ИЗОГНУТЫХ СТЕРЖНЕЙ

В табл. 83 показаны схемы поперечной нагрузки на сжатый стержень, для которых в табл. 84 и 85 приведены значения $\varphi^{си}$.

Таблица 83

Схемы поперечной нагрузки для определения коэффициента $\varphi^{си}$

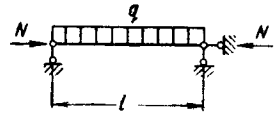
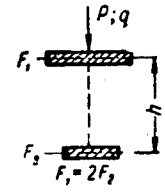
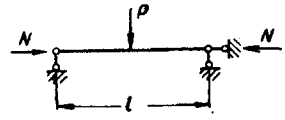
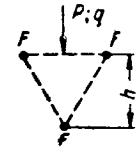
№ таблицы	Схема нагрузки	Схема сечения	Коэффициент n
84			$\frac{ql}{N}\sqrt{\frac{E}{R}\,0{,}85}$
85			$\frac{P}{N}\sqrt{\frac{E}{R}\,0{,}85}$

Таблица 84

Коэффициенты $\varphi^{си}$ для идеализированного профиля (из двух полос) при $F_1=2F_2$

n \ $\bar{\lambda}$	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3
0	1,043	0,919	0,793	0,687	0,589	0,504	0,391	0,309	0,25	0,207	0,174	0,150	0,13	0,113
0,1	1,024	0,902	0,783	0,672	0,557	0,45	0,361	0,292	0,239	0,2	0,169	0,145	0,125	0,109
0,2	1,012	0,887	0,765	0,649	0,53	0,425	0,346	0,28	0,23	0,194	0,164	0,141	0,122	0,106
0,4	0,988	0,858	0,73	0,607	0,49	0,395	0,322	0,261	0,216	0,181	0,154	0,133	0,116	0,102
0,6	0,967	0,828	0,695	0,572	0,462	0,375	0,303	0,246	0,205	0,172	0,146	0,125	0,11	0,096
0,8	0,947	0,805	0,665	0,544	0,437	0,357	0,288	0,235	0,195	0,163	0,139	0,12	0,105	0,092
1,0	0,925	0,777	0,637	0,52	0,417	0,339	0,273	0,223	0,186	0,156	0,132	0,114	0,099	0,086
1,5	0,883	0,724	0,585	0,473	0,375	0,3	0,241	0,199	0,165	0,138	0,118	0,102	0,09	0,08
2	0,84	0,676	0,543	0,434	0,341	0,267	0,217	0,180	0,149	0,126	0,106	0,092	0,082	0,074
2,5	0,81	0,641	0,508	0,398	0,31	0,244	0,199	0,166	0,137	0,115	0,099	0,086	0,071	0,068
3	0,772	0,605	0,473	0,368	0,284	0,222	0,182	0,152	0,125	0,106	0,091	0,08	0,071	0,062
4	0,71	0,551	0,421	0,32	0,242	0,193	0,158	0,130	0,109	0,093	0,081	0,071	0,063	0,057
5	0,662	0,506	0,37	0,277	0,21	0,169	0,138	0,113	0,096	0,082	0,073	0,065	0,058	0,052
6	0,617	0,457	0,333	0,243	0,183	0,147	0,12	0,102	0,086	0,074	0,066	0,059	0,054	0,048
7	0,583	0,424	0,3	0,218	0,165	0,133	0,11	0,092	0,078	0,068	0,061	0,055	0,05	0,045
8	0,55	0,394	0,272	0,2	0,152	0,123	0,102	0,085	0,072	0,063	0,056	0,051	0,046	0,042
10	0,503	0,335	0,226	0,163	0,128	0,104	0,085	0,072	0,062	0,055	0,05	0,046	0,042	0,039

Таблица 85

Коэффициенты φ^{ci} для идеализированного профиля (из двух полос) при $F_1=2F_2$

α \ λ	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3
0	1,043	0,919	0,798	0,687	0,589	0,504	0,391	0,309	0,25*	0,207	0,174	0,15	0,13	0,113
0,1	1,021	0,891	0,768	0,649	0,536	0,432	0,347	0,284	0,232	0,194	0,164	0,143	0,124	0,108
0,2	0,995	0,864	0,74	0,618	0,5	0,402	0,325	0,267	0,218	0,184	0,157	0,137	0,119	0,104
0,4	0,957	0,817	0,585	0,56	0,45	0,358	0,292	0,242	0,2	0,167	0,143	0,124	0,108	0,095
0,6	0,92	0,77	0,637	0,514	0,409	0,33	0,268	0,22	0,183	0,155	0,132	0,115	0,099	0,086
0,8	0,888	0,73	0,594	0,476	0,379	0,305	0,247	0,204	0,17	0,143	0,123	0,106	0,091	0,081
1,0	0,855	0,692	0,563	0,448	0,353	0,283	0,226	0,188	0,158	0,132	0,113	0,098	0,087	0,077
1,5	0,788	0,627	0,496	0,387	0,3	0,237	0,193	0,16	0,132	0,112	0,098	0,087	0,078	0,071
2,0	0,722	0,565	0,442	0,337	0,257	0,204	0,165	0,136	0,115	0,099	0,088	0,078	0,07	0,064
2,5	0,672	0,517	0,390	0,295	0,223	0,177	0,145	0,122	0,102	0,088	0,077	0,068	0,061	0,054
3,0	0,628	0,474	0,353	0,26	0,201	0,16	0,128	0,106	0,092	0,079	0,07	0,063	0,056	0,049
4,0	0,562	0,397	0,284	0,215	0,166	0,127	0,1	0,085	0,074	0,066	0,058	0,053	0,048	0,043
5,0	0,498	0,333	0,23	0,174	0,134	0,109	0,091	0,078	0,067	0,058	0,053	0,047	0,042	0,036
6,0	0,457	0,292	0,203	0,147	0,115	0,094	0,08	0,069	0,061	0,055	0,049	0,044	0,039	0,034
7,0	0,41	0,257	0,183	0,132	0,102	0,083	0,07	0,06	0,052	0,047	0,042	0,038	0,033	0,029
8,0	0,375	0,237	0,163	0,117	0,09	0,076	0,064	0,053	0,046	0,041	0,036	0,032	0,028	0,025
10,0	0,32	0,196	0,13	0,089	0,072	0,059	0,05	0,044	0,038	0,035	0,031	0,027	0,025	0,022

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

ПРОВЕРКА УСТОЙЧИВОСТИ СТЕНОК БАЛОК ПРИ ПОДВИЖНОЙ НАГРУЗКЕ НА ВЕРХНЕМ ПОЯСЕ

1. В случае приложения сосредоточенной нагрузки к поясу балки в местах, не укрепленных ребрами, местное напряжение в стенке под грузом определяется по формуле

$$\sigma_м = \frac{n_1 P}{\delta z} \leqslant R, \qquad (67)$$

где P — величина расчетной сосредоточенной нагрузки; для подкрановых балок — расчетная величина давления катка без учета коэффициента динамичности;

n_1 — коэффициент, принимаемый равным 1,1 — для подкрановых балок с тяжелым режимом работы и 1 — для остальных случаев;

δ — толщина стенки;

$z=c\sqrt[3]{\frac{J_п}{\delta}}$ — условная длина распределения сосредоточенного груза;

c — коэффициент, принимаемый равным 3,25 для сварных балок и 3,75 для клепаных балок;

$J_п$ — сумма моментов инерции пояса балки и подкранового рельса; в случае приварки рельса швами, обеспечивающими совместную работу рельса и балки, — общий момент инерции рельса и пояса.

2. В отсеках, где местная нагрузка приложена к растянутому поясу, одновременно учитываются только два компонента:

σ и τ или $\sigma_м$ и τ.

3. В случае укрепления стенки балки симметричного сечения только основными поперечными ребрами проверку устойчивости стенки производят:

а) при $\frac{a}{h_0} \leqslant 0{,}8$ по формуле

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_0}+\frac{\sigma_м}{\sigma_{м0}}\right)^2+\left(\frac{\tau}{\tau_0}\right)^2} < 0{,}9\vartheta. \qquad (68)$$

где ϑ — определяется по указаниям п. 6.5;

σ_0 и τ_0 — вычисляются по формулам (30) и (31); τ_0 вычисляется по действительным размерам отсека;

$\sigma_{м0}$ — критическое напряжение смятия стенки под грузом, определяемое по формуле

$$\sigma_{м0} = k_1\left(\frac{100\delta}{a}\right)^2 т/см^2, \qquad (69)$$

k_1 — коэффициент, принимаемый по табл. 86.

б) при $a/h_0 > 0{,}8$ — по формуле (68) дважды;

1) при первой проверке σ_0 определяют по формуле

$$\sigma_0 = k_2\left(\frac{100\delta}{h_0}\right)^2 т/см^2, \qquad (70)$$

где k_2 — коэффициент, принимаемый по табл. 87;

2) при второй проверке определяют σ_0 по формуле (30) и $\sigma_{м0}$ по формуле (69), но с подстановкой в формулу (69) и в табл. 87 величины $a/2$ вместо a; второй проверки не требуется, если отношение $\frac{\sigma_м}{\sigma}$ превосходит следующие значения:

$$\frac{a}{h_0} = \ldots,0{,}8;\ 1{,}2;\ 1{,}6;\ 2;$$

$$\frac{\sigma_м}{\sigma} = \ldots,0;\ 0{,}25;\ 0{,}4;\ 0{,}5.$$

4. В случае применения промежуточных коротких поперечных ребер жесткости, укрепляющих стенку вблизи нагруженного пояса между основными ребрами жесткости, длина коротких ребер должна быть не менее 0,3 высоты стенки и не менее $0{,}4a_1$, где a_1 расстояние между осями двух коротких ребер или короткого и основного ребра. Проверку устойчивости стенки производят дважды:

а) по формуле (68), полагая, что короткие ребра отсутствуют и $\sigma_м = 0$;

б) по формуле

$$4{,}5\sigma_м \left(\frac{a_1}{100\delta}\right)^2 \leqslant 1, \qquad (71)$$

где $\sigma_м$ в $т/см^2$.

5. Ширина выступающей полки короткого ребра должна составлять не менее 0,7 ширины полки основного ребра.

6. В стенке, укрепленной продольным ребром жесткости, расположенным на расстоянии b_1 от сжатой кромки отсека, обе пластинки, на которые ребро разделяет отсек, проверяют отдельно:

а) первая пластинка, расположенная между сжатым поясом и ребром, проверяется по формуле

$$\frac{\sigma}{\sigma_{01}} + \frac{\sigma_м}{\sigma_{м01}} + \left(\frac{\tau}{\tau_{01}}\right)^2 \leqslant 0{,}9\vartheta, \qquad (72)$$

где ϑ — принимается по указаниям пп. 6.5 и 6.6;

τ_{01} — вычисляется по формуле (31);

$$\sigma_{м01} = 0{,}12 \frac{(1+\mu_1^2)^2}{\mu_1^2}\left(\frac{100\delta}{a}\right)^2 т/см^2, \qquad (73)$$

$$\sigma_{01} = \frac{0{,}08}{1-\frac{b_1}{h_0}} \cdot \frac{(1+\mu_1^2)^2}{\mu_1^2}\left(\frac{100\delta}{b_1}\right)^2 т/см^2, \qquad (74)$$

где $\mu_1 = \frac{a}{b_1}$; если $\frac{a}{b_1} < 2$, то при определении $\sigma_{м01}$ принимается $a = 2b_1$;

б) вторая пластинка (между растянутым поясом и ребром) проверяется по формуле

$$\sqrt{\left[\frac{\sigma(1-2b_1/h_0)}{\sigma_{02}} + \frac{\sigma_{м2}}{\sigma_{м02}}\right]^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{02}}\right)^2} \leqslant 1,$$

где σ_{02} и τ_{02} — вычисляются по формулам (36) и (31);

$\sigma_{м02}$ — вычисляется по формуле (69) и табл. 86; принимая в последней (для первой строки) вместо $\frac{a}{h_0}$ значения параметра $\frac{a}{h_0 - b_1}$,

$$\sigma_{м2} = 0{,}4\sigma_м.$$

Если первая пластинка укрепляется дополнительно короткими поперечными ребрами, то их следует доводить до продольного ребра. При этом для проверки первой пластинки служат формулы (72) — (74), в которых a заменяется величиной a_1 (a_1 — расстояние между осями соседних коротких ребер). Проверка второй пластинки в этом случае остается без изменения.

Таблица 86

Значения коэффициента k_1

a/h_0	0,5	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2
k_1	0,67	1	1,2	1,34	1,52	1,73	1,97	2,25

Примечание. Если $a > 2h_0$, то при определении $\sigma_{м0}$ принимается $a = 2h_0$.

Таблица 87

Значения коэффициента k_2

a/h_0	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6
k_2	2,39	2,75	3,21	3,77	4,41	5,12	5,94	6,82	7,77

ПРИЛОЖЕНИЕ Ю

ХАРАКТЕРИСТИКА АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ПО ИХ КОРРОЗИЙНОЙ СТОЙКОСТИ

Таблица 88

№ п/п	Марка сплава	Содержание основных легирующих компонентов по среднему значению	Характеристика коррозийной стойкости сплавов
1	2	3	4
	А. Сплавы для элементов конструкций		
1	А1	99,5% Al	Высокая, близкая к коррозийной стойкости чистого алюминия
2	АД1	99,3% Al	Незначительно отличается от стойкости А1.
3	АМц	1,25% Mn	Такая же, как у А1 и АД1. Может наблюдаться иногда коррозия в виде локального отслаивания
4	АМг	2,4% Mg	Коррозийная стойкость аналогична сплаву АМц в промышленной и сельской атмосферах. Особенно высокая стойкость в приморских условиях (выше, чем у сплава А1 и АМц)
5	АМг3	3,5% Mg	Стойкость такая же, как у сплава АМг

Продолжение табл. 88

№ п/п	Марка сплава	Содержание основных легирующих компонентов по среднему значению	Характеристика коррозийной стойкости сплавов
1	2	3	4
6	АМг5	5,2% Mg	Сопротивление коррозии высокое, близкое к сплаву АМг. Под влиянием длительных солнечных нагревов возможно появление чувствительности к межкристаллитной коррозии и коррозийному растрескиванию. Вследствие этого применение в нагартованном состоянии ограничено
7	АМг6 АМг61	6,3% Mg	Аналогична сплаву АМг5, однако чувствительность к солнечным нагревам выше
8	АД31-Т АД31-Т1	0,65% Mg 0,5% Si	Сплав высокой коррозийной стойкости, несколько менее коррозийностоек, чем АД1, АМг. В искусственно состаренном состоянии чувствителен к межкристаллитной коррозии, стойкость ниже, чем в естественно состаренном состоянии
9	АД33-Т АД33-Т1	0,25% Cu 1,0% Mg 0,6% Si 0,25% Cr	Коррозийная стойкость высокая, близкая к стойкости сплава АД31. В искусственно состаренном состоянии проявляется чувствительность к межкристаллитной коррозии, коррозийная стойкость ниже, чем в естественно состаренном состоянии
10	АД35-Т АД35-Т1	1,0% Mg 1,0% Si 0,7% Mn	Коррозийная стойкость аналогична сплаву АД33
11	АВ-Т АВ-Т1	0,4% Cu 0,7% Mg 0,9% Si	Сплав хорошей коррозийной стойкости Стойкость его ниже, чем у сплава АД33 В искусственно состаренном состоянии в большей степени, чем сплав АД33-Т1, склонен к межкристаллитной коррозии. Коррозийная стойкость заметно повышается при содержании меди не более 0,1%

Продолжение табл. 88

№ п/п	Марка сплава	Содержание основных легирующих компонентов по среднему значению	Характеристика коррозийной стойкости сплавов
1	2	3	4
12	Д1-Т	4,3% Cu 0,6% Mg 0,6% Mn	Плакированные листы обладают высокой коррозийной стойкостью при службе в атмосферных условиях в течение 15—20 лет, стойкость их при этом выше, чем у сплава АМг и АМц. Сопротивление коррозии неплакированных полуфабрикатов — невысокое. Имеется склонность к межкристаллитной коррозии, которая увеличивается при неправильной термообработке или нагревах выше 100° С. Анодирование с последующими лакокрасочными покрытиями значительно повышает сопротивление сплава коррозии
13	Д16-Т	4,35% Cu 1,5% Mg 0,6 % Mn	Плакированные листы обладают высокой коррозийной стойкостью при службе в атмосферных условиях в течение 15—20 лет, стойкость их при этом выше, чем у сплавов АМц и АМг. Листы с технологической плакировкой (Д16-БТН и Д16-БТ) обладают пониженной коррозийной стойкостью. Листы толщиной менее 1 *мм* обладают высокой коррозийной стойкостью при наличии утолщенной плакировки (Д16А-ТУП). Сопротивление коррозии прессованных профилей невысокое. Имеется склонность к межкристаллитной коррозии и коррозийному растрескиванию под напряжением, особенно для профилей больших сечений (более 20 *мм*). Склонность усиливается при неправильной термообработке или нагревах выше 100°С. Анодирование с последующими лакокрасочными покрытиями повышает сопротивление сплава коррозии

Продолжение табл. 88

№ п/п	Марка сплава	Содержание основных легирующих компонентов по среднему значению	Характеристика коррозийной стойкости сплавов
1	2	3	4
14	В95-Т1	1,7% Cu 2,3% Mg 6,0% Zn	Коррозийная стойкость аналогичных полуфабрикатов близка к коррозийной стойкости сплава Д16-Т. Сплав более чувствителен к коррозийному растрескиванию, чем Д16-Т
15	В92-Т	3,2% Zn 4,2% Mg 0,8% Mn	Коррозийная стойкость в естественно состаренном состоянии, в том числе сопротивление к коррозии под напряжением удовлетворительные (близкие к сплаву АМг6-М). Сплав чувствителен к солнечным нагревам
	Б. Сплавы для заклепок		
16	АД1	99,3% Al	Коррозийная стойкость высокая. Заклепки рекомендуется ставить в конструкцию анодированными
17	АМг	2,4% Mg	Коррозийная стойкость высокая. Заклепки рекомендуется ставить в конструкцию анодированными
18	АМг5п	5,2% Mg	Коррозийная стойкость такая же, как у АМг5. Заклепки следует ставить в конструкцию анодированными
19	Д18	2,6% Cu 0,35% Mg 0,2% Mn	Коррозийная стойкость заклепок невысокая. При нагревании выше 100° С возникает склонность к межкристаллитной коррозии.
20	В65	4,2% Cu 0,2% Mg 0,4% Mn	Заклепки в конструкцию ставятся анодированными с наполнением в растворе хромпика. Рекомендуется последующая окраска
21	В94	2,1% Cu 1,4% Mg 6,3% Zn	Коррозийная стойкость невысокая. Заклепки ставятся в конструкцию анодированными с наполнением в растворе хромпика. Рекомендуется последующая окраска

ПРИЛОЖЕНИЕ 11

НЕКОТОРЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО АНОДИРОВАНИЮ ОГРАЖДАЮЩИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Анодирование алюминиевых конструкций предусматривает создание и сохранение необходимого вида и повышение коррозионной стойкости.

Рекомендации по выбору алюминия для ограждающих конструкций и необходимой толщины анодного защитного слоя представлены в табл. 89 и 90.

Таблица 89

Алюминиевые сплавы для ограждающих конструкций

№ п/п	Марка сплава	Химический состав по средним значениям основных легирующих компонентов	Вид полуфабриката	Рекомендации к применению при обеспечении эстетических требований	Цвет поверхности после анодирования в растворе серной кислоты
1	А1	99,5% Al	Лист	Рекомендуется	Серебристый
2	АД1	99,3% Al	»	»	То же
3	АМг	2,4% Mg	»	»	»
4	АМг3	3,5% Mg	»	»	»
5	АМц	1,25% Mn	»	Рекомендуется только для конструкций, где внешний вид не является определяющим	Серебристо-серовато-серый
6	АД31	0,65% Mg 0,50% Si	Профили	Рекомендуется	То же

Таблица 90

Рекомендуемая толщина анодного защитного слоя, получаемого в сернокислом электролите для алюминиевых элементов ограждающих конструкций при необходимости обеспечения повышенных эстетических требований

Тип атмосферы, в которой будет эксплуатироваться сооружение	Сельская малозагрязненная	Приморская	Индустриальная (городская)	Сильно загрязненная индустриальная
Толщина анодного защитного слоя в микронах	14—17	22—26	24—27	28—32

ПРИЛОЖЕНИЕ 12

ОСНОВНЫЕ БУКВЕННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

x, y — главные оси сечения;

F — площадь сечения;

J — момент инерции сечения (общее обозначение);

J_x, J_y — моменты инерции сечения относительно осей x и y;

W_x, W_y — моменты сопротивления сечения относительно осей x и y;

$r_x=\sqrt{\frac{J_x}{F}}$; $r_y=\sqrt{\frac{J_y}{F}}$ — радиусы инерции сечения;

$\lambda_x=\frac{l_x}{r_x}$; $\lambda_y=\frac{l_y}{r_y}$ — гибкость стержня в плоскости, перпендикулярной осям x и y;

l_x, l_y — расчетные длины стержня в плоскости, перперпендикулярной осям x и y;

$\bar{\lambda}=a\lambda$ — относительная гибкость; значения a приведены в п. 4.17;

N — продольная сила;

Q — поперечная сила;

M_x, M_y — изгибающие моменты относительно осей x и y;

$e=\frac{M}{N}$ — эксцентрицитет приложения силы;

$m=e\frac{F}{W}$ — относительный эксцентрицитет.

Примечание. Все приведенные выше характеристики F, J, W соответствуют сечениям брутто. Для обозначения характеристик, соответствующих сечениям нетто, вводится нижний индекс нт (например, $F_{нт}$ — площадь сечения нетто).

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

1. Общие указания 3
2. Материалы для алюминиевых конструкций и соединений 4
3. Расчетные характеристики материалов и соединений 9
4. Расчет элементов алюминиевых конструкций на осевые силы и изгиб 18
   - Центрально-сжатые и центрально-растянутые элементы . . . . . —
   - Изгибаемые элементы 21
   - Элементы, подверженные действию осевой силы с изгибом 22
   - Опорные части 26
5. Расчетные длины элементов алюминиевых конструкций и предельные гибкости . . —
   - Расчетные длины . . . . . —
     - Плоские фермы и связи . . . . . —
     - Колонны (стойки) 28
   - Предельные гибкости элементов 29
6. Проверка устойчивости стенок и поясных листов в изгибаемых и сжатых элементах 30
   - Стенки балок . . . . . —
   - Стенки центрально-сжатых и сжато-изогнутых элементов 32
   - Свесы поясных листов и полок сжатых, сжато-изогнутых и изгибаемых элементов 33
7. Особенности расчета элементов конструкций с применением тонколистового алюминия 36
   - Область применения и виды напряженного состояния элементов . . . . . —
     - Элементы, работающие на сжатие и изгиб . . . . . —
     - Элементы мембранного типа 39
     - Трехгранные стержни из гофрированных листов . . . . . —
8. Расчет соединений конструкций из алюминиевых сплавов 40
   - Стыки и прикрепления элементов . . . . . —
     - Сварные соединения . . . . . —
     - Заклепочные и болтовые соединения 41
     - Монтажные соединения на высокопрочных болтах 42
     - Соединения с фрезерованными торцами . . . . . —
     - Поясные соединения в составных балках . . . . . —
     - Анкерные болты 43
9. Указания по проектированию алюминиевых конструкций и их элементов . . . . . —
   - Общие указания . . . . . —
     - Учет усталости (выносливости) металла 45
10. Конструктивные требования 47
    - Общие указания . . . . . —
      - Указания по конструированию сварных соединений 48
      - Указания по конструированию заклепочных соединений 50
      - Конструктивные меры по повышению коррозийной стойкости 51

Приложение 1. Обозначения алюминиевых сплавов и их состояний 52
Приложение 2. Перечень действующих ГОСТов и технических условий на алюминиевые сплавы на 1/I 1965 г. . . . . —
Приложение 3. Виды алюминиевых полуфабрикатов («проката» профильного и листового) 53
Приложение 4. Коэффициенты φ продольного изгиба центрально-сжатых стержней . . —
Приложение 5. Расчет П-образных сечений на изгибно-крутильную форму потери устойчивости 54
Приложение 6. Указания по определению коэффициента $\varphi_б$ для проверки общей устойчивости балок . . . . . —
Приложение 7. Определение коэффициентов $\varphi^{вн}$ 56
Приложение 8. Определение коэффициентов $\varphi^{си}$ для расчета сжато-изогнутых стержней 61
Приложение 9. Проверка устойчивости стенок балок при подвижной нагрузке на верхнем поясе 62
Приложение 10. Характеристика алюминиевых сплавов по их коррозийной стойкости . 63
Приложение 11. Некоторые рекомендации по анодированию ограждающих строительных конструкций 65
Приложение 12. Основные буквенные обозначения 66

Тем. план. IV кв 1964 г. № 1/2

Стройиздат
Москва, Третьяковский проезд, д. 1

* * *

Редактор издательства В. П. Страшных
Технический редактор Н. К. Боровнев
Корректор И. А. Зайцева

Сдано в набор 8/XII 1964 г. Подписано к печати 13/II 1965 г.
Бумага 84×108¹/₁₆ = 2,125 бум. л. — 6,97 усл. печ. л. (7,4 уч.-изд. л.). Тираж 40 000 экз.
Изд. № XII-9135 Зак. № 2161 Цена 37 коп.

Владимирская типография Главполиграфпрома
Государственного комитета Совета Министров СССР
по печати
Гор. Владимир, ул. Б. Ременники, д. 18-б

ОПЕЧАТКИ

Страница	Колонка	Строка	Напечатано	Следует читать
36	справа	1-я снизу	=1	$v=1$
41	справа, табл. 56	4-я снизу	снимаемых	сминаемых
58	табл. 78, 5-я колонка справа	1-я сверху	0,287	0,207
59	Табл. 79, 3-я колонка справа	7-я сверху	0,19	0,13

Зак. 2161

gost.e-ecolog.ru