ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР
ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА

ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

СН 113-60

Отменен с 1/IV-1965 г.
см: БСТ N 3, 1965 г.
Взод. СНиП II-В.5-64

МОСКВА — 1961

gost.e-ecolog.ru

Издание официальное

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР
ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА

ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

СН 113-60

Утверждены
Государственным комитетом Совета Министров СССР
по делам строительства
5 августа 1960 г.

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛИТЕРАТУРЫ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ, АРХИТЕКТУРЕ
И СТРОИТЕЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ
Москва — 1961

Редактор инж. М. Ф. Ковальчук

Технические условия проектирования конструкций из алюминиевых сплавов содержат указания по расчету и конструированию алюминиевых конструкций и их элементов.

Технические условия разработаны на основе научно-исследовательских и экспериментальных работ, проведенных в ЦНИИ строительных конструкций Академии строительства и архитектуры СССР и ГПИ Проектстальконструкция Главстройпроекта при Госстрое СССР с использованием материалов ВИАМ Государственного комитета Совета Министров СССР по авиационной технике, а также НИИ-200 и ПИ Промстальконструкция Минстроя РСФСР.

Технические условия разработаны ЦНИИ строительных конструкций АСиА СССР (д-р техн. наук проф. Тарановским С. В., канд. техн. наук Хохариным А. Х., д-р техн. наук Броуде Б. М. и канд. техн. наук Чувикиным Г. М., под руководством чл.-кор. АСиА СССР Балдина В. А.) и ГПИ Проектстальконструкция Главстройпроекта при Госстрое СССР (инж. Гурари М. Д. и канд. техн. наук Локшиным Е. Э.).

Государственный комитет Совета Министров СССР по делам строительства	Строительные нормы Технические условия проектирования конструкций из алюминиевых сплавов	СН 113-60

I. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

1. Настоящие технические условия распространяются на проектирование конструкций промышленных и гражданских зданий и сооружений, выполняемых из алюминиевых сплавов.

Примечания. 1. Настоящие технические условия не распространяются на проектирование пролетных строений железнодорожных и автодорожных мостов.

2. Специальные конструкции из алюминиевых сплавов, например, конструкции мачт и башен, трубопроводов, конструкций зданий предприятий химической промышленности, подверженных аррессивным воздействиям, и т. п. следует проектировать с учетом особых условий их работы и эксплуатации по специальным инструкциям, составленным в развитие настоящих технических условий.

2. При проектировании конструкций зданий и сооружений из алюминиевых сплавов (сокращенно-алюминиевые конструкции) для строительства в районах, подверженных землетрясениям, в районах распространения вечномерзлых грунтов или в районах с просадочными грунтами, а также для строительства на подрабатываемых территориях надлежит учитывать специальные требования к проектирова-

Внесены Академией строительства и архитектуры СССР	Утверждены Государственным комитетом Совета Министров СССР по делам строительства 5 августа 1960 г.	Срок введения 1 января 1961 г.

нию и строительству зданий и сооружений в этих районах или на подрабатываемых территориях.

3. При проектировании конструкций и деталей зданий и сооружений применение в них алюминиевых сплавов взамен стали, железобетона, дерева и др. конструкционных материалов разрешается лишь в случаях, когда необходимо или экономически целесообразно:

а) уменьшить вес конструкций и деталей по сравнению с таковыми из обычных материалов в целях существенного облегчения поддерживающих конструкций и соответственно уменьшения расхода материалов на сооружение или здание; повышения транспортабельности и удобства монтажа конструкций и соответственно сокращения сроков строительства; повышения грузоподъемности сооружения или уменьшения мощности механизмов, подвижных конструкций за счет уменьшения собственного веса сооружения (конструкции) и т. п.

б) повысить коррозиеустойчивость конструкций (эксплуатируемых в условиях, в которых алюминиевые сплавы являются более коррозиеустойчивыми, чем сталь и железобетон) и соответственно удлинить сроки их службы, а также уменьшить эксплуатационные расходы.

Рекомендуемые области применения алюминиевых сплавов:

для несущих конструкций зданий и сооружений — большепролетных конструкций (оболочки, рамы, фермы, купола и т. п.), конструкций ряда химических предприятий с агрессивной средой для железобетона и стали, сборно-разборных конструкций (включая монтажные), подвижных конструкций (гидротехнические затворы, большепролетные краны-перегружатели, стрелы подъемных кранов и т. п.), опор линий электропередач, конструкций выставочных павильонов и т. п.;

для ограждающих конструкций — кровельных панелей по стальным фермам (рамам), подвесных потолков специальных зданий, витрин, переплетов, витражей, ворот, дверей и др.

Конструкции из алюминиевых сплавов рекомендуется применять для зданий и сооружений, возводимых в сейсмических районах, в целях уменьшения сейсмических нагрузок и повышения надежности этих зданий и сооружений, а также для зданий и сооружений, возводимых в отдаленных и трудно доступных районах, куда доставка конструкции затруднительна.

Не допускается применение алюминиевых конструкций и деталей, предназначенных для эксплуатации их в условиях, вызывающих коррозию алюминиевых сплавов (при воздействии влажностно-щелочной среды, растворов хлоридов, иозидов, бромидов и фторидов, растворов серной кислоты средней концентрации и т. п.).

4. Соединения элементов конструкций из алюминиевых сплавов осуществляют сварными, клепаными или на болтах.

Сварные соединения могут выполняться:

а) механизированной (автоматической или полуавтоматической) или ручной электродуговой сваркой в защитной среде аргона неплавящимся вольфрамовым электродом с подачей присадочной проволоки;

б) механизированной электродуговой сваркой плавящимся электродом в защитной среде аргона;

в) электрической контактной сваркой;

г) автоматической по слою флюса;

д) газовой сваркой (только сплавов АМц и АМг при толщине проката до 3 *мм*).

Клепаные соединения выполняются холодными заклепками из алюминиевых сплавов.

Болтовые соединения выполняются на чистых болтах, высокопрочных болтах или на болтах с обжимными кольцами (лок-болтах), устанавливаемых с помощью натяжения переносным пневматическим прессом.

II. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

5. Для строительных конструкций из алюминиевых сплавов применяют деформируемые алюминиевые сплавы; литейные алюминиевые сплавы могут применяться для изготовления опорных и тому подобных частей, отливаемых в формах.

Рекомендуемые алюминиевые сплавы для применения в строительстве приведены в табл. 1.

Состояния (виды обработки) алюминиевых сплавов готового проката при поставке приведены в табл. 2.

Виды проката (фасонные профили, листы, трубы и тому подобные изделия, изготовляемые методом прессования, прокатки или штампования) из алюминиевых сплавов приведены в приложении II.

Система обозначения марок алюминиевых сплавов и их состояний приведена в приложении III.

Таблица 1

Алюминиевые сплавы, применяемые в строительных конструкциях

Тип сплава	Обозначение марки сплава	Наименование марки сплава	ГОСТ или ТУ, по которым поставляется прокат из сплава
А. Деформируемые термически не упрочняемые сплавы			
Сплав системы Al—Mn	АМц	Алюминиево-марганцевый сплав; коррозийная стойкость высокая	ГОСТы: 4773-49; 4 783-49 АМТУ: 252-57; 258-55; 308-51; 332-53; 347-55
Магналий сплав системы Al—Mg	АМг	Алюминиево-магниевый сплав с 2,5% магния; коррозийная стойкость высокая	ГОСТы: 4 773-49; 4 783-49 АМТУ: 252-57; 332-53; 347-55; 308-51
	АМг5п	Алюминиево-магниевый сплав с 5% магния; коррозийная стойкость высокая	АМТУ: 332-53 СТУ: 8-5-55
	АМг6	Алюминиево-магниевый сплав с 6% магния; коррозийная стойкость высокая	АМТУ: 424-58; 423-58; 443-59 СТУ: 4-5-54; 28-16-58 ТУ 15-57
	АМг5В	Алюминиево-магниевый сплав с 5% магния, легированный ванадием; коррозийная стойкость высокая (проволока сварочная нагартованная)	
	АМг61	Алюминиево-магниевый сплав; коррозийная стойкость высокая	ВТУ 1524-56

Продолжение табл. 1

Тип сплава	Обозначение марки сплава	Наименование марки сплава	ГОСТ или ТУ, по которым поставляется прокат из сплава
Б. Деформируемые термически упрочняемые сплавы			
Дуралюмин-сплав системы Al-Cu-Mg	Д1	Дуралюмин нормальной прочности	ГОСТы: 4 977-52; 4 773-49; 4 873-49 АМТУ: 308-51; 347-55; 258-55; 259-48; 262-55; 349-55; 332-53
	Д16	Дуралюмин конструкционный теплопрочный (повышенной прочности)	ГОСТы: 4 977-52; 4 783-49; 4 773-49 АМТУ: 375-56; 298-57; 251-48; 347-55; 258-55; 259-48; 332-53
	Д18п	Дуралюминовый заклепочный сплав повышенной пластичности	АМТУ: 332-53
	В65	Дуралюминовый заклепочный сплав повышенной прочности	АМТУ: 332-53
	В94	Высокопрочный заклепочный сплав	АМТУ: 367-56
Авиаль-сплав системы Al-Mg-Si	АВ	Авиаль, сплав с повышенной пластичностью и повышенной коррозийной стойкостью	ГОСТы: 4773-49 4783-49 АМТУ: 252-57; 349-55; 258-55; 347-55
	АД31	Сплав международного стандарта; коррозийная стойкость высокая	ГОСТы: 4783-49; 4773-49 АМТУ: 258-55; 252-57 СТУ-ВИАМ
	АД33 (АМК)	Сплав международного стандарта; коррозийная стойкость высокая	АМТУ: 258-55 252-57 СТУ-ВИАМ

Продолжение табл. 1

Тип сплава	Обозначение марки сплава	Наименование марки сплава	ГОСТ или ТУ, по которым поставляется прокат из сплава
Высокопрочный сплав системы Al-Zn-Mg	В92	Самозакаливающийся свариваемый сплав	ГОСТы: 4783-49; 4773-49 АМТУ: 258-55; 252-57 СТУ-ВИАМ
В. Литейные сплавы			
Литейный сплав	АЛ8	Высокопрочный коррозийно-стойкий сплав	ГОСТ 2685-53

Примечание. Перечень действующих ГОСТов и Технических условий на алюминиевые сплавы приведен в приложении I.

Таблица 2

Состояния (виды термической и механической обработки) алюминиевых сплавов готового проката (профилей, листов, труб и тому подобных изделий, изготавливаемых методом прессования, прокатки или штампования)

№ п/п	Обозначение состояния	Наименование состояния сплава	№ п/п	Обозначение состояния	Наименование состояния сплава
1	М	Отожженное (мягкое)	4	П	Полунагартованное
2	Т	Закаленное и естественно состаренное	5	Н	Нагартованное
3	Т1	Закаленное и искусственно состаренное	6	г/к	Горячекатаные листы и плиты

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

6. Рекомендуемые марки алюминиевых сплавов для изготовления элементов конструкций зданий и сооружений приведены в табл. 3.

Таблица 3

Рекомендуемые марки алюминиевых сплавов для изготовления элементов конструкций зданий и сооружений

№ п/п	Наименование конструкций	Рекомендуемые марки сплавов
1	Несущие конструкции сварные (арки, фермы, куполы, рамы, балки и т. д.)	АМг6, АМг61, АД33-Т1, АВ-Т1, В92-Т
2	То же клепаные	АД33-Т1, АВ-Т1, Д1-Т Д16-Т
3	Элементы конструкций, совмещающие функции ограждающих и несущих конструкций, например, кровельные панели, каркасы стеновых панелей, переплеты стеновых проемов промышленных зданий, витражи, подвесные потолки и т. п.	АВ-Т, АД31-Т1, АМг6
4	Ненагруженные и малонагруженные элементы конструкций зданий, например, обшивка стеновых и кровельных панелей, арматурные детали, санитарно-технические короба	АМц, АМг и АД31-Т
5	Отливка в формах (например, для опорных частей)	АЛ-8

Примечания. 1. Алюминиевые сплавы для изготовления отливок применяются в случаях необходимости замены аналогичных отливок из углеродистой стали или серого чугуна. Стальные или чугунные отливки должны удовлетворять требованиям НиТУ 121-55.

2. Выбор марки сплава для конструкций и деталей должен производиться с учетом коррозийной стойкости алюминиевых сплавов. Характеристика коррозийной стойкости алюминиевых сплавов приведена в приложении IV.

3. Сплавы, не упрочняемые термической обработкой, могут применяться в полунагартованном виде.

7. Для сварных соединений применяют в качестве электродного и присадочного материала:

а) в конструкциях из сплава марки АМц — проволоку из того же сплава АМц;

б) в конструкциях из сплавов магналия: АМг, АМг6 и АМг61 — проволоку из сплава основного металла или из магналия с более высоким содержанием магния в сравнении с основным металлом;

в) в конструкциях из сплавов типа авиаль марок АВ-Т, АВ-Т1, АД31-Т, АД31-Т1 и АД33-Т1 — проволоку типа АК;

г) в конструкциях из сплава В92 — проволоку из того же сплава В92.

8. Для заклепочных соединений на холодных заклепках следует применять заклепки из дуралюминового сплава повышенной пластичности марки Д18п или дуралюминового сплава повышенной прочности марки В65.

9. Для соединений элементов конструкций из алюминиевых сплавов на чистых болтах применяют:

а) болты из сплава марки АМг5п — для конструкций из алюминиево-магниевых сплавов;

б) болты из сплава марки АВ-Т1 — для конструкций из термически упрочняемых сплавов типа АВ;

в) болты из сплавов марок Д16п и В94 — для конструкций из дуралюминовых сплавов;

г) болты с шайбами высокопрочные, термически обработанные в готовом изделии из углеродистых сталей (например, марки Ст.5 по ГОСТ 380-60, марки Ст.35 по ГОСТ 1050-60) или из легированных сталей (например, марки 40Х по ГОСТ 4543-48).

Предел прочности стали, применяемый для высокопрочных болтов, после термической обработки должен быть не ниже 10 000 *кг/см*^{2}; при испытании болтов предел прочности определяется по площади сечения болта нетто (по резьбе).

В соединения на болтах с обжимными кольцами (локболтах) стержни болтов изготовляют из жесткого сплава (например, из сплава марки В65), а обжимные кольца — из пластичного сплава (например, из сплава марки АВ).

III. РАСЧЕТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ И СОЕДИНЕНИЙ

10. Расчетные сопротивления алюминиевых сплавов и соединений определяются как произведение нормативного сопротивления на соответствующие коэффициенты однородности (с округлением).

Таблица 4

Основные расчетные сопротивления *R* (растяжение, сжатие и изгиб) в *кг/см*^{2} для сплавов, не упрочняемых термической обработкой

Значения *R* *кг/см*^{2} для марок и состояния сплавов					
АМц-М	АМц-П	АМг-М	АМг-П	АМг6-М	АМг61-М
500	1 000	700	1 400	1 400	1 800

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

Таблица 5

Вид изделия (проката) в мм	Значения R для марок и состояния сплавов										
	АВ-М*	АВ-Т**	АВ-Т1**	Д1-М*	Д1-Т	Д16-М*	Д16-Т	АД31-Т	АД31-Т1	АД33-Т1	В92-Т
Листы толщиной:											
$\delta < 5$	700	1 100 1 200	1 700 1 800	1 350	1 600***	1 350	2 500****	850	1 200	1 600	1 700
$\delta = 5{,}1 - 10$	700	1 000 1 100	1 700 1 800	»	1 600***	»	2 500****	850	1 200	1 600	1 700
Плиты толщиной											
$\delta = 10{,}1 - 25$	700	1 000 1 100	1 700 1 800	»	1 800	»	2 400****	—	—	—	—
$\delta = 26 - 40$	700	900 1 000	1 600 1 700	»	1 800	»	2 400****	—	—	—	—
Профили толщиной:											
$\delta < 10$	700	1 000 1 100	1 700 1 800	»	1 850*****	»	2 500*****	850	1 200	1 600	2 500
$\delta = 10{,}1 - 20$	700	1 000 1 100	1 700 1 800	»	1 950*****	»	2 500*****	850	1 200	1 600	2 500
$\delta = 20{,}1 - 40$	700	»	»	»	2 100*****	»	2 700*****	—	—	—	—
$\delta > 40$	700	»	»	»	2 100*****	»	2 900*****	—	—	—	—
Прутки диаметром:											
$d < 22$	—	—	1 700 1 800	—	1 850	—	2 200	850	1 200	1 600	—
$d > 22$	—	—	»	—	1 850	—	2 300	—	—	—	—
Трубы диаметром:											
$d < 120$	700	1 150 1 250	1 750 1 850	1 350	1 700	1 350	2 200	850	1 200	1 600	2 500******
$d > 120$	700	»	»	»	1 850	»	2 300	—	—	—	—

*Независимо от формы изделия.

**В числителе механические свойства для сплавов с содержанием меди до 0,1% (для повышения коррозийной стойкости сплава) в знаменателе — для сплавов с содержанием меди свыше 0,1% (0,2 — 0,6%).

***Листы плакированные.

****Листы и плиты неплакированные. Для плакированных листов и плит расчетные сопротивления снижаются на 5%.

*****Механические свойства в продольном направлении.

******Трубы прессованные.

Таблица 6

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

№ п/п	Вид напряженного состояния	Коэффициент перехода
1	Растяжение, сжатие, изгиб	1
2	Срез	0,6
3	Смятие торцовой поверхности (при наличии пригонки)	1,5
4	Смятие местное при плотном касании	0,75
5	Диаметральное сжатие катков при свободном касании	0,03

Нормативное сопротивление деформируемых алюминиевых сплавов определяется по меньшей из двух величин:

а) по условному пределу текучести или

б) по величине, равной 0,7 от предела прочности.

Значение коэффициентов однородности принимается равным 0,85.

11. Основные расчетные сопротивления (растяжение, сжатие и изгиб) деформируемых алюминиевых сплавов для элементов конструкций, работающих при температуре металла от +50 до —50°, должны приниматься по табл. 4 и 5. В необходимых случаях приведенные в табл. 4 и 5 расчетные сопротивления должны умножаться на коэффициент условий работы конструкций m в соответствии с указаниями п. 21 настоящих технических условий.

Производные расчетные сопротивления алюминиевых сплавов (сопротивление срезу, смятию торцовой поверхности, смятию местному при плотном касании, диаметральному сжатию катков при свободном касании) принимаются равными основным расчетным сопротивлениям, умноженным на соответствующий коэффициент перехода, указанный в табл. 6:

Примечание. Значения расчетных сопротивлений срезу и смятию принимаются с округлением в меньшую сторону с точностью до 50 *кг/см*^{2}.

12. Расчетные сопротивления для отливок из сплава АЛ8 приведены в табл. 7.

Расчетные сопротивления для отливок из углеродистой стали серого чугуна должны приниматься по «Нормам и техническим условиям проектирования стальных конструк-

ций» (НиТУ 121-55). В необходимых случаях расчетные сопротивления умножают на коэффициент условий работы m согласно указаниям п. 21 настоящих технических условий.

Таблица 7

Расчетные сопротивления R в кг/см² для отливок из сплава АЛ8

№ п/п	Вид напряженного состояния	Условное обозначение	Коэффициент перехода	Значения R для сплава АЛ8 в кг/см²
1	Растяжение, сжатие и изгиб	$R_р$, $R_с$ и $R_и$	1	1 400
2	Срез	$R_{ср}$	0,6	850
3	Смятие торцовой поверхности	$R_{см.\,т}$	1,5	2 100
4	Смятие местное при плотном касании	$R_{см.\,м.}$	0,75	1 050
5	Диаметральное сжатие катков при свободном касании	$R_{с.\,к.}$	0,03	42

13. Расчетные сопротивления сварных швов, выполняемых аргоно-дуговой сваркой, приведены в табл. 8; расчетные сопротивления для марок и состояний сплавов не указанных в табл. 8, а также для всех сплавов при других способах сварки устанавливаются дополнительными указаниями.

Расчетные сопротивления для соединений на заклепках, поставленных в холодном состоянии и на электрозаклепках приведены в табл. 9.

Расчетные сопротивления для болтовых соединений приведены в табл. 10.

В необходимых случаях расчетные сопротивления сварных швов, а также расчетные сопротивления для заклепочных и болтовых соединений следует умножать на коэффициент условий работы соединений m в соответствии с указаниями п. 21 настоящих технических условий.

Примечания к п. 13. В табл. 9 и 10 значения расчетных сопротивлений срезу и смятию даны в зависимости от способа изготовления отверстия для заклепки или болта.

К группе В относятся соединения, в которых заклепки и болты поставлены в отверстия:

а) сверленые на проектный диаметр в собранных элементах;

б) сверленые на проектный диаметр в отдельных элементах и деталях по кондукторам;

в) сверленые или продавленные на меньший диаметр в отдельных деталях с последующей рассверловкой до проектного диаметра.

К группе С относятся соединения, в которых заклепки или болты поставлены в продавленные отверстия или в отверстия, сверленые без кондукторов в отдельных деталях.

При заклепках с потайными или полупотайными головками расчетные сопротивления заклепочных соединений срезу и смятию снижаются на 20%.

Таблица 8

Расчетные сопротивления R в *кг/см²* для сварных швов, выполняемых аргоно-дуговой сваркой, и основного металла в зоне термического влияния

№ п/п	Вид сварного шва	Вид напряженного состояния	Условное обозначение	Значения R в конструкциях из сплава				
				АМц	АМг	АМг6	АМг61	АД31-Т
1	Швы в стык	Сжатие, растяжение, изгиб	$R_с^{св}$, $R_р^{св}$ $R_и^{св}$	500	700	1 300	1 600	600
2	То же	Срез	$R_{ср}^{св}$	300	400	800	950	350
3	Угловые швы	Сжатие растяжение, изгиб, срез	$R_у^{св}$	350	450	850	1 050	400

Продолжение табл. 8

№ п/п	Вид сварного шва	Вид напряженного состояния	Условное обозначение	Значения R в конструкциях из сплава				
				АД31-Т1	АД33-Т1	АВ-Т	АВ-Т1	В92-Т
1	Швы в стык	Сжатие, растяжение, изгиб	$R_с^{св}$, $R_р^{св}$ $R_и^{св}$	750	1 000	800	1 100	1 500
2	То же	Срез	$R_{ср}^{св}$	450	600	500	650	900
3	Угловые швы	Сжатие, растяжение, изгиб, срез	$R_у^{св}$	500	650	550	700	1 000

Примечание. Зона термического влияния в основном металле свариваемых элементов от одного сварного шва определяется суммой вличин $z=3{,}5h_ш$, откладываемых в каждую сторону от оси шва;

в соединениях в стык (рис. 1) $h_ш=\delta$, где δ — наименьшая толщина стыкуемых элементов;

в соединениях фланговыми или лобовыми швами (рис. 2) $h_ш$ — катет сварного шва, примыкающий к элементу, для которого определяется зона термического влияния.

При двух сварных швах (фланговых или лобовых) ширина зоны термического влияния в каждом элементе определяется границами, полученными при наложении зоны термического влияния одного шва на зону другого шва (рис. 2).

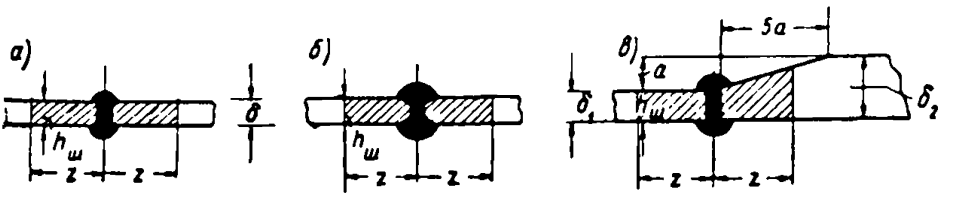


Рис. 1. Схема сварных швов в соединениях в стык

а — в соединениях без обработки кромок; *б* — то же, с обработкой; *в* — соединение в стык элементов разных толщин

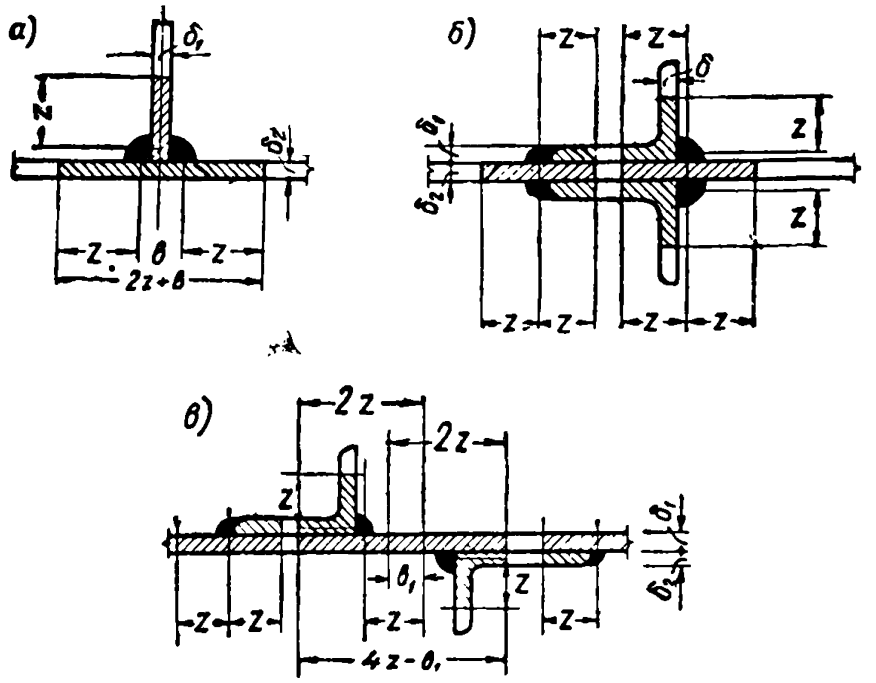


Рис. 2. Схемы определения зон термического влияния в соединениях с угловыми и фланговыми сварными швами

а — в соединениях в тавр с угловыми сварными швами; *б* — в соединениях с двусторонними фланговыми сварными швами; *в* — то же, с односторонними фланговыми сварными швами

14. При работе конструкций и соединений из алюминиевых сплавов при температуре сплава металла свыше 50° расчетные сопротивления, приведенные в табл. 4—10, долж-

Таблица 9

Расчетные сопротивления $R^{закл}$ в кг/см² для соединений на заклепках, поставленных в холодном состоянии, и на электрозаклепках

№ п/п	Вид напряженного состояния	Условное обозначение	Значения $R^{закл}$ для холодных заклепок из сплава							Значения $R^{закл}$ для электрозаклепок**
			АВ-Т1*	Д18п			В65			
			в конструкциях из сплава							
			АВ-Т1*	Д16-Т	Д1-Т	АД33-Т1	Д16-Т	Д1-Т	АД33-Т1	АМг
1	Растяжение (отрыв головки)	$R^{закл}_{отр}$	—	500	500	500	700	700	700	700
2	Срез В	$R^{закл}_{ср}$	1 000 / 1 050	1 100	1 100	1 100	1 450	1 450	1 450	1 050
3	Срез С	$R^{закл}_{ср}$	800 / 850	900	900	900	1 150	1 150	1 150	—
4	Смятие В	$R^{закл}_{см}$	2 400 / 2 700	3 900	2 900	2 400	3 900	2 900	2 400	—
5	Смятие С	$R^{закл}_{см}$	2 150 / 2 400	3 100	2 300	1 900	3 100	2 300	1 900	—

* В числителе даны значения для сплава с содержанием меди до 0,1%, а в знаменателе для сплава с содержанием меди >0,1%.

** Электрозаклепки могут ставиться также в конструкциях из других сплавов; в этих случаях значения расчетных сопротивлений устанавливаются особо.

Таблица 10

Расчетные сопротивления в $R^б$ кг/см² соединений на болтах

№ п/п	Вид напряженного состояния	Условное обозначение	Значения $R^б$ для чистых болтов из сплава							Значения $R^б$ для болтов с обжимными кольцами из сплава			
			АМгбп	АВ-Т1		В94		Д16п		Д16п		В65	
			в конструкциях из сплава							в конструкциях из сплава			
			АМг6	АВ-Т1	АД33-Т1	Д1-Т	Д16-Т	Д1-Т	Д16-Т	Д1-Т	Д16-Т	Д1-Т	Д16-Т
1	Растяжение (отрыв головки)	$R^б_р$	1 250	1 700 / 1 800	1 700 / 1 800	2 950	2 950	2 000	2 000	1 600	1 600	1 600	1 600
2	Срез В	$R^б_{ср}$	900	900 / 950	900 / 950	1 600	1 600	1 300	1 300	1 700	1 700	1 700	1 700
3	Смятие В	$R^б_{см}$	1 900	2 500 / 2 700	2 150	2 600	3 500	2 600	3 500	2 600	3 500	2 600	3 500

Примечания. 1. Данные для болтов с обжимными кольцами относятся к болтам диаметром 6—12 *мм*.

2. В числителе даны значения для сплава с содержанием меди до 0,1%, в знаменателе с содержанием меди в пределах 0,2—0,6%.

ны быть умножены на коэффициент $k_т$, приведенный в табл. 11.

Таблица 11

Коэффициенты $k_т$, учитывающие влияние повышения температуры на расчетные сопротивления

№ п/п	Марка сплава конструкции	Значения коэффициентов $k_т$ при температуре металла в конструкции в град.				
		50	100	150	200	300
1	АМц	1	0,8	0,7	0,6	0,35
2	АМг, АМг6, АВ, АМг61	1	0,9	0,8	0,7	0,3
3	Д16, Д1	1	0,95	0,85	0,8	0,4
4	АД31	1	0,75	0,7	0,5	—
5	В92	1	0,75	0,65	0,55	0,25
6	АД33	1	—	0,75	0,65	0,2

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

15. Расчетные значения физических величин, принимаемых при статических и конструктивных расчетах, для алюминиевых сплавов всех марок приведены в табл. 12.

Таблица 12

Расчетные значения физических величин алюминиевых сплавов

№ п/п	Физическая величина	Условное обозначение	Числовое значение
1	Модуль продольной упругости в *кг/см²*, действительный при температуре от—50 до+50°	E	710 000
2	Модуль сдвига в *кг/см²* действительный при температуре от—50 до+50°	G	270 000
3	Коэффициент Пуассона	μ	0,3
4	Коэффициент линейного расширения, действительный при температуре сплава от—50° до +100°	α	0,000023
5	Среднее значение объемного веса в *т/м³*	γ	2,7

Объемные веса алюминиевых сплавов приведены в табл. 13.

Таблица 13

Объемные веса алюминиевых сплавов

Марка сплава	АЛ8	АМг6	АМг5п	АМг	АВ	АД31 АД33	В92	АМц	Д18п	Д16	Д1 В65	В94
Объемный вес в $т/м^3$	2,55	2,64	2,65	2,68	2,7	2,71	2,72	2,73	2,76	2,78	2,8	2,85

IV. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО РАСЧЕТУ И КОНСТРУИРОВАНИЮ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ И СООРУЖЕНИЙ

1. ОСНОВНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

16. Расчет конструкций из алюминиевых сплавов должен производиться в соответствии с главой II-Б.I СНиП по двум предельным состояниям:

а) по первому предельному состоянию, определяемому несущей способностью (прочностью, устойчивостью или выносливостью);

б) по второму предельному состоянию, определяемому развитием чрезмерных деформаций.

Примечания. 1. Расчет на выносливость производится только для конструкций, непосредственно воспринимающих многократно действующие подвижные, вибрационные или другого вида нагрузки, которые могут привести к усталостному разрушению.

2. Расчету по второму предельному состоянию подлежат те несущие конструкции, величина деформаций которых может ограничить возможность их нормальной эксплуатации (например, подкрановые балки, балки площадок и перекрытий, прогоны кровли, элементы фахверка, колонны промышленных зданий и т. п.).

17. Расчет конструкций на прочность и устойчивость производится на воздействие расчетных нагрузок (с учетом коэффициентов перегрузки).

Расчет конструкций на выносливость производится на воздействие нормативных нагрузок по специальной инструкции.

Расчет на выносливость может не производиться:

а) для клепаных конструкций и соединений, выполненных из сплавов АМг, АМг6, АМг61, АД31, АД33 и АВ (независимо от состояния материала: отожженный, нагартованный, закаленный и состаренный), при количестве циклов нагрузки $N \leqslant 300\,000$;

б) то же, для сварных конструкций и соединений при количестве циклов нагрузки $N \leqslant 150\,000$;

в) для клепаных конструкций из сплавов Д1-Т и Д1 6Т при количестве циклов нагрузки $N \leqslant 100\,000$.

18. Значения коэффициентов перегрузки, а также коэффициентов, учитывающих различные сочетания нагрузок для промышленных и гражданских зданий и сооружений, принимаются по главе II-Б.1 СНиП или по специальным техническим условиям, инструкциям и др.

19. При расчете на прочность и устойчивость конструкций, непосредственно воспринимающих динамические нагрузки, расчетные значения этих нагрузок умножаются на соответствующие коэффициенты динамичности, принимаемые по главе II-Б.1 СНиП или по специальным техническим условиям, инструкциям и др.

20. Определение усилий в элементах конструкций производится по упругой стадии работы материала.

Примечания. 1. При определении усилий в статически неопределимых системах пластические деформации не учитываются.

2. Выравнивание изгибающих моментов на опорах и в пролете за счет развития пластических деформаций не производится, что определяется отсутствием площадки текучести при работе алюминиевых сплавов.

21. При расчете элементов и соединений конструкций из алюминиевых сплавов по несущей способности в необходимых случаях приведенные в табл. 4—11 расчетные сопротивления материалов и соединений должны умножаться на соответствующие коэффициенты условий работы m, принимаемые по табл. 14 или по специальным техническим условиям, инструкциям и др.

Таблица 14

Коэффициенты условий работы m элементов и соединений конструкций из алюминиевых сплавов

№ п/п	Наименование элементов конструкций	Значения m
1	Корпус и днище резервуаров	0,8
2	Колонны гражданских зданий и опор водопроводных башен	0,9
3	Сжатые элементы решетки (кроме опорных стоек и опорных раскосов):	
	при гибкости элемента $\lambda \leqslant 50$	0,9
	» » » $\lambda > 50$	0,8
4	Прогоны кровли и элементы каркаса кровельных панелей	0,9
5	Элементы, прикрепляемые односторонне	0,75

Примечания. 1. Установленные в пп. 3 и 4 коэффициенты условий работы m не распространяются на крепления соответствующих элементов конструкций в узлах.

2. Коэффициент условий работы для элементов, прикрепляемых односторонне, установлен для равнобоких уголков, а также для неравнобоких уголков, прикрепляемых узкой полкой.

22. Расчет конструкций из алюминиевых сплавов по второму предельному состоянию (по деформациям) должен производиться на воздействие нормативных нагрузок.

Примечание. Результативные усилия от нормативных нагрузок, необходимые для расчета конструкций по деформациям, разрешается определять путем деления соответствующих усилий от расчетных нагрузок на средний коэффициент перегрузки, принимаемый равным 1,2.

Таблица 15

Предельные деформации (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 рабочих площадок промышленных зданий:	
	а) при отсутствии рельсовых путей .	1/250 (1/200)
	б) при наличии узкоколейных путей .	1/400 (1/300)
4	Балки междуэтажных перекрытий:	
	а) главные балки	1/400 (1/300)
	б) прочие	1/250 (1/200)
5	Балки покрытий и чердачных перекрытий:	
	а) главные балки	1/250 (1/200)
	б) прогоны	1/200 (1/150)
	в) обрешетки	1/150 (1/125)
6	Элементы фахверка:	
	а) стойки, ригели	1/300 (1/200)
	б) прогоны остекления (в вертикальной и горизонтальной плоскостях) .	1/200 —
7	Кровельные панели, подвесные потолки . .	1/150 (1/125)
8	Стеновые панели	1/125 (1/100)

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

2. Прогибы определяются без учета коэффициента динамичности.

23. Определение деформаций конструкций из алюминиевых сплавов производится по упругой стадии работы материала. При этом ослабление сечений отверстиями для заклепок или болтов не учитывается.

При определении прогиба конструкции, изготавливаемой со строительным подъемом, прогиб от постоянной нагрузки не учитывается, если он не превышает величины строительного подъема. В противном случае учитывается только разность между этими величинами.

24. Деформации (прогибы) изгибаемых элементов не должны превышать величин, указанных в табл. 15.

25. Климатические температурные воздействия на конструкции из алюминиевых сплавов могут не учитываться при расстояниях от концов отсека здания или сооружения до ближайшей вертикальной связи, не превышающих предельных размеров зданий или сооружений, указанных в табл. 16.

Таблица 16

Предельные размеры зданий и сооружений в *м*

№ п/п	Категории зданий или сооружений	Предельные расстояния от торца отсека до оси ближайшей вертикальной связи			Предельная длина отсека (вдоль здания)			Предельная ширина здания		
		конструкции выполнены по группе								
		А	Б	В	А	Б	В	А	Б	В
1	Отапливаемые здания	60	45	45	150	115	115	100	75	75
2	Неотапливаемые здания и горячие цехи . . .	50	37	37	130	100	100	80	60	60
3	Открытые эстакады	35	25	25	100	75	75	—	—	—

Примечание. К группе А относятся здания и сооружения, в которых и несущие и ограждающие конструкции выполнены из алюминиевых сплавов.

К группе Б относятся здания и сооружения, в которых конструкции кровельных покрытий выполнены из алюминиевых сплавов, а поддерживающие их колонны из стали или железобетона.

К группе В относятся здания и сооружения, в которых ограждающие конструкции (стены и кровля) выполнены из алюминиевых сплавов, а конструкции несущего каркаса (колонны, фермы) из стали или железобетона.

2. ОСНОВНЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

26. Конструкции из алюминиевых сплавов надлежит проектировать с учетом обеспечения:

а) условий эксплуатации конструкций;

б) экономии металла, а также снижения трудоемкости изготовления и монтажа конструкций;

в) унификации конструкций путем максимального применения стандартных и типовых элементов и деталей;

г) устойчивости конструкций против коррозии.

27. При проектировании конструкций со сварными соединениями в стык сварные швы рекомендуется располагать в пределах менее нагруженных сечений.

28. При проектировании конструкций из алюминиевых сплавов надлежит руководствоваться следующими требованиями по изготовлению и монтажу конструкций:

а) стремиться к применению возможно меньшего количества различных профилей для всех конструктивных элементов проектируемого сооружения;

б) компоновать элементы конструкций из наименьшего количества деталей, с использованием возможностей получения требуемых профилей путем прессования или холодной штамповки (гнутья);

в) обеспечивать использование металла с наименьшими отходами и потерями путем соответствующего размещения стыков в конструкции;

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

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

е) использовать возможность фрезерования торцов для мощных сжатых и сжато-изогнутых элементов при отсутствии краевых растягивающих напряжений и при наличии соответствующего оборудования на заводе-изготовителе;

ж) предусматривать монтажные крепления элементов, обеспечивающие возможность легкой заводки, простоту закрепления при установке и оформлении стыков (устройство монтажных столиков и т. п.), а также быстроту выверки конструкций;

з) проектировать монтажные соединения элементов преимущественно болтовыми(чистые болты, высокопрочные болты и болты с обжимным кольцом); сварные и клепаные соединения предусматривать лишь в тех случаях, когда применение болтов не рационально;

и) учитывать возможность применения в монтажных соединениях высокопрочных болтов взамен заклепок (при соответствующем технико-экономическом обосновании), а также болтов с обжимными кольцами.

29. Увеличение толщины элементов на коррозию алюминиевых сплавов не допускается, за исключением случаев, оговоренных в специальных технических условиях, инструкциях и др.

V. РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ АЛЮМИНИЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

1. ЭЛЕМЕНТЫ, ПОДВЕРЖЕННЫЕ ДЕЙСТВИЮ ОСЕВОЙ СИЛЫ

а) Сплошностенчатые элементы

30. Элементы, подверженные осевому растяжению или сжатию, проверяются на прочность по формуле

$$\frac{N}{F_{нт}} \leqslant R. \qquad (1)$$

31. Элементы, подверженные осевому (центральному) сжатию, проверяются на устойчивость при $\lambda_x > \lambda_y$ по формуле

$$\frac{N}{\varphi_x F} \leqslant R \qquad (2)$$

или при $\lambda_y > \lambda_x$ по формуле

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

где φ_x и φ_y — коэффициенты продольного изгиба, принимаемые по табл. 50 приложения V в функции от гибкости λ_x и λ_y.

32. При определении гибкости центрально сжатых стержней из одиночных уголков радиус инерции сечения уголка 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.

33. Стержни П-образных сечений, не усиленных и усиленных отбортовками или утолщениями (бульбами), при осевом сжатии, кроме расчета по формулам (2) и (3), должны проверяться на изгибно-крутильную форму потери устойчивости согласно приложению VI.

б) Составные центрально сжатые элементы

34. Для составных центрально сжатых элементов, ветви которых соединены планками или решетками, коэффициент продольного изгиба φ относительно свободной оси

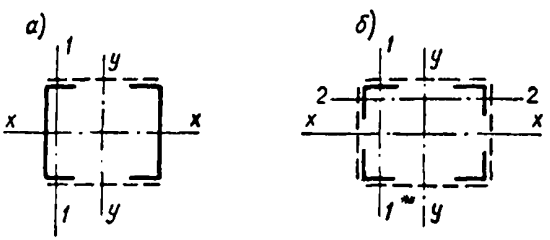


Рис. 3. Схемы сечений составных стержней
а — из двух ветвей; *б* — из четырех ветвей

(перпендикулярной плоскости планок или решеток) должен определяться по приведенной гибкости $\lambda_{пр}$, вычисленной по формулам:

а) для элемента из двух ветвей (рис. 3, *а*) при соединении планками

$$\lambda_{пр} = \sqrt{\lambda_y^2 + \lambda_1^2}, \qquad (4а)$$

при соединении решетками

$$\lambda_{пр} = \sqrt{\lambda_y^2 + k_1 \frac{F}{F_{р1}}}; \qquad (4б)$$

б) для элемента из четырех ветвей (рис. 3,*б*) при соединении планками

$$\lambda_{по} = \sqrt{\lambda^2 + \lambda_1^2 + \lambda_2^2}; \qquad (5а)$$

при соединении решетками

$$\lambda_{пр} = \sqrt{\lambda^2 + F\left(\frac{k_1}{F_{р1}} + \frac{k_2}{F_{р2}}\right)}. \qquad (56)$$

В формулах (4) и (5):

λ_y — гибкость всего стержня относительно свободной оси;

λ — наибольшая гибкость всего стержня;

λ_1 и λ_2 — гибкости отдельных ветвей относительно осей *1—1* и *2—2* на участках;

в стержнях с планками — между приваренными планками (в свету) или между центрами крайних заклепок;

в стержнях с решетками — между узлами решеток;

$F_{р1}$ и $F_{р2}$ — площади сечения раскосов решеток, лежащих в плоскостях, соответственно перпендикулярным осям *1—1* и *2—2*;

F — площадь сечения всего стержня;

k_1, k_2 — коэффициенты, принимаемые по табл. 17 в зависимости от величины угла α_1 или α_2 между раскосами решетки и ветвью (рис. 4), соответственно, в *плоскостях 1—1 или 2—2.*

Таблица 17

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

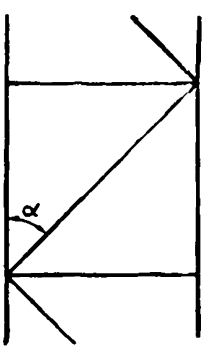


Рис. 4

Гибкость отдельных ветвей на участке между планками должна быть не более 30.

35. Составные элементы из деталей (уголков, швеллеров и т. п.), соединенных вплотную или через прокладки, рассчитываются как цельные при условии, что наибольшие расстояния между их соединениями (прокладками, шайбами и т. п.) не превышают:

30 r — для сжатых элементов;

80 r — для растянутых элементов;

где r — радиус инерции уголка или швел-

лера относительно оси, параллельной плоскости расположения прокладок.

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

36. 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. 18.

Таблица 18

Значения условной поперечной силы $Q_{усл}$

№ п/п	Для конструкций из алюминиевых сплавов марок	Значение условной поперечной силы в *кг*
1	АМц, АМг; АМг6, АД31-Т	20 *F*
2	АВ-Т, АВ-Т1, Д1-Т, АМг61, АД31-Т1, АД33-Т1	30 *F*
3	Д16-Т, В92 (профиль)	40 *F*

F — площадь 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%.

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).

Гибкость отдельных ветвей λ_1 и λ_2 не должна быть более 30.

37. Соединительные планки (рис. 5) должны рассчитываться как элементы безраскосных ферм на:

а) срезывающую планку силу, определяемую по формуле

$$T = \frac{Q_{пл}}{c}, \qquad (6)$$

б) момент, изгибающий планку в ее плоскости, определяемый по формуле

$$M = \frac{Q_{п} l}{2}. \qquad (7)$$

В формулах (6) и (7):

$Q_{п}$ — поперечная сила, приходящаяся на систему планок, расположенных в одной плоскости;

l — расстояние между центрами планок;

c — расстояние между осями ветвей.

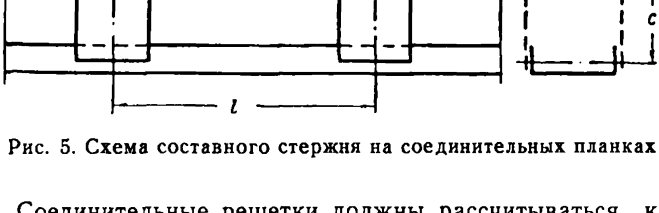


Рис. 5. Схема составного стержня на соединительных планках

Соединительные решетки должны рассчитываться как решетки ферм.

38. Стержни, предназначенные для уменьшения расчетной длины сжатых элементов, должны рассчитываться на усилие, равное условной поперечной силе в основном сжатом стержне, определяемой по табл. 18.

2. ИЗГИБАЕМЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

а) Проверка прочности

39. Проверка прочности при изгибе в одной из главных плоскостей производится по формулам

$$\frac{M}{W_{нт}} \leqslant R, \qquad (8)$$

$$\frac{QS}{J\delta} \cdot \frac{a}{a-d} \leqslant R_{ср}. \qquad (9)$$

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

δ — толщина стенки;

a — шаг отверстий для заклепок или болтов;

d — диаметр отверстий;

R и $R_{ср}$ — расчетные сопротивления изгибу и срезу алюминиевого сплава, принимаемые по табл. 4—6 и 11 с учетом коэффициента условий работы m, определяемого согласно п. 21.

40. В случае изгиба в двух главных плоскостях проверка прочности производится по формуле

$$\frac{M_x}{J_{x\,нт}} y \pm \frac{M_y}{J_{y\,нт}} x \leqslant R. \qquad (10)$$

б) Проверка устойчивости балок

41. Проверка устойчивости балок не требуется:

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

б) для балок двутаврового сечения при отношениях свободной длины сжатого пояса l к его ширине b, не превышающих величин, приведенных в табл. 19 и 20; здесь свободная длина сжатого пояса балки l принимается равной расстоянию между точками его закрепления от поперечных смещений (узлы продольных связей, точки опирания ребер жесткого настила) или между поперечными связями, препятствующими повороту сечения балки; при отсутствии закреплений значения l принимается равным пролету балки.

42. Проверка устойчивости балок производится по формуле

$$\frac{M}{\varphi_б W} \leqslant R, \qquad (11)$$

где M и W — изгибающий момент и момент сопротивления сечения в плоскости наибольшей жесткости;

$\varphi_б$ — коэффициент, вычисляемый по указаниям пп. 43—45.

43. Для балок двояко симметричного двутаврового сечения коэффициент $\varphi_б$ определяется по формуле

$$\varphi_б = \psi \frac{J_y}{J_x} \left(\frac{h}{l}\right)^2 \cdot 10^3. \qquad (12)$$

Значения ψ принимаются по приложению VII в функции от параметра

$$\alpha = 1{,}54 \frac{J_к}{J_y} \left(\frac{l}{h}\right)^2, \qquad (13)$$

где J_k — момент инерции при чистом кручении.

Для двутавров клепаных, прокатных, прессованных и сварных

$$\alpha = 8\left(\frac{l\delta_1}{bh}\right)^2\left(1 + \frac{\frac{1}{3}d\delta^3}{b\delta_1^3}\right), \qquad (14)$$

где l и b — расчетная длина и ширина сжатого пояса балки (см. п. 41 б);

h — полная высота балки;

δ — толщина стенки балки; для клепаных балок — вместе с полками уголков;

δ_1 — толщина пояса (полки) балки; для клепаных балок — вместе с полкой уголка;

$d = 0{,}5h$; для клепаных балок величина d равна высоте вертикальной полки уголка плюс толщина пакета горизонтальных листов.

44. Для балок с развитым сжатым поясом, симметрично расположенным относительно оси стенки, коэффициент φ_6 определяется по формуле

$$\varphi_6 = \psi\frac{2J_y hy_1}{J_x l^2}\cdot 10^3, \qquad (15)$$

где y_1 — расстояние наиболее удаленного волокна сжатого пояса от оси x.

Значения коэффициента ψ определяются следующим образом:

а) для балок без закреплений в пролете при $n \leqslant 0{,}8$ — по приложению VII;

б) для балок, имеющих связи в пролете, и для балок без закреплений в пролете при $n > 0{,}8$ по формуле

$$\psi = \xi\sqrt{\alpha + 40n(1-n)}. \qquad (16)$$

Здесь ξ — коэффициент, принимаемый по табл. 21;

α — коэффициент, вычисляемый по формуле (14), причем b и δ_1 означают ширину и толщину сжатого пояса.

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

J_1 и J_2 — моменты инерции соответственно сжатого и растянутого поясов относительно оси симметрии сечения.

Таблица 19

Наибольшие отношения свободной длины сжатого пояса l к его ширине b, при которых не требуется проверки устойчивости сварных и прессованных балок

$\frac{h}{b}$	Наименование сплава	Наибольшие отношения l/b		
		при нагрузке, приложенной к		при наличии промежуточных закреплений верхнего пояса независимо от места приложения нагрузки
		верхнему поясу	нижнему поясу	
≤2	АМц-М, АМг-М и АД31-Т	15,5	24,2	18,3
	АВ-Т, АВ-Т1, АД31-Т1, АД33-Т1 и АМц-П	12,5	20	15
	АМг6-М и АМг-П	11	17,2	13,1
	АМг61 и В92 (лист)	10,1	15,8	11,9
	Д1-Т	9,2	14,3	10,8
	Д16-Т и В92 (профиль)	8	12,4	9,4
≤5	АМц-М, АМг-М и АД31-Т	12,8	20,5	15,7
	АВ-Т, АВ-Т1, АД31-Т1, АД33-Т1 и АМц-П	10,5	17	13
	АМг6-М и АМг-П	9,1	14,8	11,2
	АМг61 и В92 (лист)	8,3	13,5	10,2
	Д1-Т	7,6	12,2	9,3
	Д16-Т и В92 (профиль)	6,6	10,6	8
≤10	АМц-М, АМг-М и АД31-Т	11	17,3	13,1
	АВ-Т, АВ-Т1, АД31-Т1, АД33-Т1 и АМц-П	9	14	10,5
	АМг6-М и АМг-П	7,9	12,3	9,4
	АМг61 и В92 (лист)	7,2	11,2	8,5
	Д1-Т	6,5	10,2	7,8
	Д16-Т и В92 (профиль)	5,7	8,8	6,7

Примечание. Применение балок высотой (полной) $h > 5b$ не рекомендуется.

При вычислении J_1 и J_2 стенка балки и вертикальные полки поясных уголков не учитываются.

45. Для всех сплавов, за исключением АВ-Т1 и АД33-Т1, если определенное по формулам (12) или (15) значение $\varphi_6 > 0{,}667$, то вместо φ_6' в формулу (11) подставляется коэффициент φ_6', определяемый по табл. 22.

Таблица 20

Наибольшие отношения свободной длины сжатого пояса l к его ширине b, при которых не требуется проверки устойчивости клепаных балок

$\frac{h}{b}$	Наименование сплава	Наибольшие отношения l/b		
		при нагрузке, приложенной		при наличии промежуточных закреплений верхнего пояса независимо от места приложения нагрузки
		к верхнему поясу	к нижнему поясу	
$\leqslant 2$	АМц-М, АМг-М и АД31-Т	17,6	27,3	20,8
	АВ-Т, АД31-Т1 и АМц-П	13,9	21,4	16,3
	АМг6-М, АД33-Т1 и АМг-П	12,5	19,5	14,8
	АВ-Т1, АМг61 и В92 (лист)	11,5	17,8	13,6
	Д1-Т	10,4	16,2	12,3
	Д16-Т и В92 (профиль)	9	13,9	10,6
$\leqslant 5$	АМц-М, АМг-М и АД31-Т	15	23,4	17,7
	АВ-Т, АД31-Т1 и АМц-П	11,8	18,3	13,9
	АМг6-М, АД33-Т1 и АМг-П	10,6	16,5	12,5
	АВ-Т1, АМг61 и В92 (лист)	9,8	15,2	11,5
	Д1-Т	8,8	13,8	10,4
	Д16-Т и В92 (профиль)	7,6	11,9	9
$\leqslant 10$	АМц-М, АМг-М и АД31-Т	12,9	20,2	15,2
	АВ-Т, АД31-Т1 и АМц-П	10,2	15,9	11,9
	АД33-Т1, АМг6-М и АМг-П	9,1	14,2	10,7
	АВ-Т1, АМг61 и В92 (лист)	8,4	13,2	10
	Д1-Т	7,7	12	9
	Д16-Т и В92 (профиль)	6,6	10,3	7,8

Примечание. Применение балок высотой (полной) $h > 5b$ не рекомендуется.

Таблица 21

Значения коэффициента ξ

Наименование сплава	ξ	Наименование сплава	ξ
АМц-М	1,1	АВ-Т1 и АМг61	0,26
АМг-М и АД31-Т	0,69	Д1-Т	0,24
АВ-Т и АД31-Т1	0,42	Д16-Т	0,18
АМг6-М	0,34	В92 (лист)	0,28
АД33-Т1	0,29	В92 (профиль)	0,19

Таблица 22

Значения коэффициентов $\varphi'_б$

$\varphi_б$	0,667	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3
$\varphi'_б$	0,667	0,698	0,747	0,786	0,820	0,85	0,876	0,887
$\varphi_б$	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	—
$\varphi'_б$	0,917	0,934	0,949	0,965	0,975	0,986	1	—

46. Проверка устойчивости балок швеллерного сечения производится так же, как и для балок двутаврового сечения, при этом найденные значения $\varphi_б$ умножаются на:

0,5 при приложении нагрузки в главной плоскости, параллельной стенке;

0,7 при приложении нагрузки в плоскости стенки.

3. РАСТЯНУТО-ИЗОГНУТЫЕ И СЖАТО-ИЗОГНУТЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

а) Проверка прочности

47. Прочность сплошностенчатых элементов при изгибе с растяжением или сжатием проверяется по формуле

$$\frac{N}{F_{нт}} \pm \frac{M_x}{J_{xнт}} y \pm \frac{M_y}{J_{унт}} x \leqslant R, \qquad (17)$$

x и y — расстояния от нейтральной оси до крайнего волокна в направлении осей x и y.

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

б) Проверка устойчивости

48. Сжато-изогнутые стержни постоянного сечения при изгибе их в одной из главных плоскостей, совпадающей с плоскостью симметрии, проверяются:

а) на устойчивость в плоскости действия момента M_x (при $e_x \neq 0$) по формуле

$$\frac{N}{\varphi_{вн x} F} \leqslant R \qquad (18а)$$

или в плоскости действия момента M_y (при $e_y \neq 0$) по формуле

$$\frac{N}{\varphi_{вн y} F} \leqslant R, \qquad (18б)$$

где $\varphi_{вн y}$ и $\varphi_{вн x}$ — коэффициенты, определяемые согласно указаниям п. 49;

если гибкость стержня в плоскости изгиба меньше его гибкости из плоскости изгиба, необходима дополнительная проверка на центральное сжатие в плоскости наибольшей гибкости по формулам 2 или 3;

б) при изгибе в плоскости наибольшей жесткости ($J_x > J_y$) — на устойчивость из плоскости действия момента (при изгибно-крутильной форме потери устойчивости) по формуле

$$\frac{N}{c \varphi_y F} \leqslant R, \qquad (19)$$

где c — коэффициент, вычисляемый по указаниям п. 50.

49. Значения коэффициентов $\varphi_{вн x}$ и $\varphi_{вн y}$ для сплошностенчатых стержней определяются по табл. 54—61 (приложение VIII) в зависимости от относительной гибкости $\bar{\lambda}$ и относительного эксцентрицитета $e_1 = e\frac{F}{W}$ (W — момент сопротивления для наиболее сжатого волокна).

Во всех случаях $\varphi_{вн}$ принимается не более φ (коэффициента продольного изгиба при центральном сжатии, определяемого по табл. 50 приложения V).

Относительная гибкость определяется по формуле

$$\bar{\lambda} = \frac{1}{\pi}\sqrt{\frac{R^н}{E}}\lambda = a\lambda. \qquad (20)$$

Здесь $\lambda = \frac{l}{r}$ — гибкость в плоскости действия момента;

$r_y = \sqrt{\frac{J}{F}}$ — радиус инерции в плоскости действия момента;

l — длина внецентренносжатого стержня.

Значения коэффициентов a при осредненном значении $E=710\,000$ *кг/см²* приведены в табл. 23.

Таблица 23

Значения коэффициента a
(При $E=710\,000$ *кг/см²*)

Марка сплава	a	Марка сплава	a
АМц-М	0,0093	АВ-Т1 и АМг61	0,0174
АМг-М и ЛД31-Т	0,0108	Д1-Т	0,0182
АВ-Т, АД31-Т1 иАМц-П	0,0137	Д16-Т	0,0212
АМг6-М и АМг-П	0,0152	В92 (лист)	0,017
АД33-Т1	0,0166	В92 (профиль)	0,0207

В формулах (18а) и (18б) при определении эксцентриситета силы N, равного $e=\frac{M}{N}$, за расчетный момент M принимается:

а) для колонн постоянного сечения рамных систем — наибольший момент в пределах длины колонн, а для ступенчатых колонн — наибольший момент на длине участка постоянного сечения;

б) для консолей — момент в заделке;

в) для стержней с шарнирноопертыми концами — в зависимости от значений e_1 и λ по табл. 24.

Для составных стержней с решетками при изгибе параллельно плоскости решеток значения $\varphi_{вн}$ определяются по табл. 56 приложения VIII в функции относительной гибкости $\overline{\lambda}=a\lambda_{пр}$ и относительного эксцентрицитета

$$e_{1x}=\frac{M_x F y_1}{N J_x} \text{ или } e_{1y}=\frac{M_y}{N}\frac{F x_1}{J_y}. \qquad (21)$$

$\lambda_{пр}$ — определяется по п. 34;
a — по табл. 23;
x_1 и y_1 — расстояния от нейтральной оси до оси наиболее сжатой ветви.

Значения $\varphi_{вн}$ принимаются не выше φ, определяемого по табл. 50 приложения V в функции от $\lambda_{пр}$.

50. Для всех сплавов, за исключением АВ-Т1 и АД33-Т1, коэффициент c в формуле (19) определяется по формуле

$$c = \frac{\beta}{1 + \alpha e_{1x}}, \qquad (22)$$

где α и β — коэффициенты, принимаемые по табл. 25;

$e_{1x} = \frac{M_x F}{N W_x}$; M_x принимается: для участков стержней, концы которых закреплены от смещения перпендикулярно плоскости действия момента, — максимальный момент в пределах средней трети длины участка, но не менее половины наибольшего момента на длине этого участка, а для консолей — момент в заделке.

При гибкости $\lambda_y > \lambda_c$ величины коэффициентов c не должны превышать значений, приведенных в табл. 27.

Для сплавов АВ-Т1 и АД33-Т1 коэффициент c определяется по табл. 27 независимо от величины λ_y.

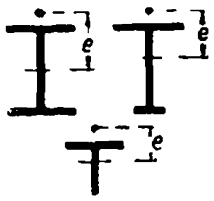
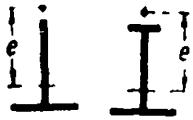
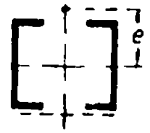
Таблица 24

№ п/п	Относительный эксцентриситет	Гибкость стержня λ	Расчетный момент M
1	$e_1 \leqslant 3$	$\lambda_1 = 0$	Максимальное значение момента в пределах всей длины стержня
2	$e_1 \leqslant 3$	$\lambda \geqslant 120$	Максимальное значение момента в пределах средней трети длины, но не менее $\frac{\lambda M_{макс}}{240}$
3	$e_1 \leqslant 3$	$0 < \lambda < 120$	По линейной интерполяции между значениями 1 и 2
4	$e_1 \geqslant 20$	—	Максимальное значение момента в пределах всей длины стержня
5	$3 < e_1 < 20$	—	По линейной интерполяции между значениями для $e_1 = 3$ (в зависимости от гибкости λ) и $e_1 = 20$

51. В составных сжато-изогнутых стержнях с решетками при изгибе их в плоскости, параллельной плоскости ре-

шеток, кроме проверки стержня в целом по п. 48 должна быть произведена проверка отдельных ветвей, как центрально сжатых элементов по формуле (1).

Таблица 25

Тип сечения и место приложения нагрузки	Открытые сечения двутавровые и тавровые		Замкнутые сечения сплошные или с решетками (планками)
			
$\alpha =$	0,85	$1 - 0{,}15\frac{J_1}{J_2}$	0,6
$\beta =$ (при $\lambda_y \leqslant \lambda_c$)	1	1	1
$\beta =$ (при $\lambda_y > \lambda_c$)	$\frac{\varphi_c}{\varphi_y}$	$\left(1 - \frac{\varphi_c}{\varphi_y}\right)\left(2\frac{J_2}{J_1} - 1\right)$ но не менее 1	$\frac{\varphi_c}{\varphi_y}$

Примечания. 1. Пользование коэффициентами, установленными для стержней замкнутого сечения, допускается только при наличии не менее двух промежуточных диафрагм по длине стержня. В противном случае расчет производится как для стержней открытого одностенчатого сечения.

2. В формулах табл. 25 величины λ_c и φ_c принимаются по табл. 26, а величины J_1 и J_2 представляют собой моменты инерции соответственно большей и меньшей полок относительно оси стенки.

Таблица 26

Значения λ_c и φ_c

Наименование сплава	λ_c	φ_c	Наименование сплава	λ_c	φ_c
АМц-М	132	0,33	АВ-Т1 и АМг61	71	0,46
АМг-М и АД31-Т	114	0,36	Д1-Т	68	0,46
АВ-Т, АД31-Т1 и АМц-П	90	0,46	Д16-Т	58	0,48
АМг-6 и АМг-П	81	0,38	В92 (лист)	72	0,45
АД33-Т1	75	0,46	В92 (профиль)	60	0,46

Таблица 27

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

$\frac{l\delta_1}{bh}$ \ $\frac{M}{Nh}$	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
0,5	1	0,89	0,73	0,59	0,5	0,42	0,37	0,32	0,3	0,17	0,24	0,2	0,1	0,13	0,11	0
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
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

Примечание. При $\frac{M}{Nh} > 10$ стержень следует рассчитывать на изгиб без учета продольной силы; в этом случае для проверки устойчивости при изгибе значение коэффициента ψ определяют по последней графе 6 таблицы приложения VII.

Осевая сила в каждой ветви определяется при этом как в поясе решетчатой фермы с учетом усилия от изгибающего момента.

При аналогичной проверке отдельных ветвей составных стержней с планками, расположенными в плоскостях, параллельных плоскости изгиба, должен быть учтен местный изгиб ветвей от фактической поперечной силы (как в поясах безраскосной фермы).

52. Сплошностенчатые стержни, подверженные сжатию и изгибу в обеих главных плоскостях, при совпадении плоскости наибольшей жесткости ($J_x > J_y$) и плоскости симметрии проверяются на устойчивость по формуле

$$\frac{N}{\varphi_{вн\,xy} F} \leqslant R. \qquad (23)$$

Здесь

$$\varphi_{вн\,xy} = \varphi_{вн\,y} \sqrt{c},$$

где $\varphi_{вн y}$ — определяется по указаниям п. 49, c — по указаниям п. 50.

Если $e_{1y} < 0{,}8\, e_{1x}$, то, помимо проверки по формуле (23), требуется проверка по формуле (18,а), принимая $e_y = 0$, и на центральное сжатие по формуле (2).

В случае несовпадения плоскости наибольшей жесткости ($J_x > J_y$) и плоскости симметрии расчетная величина e_{1x} увеличивается на 25%.

53. Составные стержни с решетками в двух параллельных плоскостях, подверженные сжатию и изгибу в обеих главных плоскостях, следует проверять на устойчивость дважды:

а) на устойчивость стержня в целом в плоскости, параллельной плоскостям решеток (например, перпендикулярной оси x) по указаниям п. 49, считая при этом $e_y = 0$;

б) на устойчивость отдельных ветвей как сжато-изогнутых элементов по формулам (18) и (19); осевая сила в каждой ветви определяется при этом как в поясе решетчатой фермы с учетом усилия от момента M_x; момент M_y распределяется между ветвями пропорционально их жесткостям; в случае, когда момент M_y действует в плоскости одной из ветвей, он полностью воспринимается этой ветвью; при проверке отдельной ветви по формуле (19) гибкость ее определяется по наибольшему расстоянию между узлами решетки.

54. Соединительные элементы (решетки или планки) составных сжато-изогнутых стержней должны рассчитываться на поперечную силу, равную большей из величин: фактической поперечной силы или условной поперечной силы $Q_{усл}$, вычисленной согласно п. 36.

Примечание. В случаях, когда фактическая поперечная сила больше условной, соединение ветвей составных сжато-изогнутых элементов с помощью планок не рекомендуется.

4. ОПОРНЫЕ ЧАСТИ

55. Неподижные шарнирные опоры с центрирующими прокладками, тангенциальные опоры, а также при весьма больших реакциях балансирные опоры следует применять в случаях, когда необходимо обеспечить равномерное распределение давления под опорой.

В случаях, когда нижележащая конструкция должна быть разгружена от горизонтальных усилий, возникающих при деформации неподвижно опертых на эти конструкции балок или ферм, следует применять плоские или катковые подвижные опоры. Коэффициент трения в плоских подвижных опорах принимается равным 0,3, в катковых — 0,03.

56. В цилиндрических шарнирах (цапфах) балансирных опор проверка напряжений смятия должна производиться (при центральном угле касания поверхностей, равном или большем $\frac{\pi}{2}$), по формуле

$$\frac{A}{1{,}25rl} \leqslant R_{см \cdot м}, \qquad (24)$$

где A — давление на опору;
r — радиус шарнира;
l — длина шарнира.

57. Расчет на диаметральное сжатие катков должен производиться по формуле:

$$\frac{A}{ndl} \leqslant R_{\text{с.к}}, \qquad (25)$$

где n — число катков;
d — диаметр катка;
l — длина катка.

VI. РАСЧЕТНЫЕ ДЛИНЫ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ И ПРЕДЕЛЬНЫЕ ГИБКОСТИ

1. РАСЧЕТНЫЕ ДЛИНЫ

58. Расчетные длины при определении гибкости элементов ферм с простой решеткой должны приниматься по табл. 28.

Таблица 28

Расчетные длины элементов ферм с простой решеткой

№ п/п	Направление продольного изгиба	Пояса	Элементы решетки	
			опорные раскосы и опорные стойки	прочие элементы
1	В плоскости фермы . . .	l	l	$0{,}8l$
2	Из плоскости фермы . . .	l_1	l	l

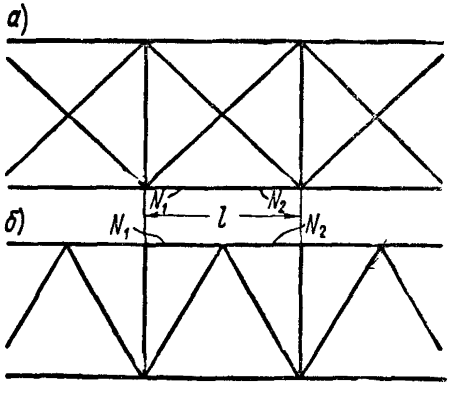


Рис. 6. Схема решетки фермы (*б*) и связей (*а*) между фермами

Обозначения, принятые в табл. 28:
l — геометрическая длина элемента (расстояние между центрами узлов);
l_1 — расстояние между узлами, закрепленными от смещения из плоскости фермы.

Если в двух смежных панелях фермы, расположенные между двумя смежными, за-

крепленными от смещения из плоскости фермы узлами, действуют сжимающие усилия N_1 и $N_2 < N_1$ (рис. 6), то проверка устойчивости из плоскости фермы производится на большее усилие N_1 при расчетной длине

$$l_0 = l\left(0{,}75 + 0{,}25\,\frac{N_2}{N_1}\right). \qquad (26)$$

59. В фермах с параллельными поясами и перекрестной решеткой расчетная длина пересекающихся стержней решетки при определении их гибкости в плоскости фермы должна приниматься равной расстоянию от центра узла фермы до точки их пересечения. При проверке стержней перекрестной решетки из плоскости фермы расчетная длина их должна приниматься по табл. 29.

Таблица 29

Расчетные длины из плоскости фермы стержней перекрестной решетки

№ п.п	Характеристика узла пересечения стержней решетки	Характеристика усилия в поддерживающем стержне		
		растянут	не работает	сжат
1	Оба стержня не прерываются	0,5l	0,7l	l
2	Поддерживающий стержень прерывается и прикрывается фасонкой . . .	0,7l	l	l

Обозначение, принятое в табл. 29: l — геометрическая длина стержня.

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

$$l_0 = \mu l, \qquad (27)$$

где l — длина колонны или рассматриваемого участка ее;

μ — коэффициент расчетной длины, определяемый по табл. 30, 31 и 32.

Таблица 30

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

Таблица 31

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	2
Шарнирное .	—	3,42	3	2,63	2,33	2,17	2,11	2

Примечание. При шарнирном укреплении ригеля к колонне принимается $i_р/i_к = 0$. Обозначения, принятые в табл. 21: $i_р$ — средняя погонная жесткость ригелей, примыкающих к проверяемой колонне; $i_к$ — погонная жесткость колонн.

Таблица 32

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 $\frac{I_2}{I_1} > 0{,}1$	при $0{,}1 > \frac{I_2}{I_1} > 0{,}05$	
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

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 $l_2 \leqslant 0{,}6l_1$ и $N \geqslant 3N_2$.

Обозначения, принятые в табл. 32:

l_1, J_1 и N_1 — длина, момент инерции и продольная сила нижнего участка колонны;

l_2, J_2 и N_2 — то же, для верхнего участка колонны.

61. 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.).

2. ПРЕДЕЛЬНЫЕ ГИБКОСТИ

62. Гибкости сжатых элементов алюминиевых конструкций не должны превышать величин, приведенных в табл. 33.

Таблица 33

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
	Колонны:	
2	основные	100
	второстепенные (стойки фахверка, фонарей и т. п.), элементы решетки колонн, связи между колоннами	120
3	Связи (за исключением связей между колоннами)	150
4	Стержни, служащие для уменьшения расчетной длины сжатых стержней и другие неработающие элементы	150

63. Гибкости растянутых элементов алюминиевых конструкций не должны превышать величин, приведенных в табл. 34.

Таблица 34

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.

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

1. СТЕНКИ БАЛОК

64. Укрепление стенок балок для обеспечения устойчивости может производиться:

а) поперечными основными ребрами, поставленными на всю высоту стенки;

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

в) поперечными ребрами и продольными ребрами, расположенными в сжатой зоне.

65. 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 $\sigma_м$ приведен в приложении IX;

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;

δ — толщина стенки.

66. В балках, не подверженных непосредственному действию подвижной нагрузки на верхний пояс, проверка устойчивости стенок не требуется, если отношение h_0/δ не превышает значений приведенных в табл. 35.

Таблица 35

Тип балки	Значения h_0/δ для балок из сплава						
	АМц-М, АМг-М, АД31-Т	АМг6-М, АД31-Т1, АВ-Т, АМц-П, АМг-П	АМг61, В92	АВ-Т1	АД33-Т1	Д1-Т	Д16-Т
Сварная или прессованная .	80	60	55	70	75	55	45
Клепаная	—	80	70	75	80	65	55

При отношениях h_0/δ, меньших величин, указанных в табл. 35, но не превышающих $h_0/\delta = 60$, постановка ребер жесткости не требуется. В противном случае ребра жесткости располагают на расстояниях не более $2h_0$.

67. В балках с подвижной нагрузкой по верхнему поясу проверка устойчивости стенки производится по указаниям приложения IX.

68. Проверка устойчивости стенки 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

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

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

d — меньшая из сторон пластинки;

μ — отношение большей стороны к меньшей.

$\vartheta = 1$ — для стенок из сплава марок АВ-Т1 и АД33-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. 36; для всех сплавов, включая сплавы АВ-Т1 и АД33-Т1, значения $\frac{\sigma_l}{R} > 1$ не допускаются.

Таблица 36

σ_l/R	2/3	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

69. Проверка устойчивости стенки 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

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

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

Величина ϑ определяется по указаниям п. 68 и табл. 36, 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

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

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

70. 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. 36а. Обозначения a, h_0 и δ — см. п. 65.

Таблица 36а

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

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

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.

71. 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 к нижнему поясу балки и проверены на передачу опорной реакции с опоры на балку.

2. СТЕНКИ ЦЕНТРАЛЬНО-СЖАТЫХ И СЖАТО-ИЗОГНУТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

72. В центрально сжатых стержнях наибольшее допустимое отношение расчетной высоты стенки h_0 (см. п. 65) или среднего диаметра D трубы круглого сечения к соответствующей толщине определяется в зависимости от расчетной величины λ и типа сечения по табл. 37.

В случае недонапряжения стержня значения $\frac{h_0}{\delta}$ и $\frac{D}{\delta}$, полученные из табл. 37, 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.

73. Для стенки сжато-изогнутого элемента наибольшее допустимое отношение $\frac{h_0}{\delta}$ определяется в зависимости от величины $\alpha = \frac{\sigma - \sigma'}{\sigma}$;

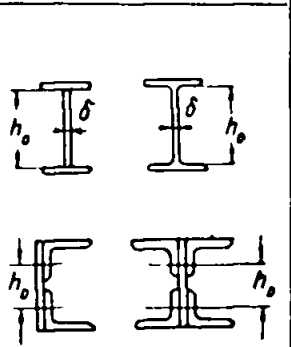
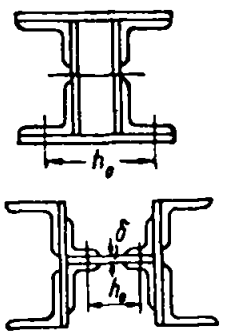
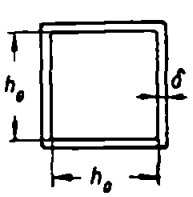
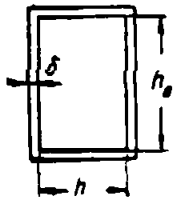
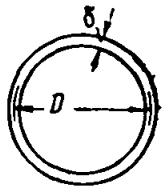
где σ — сжимающее напряжение у расчетной границы стенки, вычисленное без учета коэффициентов $\varphi_{вн}$, $\varphi_{вн\,xy}$ и $c\varphi$;

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. 72).

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

Таблица 37

№ п/п	Марка сплава	Расчетная гибкость λ		h_0/δ для сечений				D/δ для труб
				швеллерного или двутаврового	двустенчатого	прямоугольного пустотелого[1]		
		при $\lambda \leqslant 0{,}4$	при $\lambda \geqslant 1{,}6$					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	АМц, АМг-М, АД31-Т	$\lambda \leqslant 37$	—	40	45	35	45	200
		—	$\lambda \geqslant 148$	70	70	65	70	250
2	АМг6-М, АД31-Т1, АВ—Т	$\leqslant 26$	—	35	40	30	40	160
		—	$\geqslant 104$	55	60	50	60	250

[1] Для прямоугольного сечения (графа 8) величины даны для ширины $h = 0{,}3 \div 0{,}5 h_0$.

Продолжение табл. 37

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	АМг61	⩽23	—	30	35	27	35	120
		—	⩾92	50	55	43	55	190
4	АВ-Т1	⩽23	—	45	50	37	50	120
		—	⩾92	50	55	42	55	190
5	АД33-Т1	⩽24	—	45	52	40	52	130
		—	⩾96	53	60	45	60	220
6	Д1-Т	⩽22	—	30	35	25	35	110
		—	⩾88	45	50	40	50	180
7	Д16-Т	⩽19	—	25	30	22	30	80
		—	⩾76	40	45	35	45	130
8	В92 (лист)	⩽24	—	30	35	28	35	120
		—	⩾96	50	55	43	55	200
9	В92 (профиль)	⩽19	—	25	30	22	30	85
		—	⩾76	40	45	35	45	140

Примечание. Предельные значения h_0/δ или D/δ для промежуточных величин гибкостей, указанных в графах 3 и 4 для данной марки сплава, принимаются по линейной интерполяции.

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

$$\frac{h_0}{\delta} \leqslant 100 \sqrt{\frac{k_3}{\alpha}}. \qquad (38)$$

где k_3 берется из табл. 38.

Таблица 38

Значения k_3

α	0,8	1	1,2	1,4	1,5	1,8	2
k_3	0,63	0,74	0,89	1,09	1,4	1,75	2,1

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

74. 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. 73.

Размеры выступающей части парного симметричного продольного ребра должны быть не менее $10\,\delta$ при толщине его не менее $^3/_4\,\delta$, где δ — толщина стенки колонны.

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

75. Стенки сплошных колонн при $h_0/\delta \geqslant 55$ должны укрепляться парными ребрами жесткости на расстояниях $2h_0$—$2{,}5h_0$ одно от другого, но не менее чем в двух местах на каждой отправочной единице.

Выступающая часть поперечного ребра жесткости $b_р$ должна быть не менее $\frac{h_0}{30} + 40$ *мм*. Толщина ребра должна быть не менее $b_р/12$.

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

76. Наибольшее допустимое отношение b/δ для неокаймленного свеса в центрально сжатых или сжато-изогнутых стержнях определяется в зависимости от расчетной величины λ и типа сечения по табл. 39.

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. 39, могут быть увеличены в $\sqrt{\frac{RF\varphi^*}{N}}$ раза, но не более чем в 1,5 раза.

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

77. 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. 39 для $\lambda \leqslant 0{,}4$.

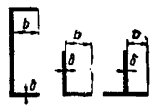
Наибольшие размеры неокаймленных полок уголков в сжатых поясах клепаных балок без горизонтальных листов принимаются по табл. 40.

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

$$\sigma = \frac{M}{\varphi_б W} \text{ или } \sigma = \frac{M_x y}{J_{x\,нт}} \pm \frac{M_y x}{J_{y\,нт}}.$$

Таблица 39

Наибольшие допустимые значения b/δ

№ п/п	Марка сплава	Расчетная гибкость λ		Предельные значения b/δ для сечений:	
		при $\bar{\lambda} \leqslant 0{,}4$	при $\bar{\lambda} \geqslant 1{,}6$		
1	2	3	4	5	6
1	АМц-М, АМг-М и АД31-Т	$\lambda \leqslant 37$ —	— $\lambda \geqslant 148$	11 20	11 20
2	АМг6-М, АД31-Т1, АВ-Т, АМц-П и АМг-П	$\leqslant 26$ —	— $\geqslant 104$	10 15,5	10 19
3	АМг 61	$\leqslant 23$ —	— $\geqslant 92$	9 14	9 17
4	АВ-Т1	$\leqslant 23$ —	— $\geqslant 92$	11 14	11 17
5	АД33-Т1	$\leqslant 24$ —	— $\geqslant 96$	12 14,5	12 18
6	Д1-Т	$\leqslant 22$ —	— $\geqslant 88$	8,5 13	8,5 16,5
7	Д16-Т	$\leqslant 19$ —	— $\geqslant 76$	7,5 11	7,5 14
8	В92 (лист)	$\leqslant 24$ —	— $\geqslant 96$	9 14	9 17
9	В92 (профиль)	$\leqslant 19$ —	— $\geqslant 76$	7,5 11,5	7,5 14

Примечание. Предельное значение b/δ для промежуточных величин гибкостей, указанных в графах 3 и 4 для данной марки сплава, принимаются по линейной интерполяции.

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

$$\frac{b'}{\delta} = \beta \sqrt{\frac{\beta + 0{,}3\left\{1 + c\left[1 + 4\left(1 - \frac{1}{\gamma}\right)^2\right]\right\}\gamma^4}{\beta + 2{,}35\,\gamma^2}} = k\beta, \quad (39)$$

где k — коэффициент, определяемый по табл. 41;

Таблица 40

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

δ — толщина полки.

Таблица 41

Тип сечения	β	γ	Значения коэффициента k в формуле (39) для сплавов		
			всех, кроме АВ-Т1 и АД33-Т1		АВ-Т1 и АД33-Т1
			при относительной гибкости $\bar{\lambda}$		
			< 0,4	> 1,6	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 β от 12 до 16 коэффициент k определять по линейной интерполяции.

$\beta = \frac{b}{\delta}$ — предельное отношение ширины свеса b к толщине δ при отсутствии бульбы (табл. 39);

b' — ширина свеса, измеряемая от центра утолщения (бульбы) до грани примыкающей стенки (полки) или до начала вута (п. 76)];

δ — толщина свеса;

$$\gamma = \frac{D}{\delta};$$

D — диаметр круглой бульбы; в квадратных и трапецеидальных утолщениях D — диаметр вписанного круга;

c — коэффициент, принимаемый по табл. 42.

Таблица 42

Тип сечения	Значения c в формуле (39) для сплавов		
	всех, кроме АВ-Т1		АВ-Т1
	при относительной гибкости $\bar{\lambda}$		
	<0,4	> 1,6	любой
Швеллер; двутавр	0,2	08	0,8
Уголок; тавр; крест	0,2	0,4	0,4

VIII. РАСЧЕТ СОЕДИНЕНИЙ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

1. РАСЧЕТ СТЫКОВ И ПРИКРЕПЛЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ

а) Сварные соединения

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

Сварные швы, воспринимающие продольные силы, рассчитываются по формулам табл. 43.

Обозначения, принятые в табл. 43:

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. п.) за расчетную длину шва принимаются его полная;

$h_ш$ — толщина углового шва, принимаемая равной катету вписанного равнобедренного треугольника (рис. 7);

β — коэффициент, принимаемый равным $\beta=0{,}7$ — при ручной сварке и $\beta=0{,}9$ — при автоматической сварке.

Таблица 43

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 к действующей силе	Сжатие	$\frac{N}{l_{ш}\delta} \leqslant R_{с}^{св}$
		Растяжение	$\frac{N}{l_{ш}\delta} \leqslant R_{р}^{св}$
2	Косые швы в стык при угле между направлением продольной силы и швом более 45°	Сжатие	$\frac{N}{l_{ш}\delta}\sin\alpha \leqslant R_{с}^{св}$
		Растяжение	$\frac{N}{l_{ш}\delta}\sin\alpha \leqslant R_{р}^{св}$
		Срез	$\frac{N}{l_{ш}\delta}\cos\alpha \leqslant R_{ср}^{св}$
3	Сварные угловые швы	Сжатие, растяжение и срез	$\frac{N}{(\beta h_{ш})\, l_{ш}} \leqslant R_{у}^{св}$

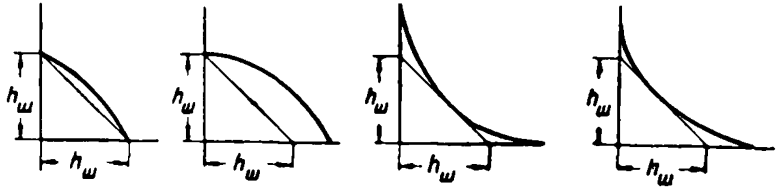


Рис. 7. Схемы сварных швов

80. Сварные соединения в стык, работающие на изгиб, рассчитываются по формулам, установленным для цельного сечения, с расчетными сопротивлениями согласно табл. 8.

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

$$\frac{\sigma}{2} + \sqrt{\frac{\sigma^2}{4} + \tau^2} \leqslant R_{р}^{св}, \qquad (40)$$

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

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

б) Заклепочные и болтовые соединения

83. 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. 44.

Таблица 44

Формулы для расчета заклепочных и болтовых соединений, воспринимающих продольные усилия

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

Обозначения, принятые в табл. 44:

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, сминаемых в одном направлении;

$h=0{,}4d$ — высота плоскости отрыва головки (рис. 8).

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

85. В креплениях одного элемента к другому через прокладки или иные промежуточные элементы, а также в

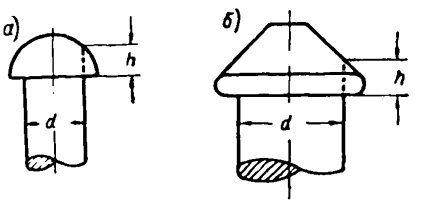


Рис. 8. Заклепки

а — с полукруглой головкой; *б* — с конической головкой

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%.

86. 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.

Расчетное усилие, которое может быть воспринято каждой поверхностью трения соединяемых элементов, стянутых одним высокопрочным болтом, определяется по формуле

$$N_б = Pf, \qquad (41)$$

где f — коэффициент трения, принимаемый равным $f=0{,}15$ — без очистки соприкасающихся поверхностей; $f=0{,}4$ — при тщательной предварительной очистке соприкасающихся соединяемых поверхностей пескоструйным аппаратом или стальными щетками и последующей промывкой раствором (серная кислота 24%, двухромовокислый натрий 2,4% и вода 73,6%); при применении предварительной очистки поверхностей элементов из плакированных сплавов, а также анодированных поверхностей должны быть приняты меры защиты соприкасающихся поверхностей против коррозии;

P — осевое усилие натяжения высокопрочных болтов, величина которого должна быть

$$P \leqslant 0{,}55\,\sigma_{в} F_{нт}; \qquad (42)$$

$\sigma_{в}$ — предел прочности стали высокопрочных болтов после термической обработки в готовом изделии;

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

87. В конструкциях из алюминиевых сплавов анкерные болты рекомендуется делать стальными. Расчет стальных анкерных болтов следует производить в соответствии с указаниями «Технических условий проектирования стальных конструкций» (НиТУ 121-55).

в) Соединения с фрезерованными торцами

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

В сжато-изогнутых элементах стыковые соединения рассчитываются на усилие, равное 15% от наибольшей сжимающей силы и проверяются на наибольшее растягивающее усилие от действия изгибающего момента, соответствующего минимальной продольной силе.

2. РАСЧЕТ СОЕДИНЕНИЙ В ПОЯСАХ СОСТАВНЫХ БАЛОК

89. Сварные швы и заклепки, соединяющие стенки и пояса составных балок, рассчитываются по формулам табл. 45.

Таблица 45

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	$a\sqrt{\left(\frac{QS_п}{J_{бр}}\right)^2+\left(\frac{an_1P}{z}\right)^2} \leqslant N_{закл}$

Обозначения, принятые в табл. 45:

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 сварке и 0,9 — при автоматической сварке;

a — шаг поясных заклепок;

$N_{закл}$ — расчетное усилие на одну заклепку, принимаемое равным (см. табл. 44);

$N_{закл} = n_{ср}\frac{\pi d^2}{4}R_{ср}^{закл}$ 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 IX;

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

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 к табл. 45. 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. 45 независимо от наличия ребер жесткости в местах приложения нагрузок.

90. 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.

IX. КОНСТРУКТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

91. Несущие строительные конструкции из термически упрочняемых алюминиевых сплавов должны проектироваться преимущественно клепаными.

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

92. Для несущих конструкций листы из алюминиевых сплавов типа дуралюмин должны приниматься только плакированные.

Профили из сплавов всех марок и листы из сплава АВ, В92 и термически неупрочняемых сплавов допускаются к применению в несущих конструкциях без плакировки.

93. При проектировании строительных конструкций из алюминиевых сплавов рекомендуется пользоваться специальными каталогами алюминиевых профилей. При применении профилей, не указанных в каталоге, объем заказа вновь запроектированного профиля и технические условия для его изготовления должны быть согласованы с заводом-изготовителем.

При проектировании новых профилей для строительных конструкций следует руководствоваться указаниями приложения X.

94. 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 сечений из термически упрочняемых сплавов АВ-Т1 и АД33-Т1 бульботавровые профили, позволяющие выполнять сварной шов в зоне с пониженными напряжениями;

избегать высадки уголков жесткости, заменяя их либо клиновидными подкладками, либо подкладками по всей длине.

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

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

97. Алюминиевые сплавы в сочетании со сталью применяют:

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

б) в составе одного и того же элемента конструкции, выполненного из алюминиевого сплава и стали;

в) в составе одного и того же элемента конструкции, выполненного из алюминиевого сплава при стальных соединениях (заклепки, болты).

При сочетании алюминиевых сплавов со сталью должны учитываться:

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

различие в величинах коэффициентов линейного расширения ($\alpha_{ст} \cong 0{,}5\,\alpha_{ал}$);

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 конструкций с учетом необходимости обеспечения необходимой устойчивости против коррозии.

2. УКАЗАНИЯ ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

98. В конструкциях, непосредственно воспринимающих регулярные подвижные или вибрационные нагрузки, стыки поясных листов и стенок сплошных балок надлежит выполнять в стык без накладок и прокладок с обязательной подваркой корня шва. Концы швов в стык должны выводиться за пределы стыка (на подкладках).

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.

99. 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);

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

г) расчетная длина флангового шва должна быть не более 40 $h_ш$, 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 5 толщин наиболее тонкого из свариваемых элементов.

3. УКАЗАНИЯ ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ ЗАКЛЕПОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

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

101. Толщина склепываемого пакета при заводской холодной клепке на скобе, как правило, не должна превосходить 4 диаметров заклепок. При монтажной клепке (в два молотка или скобой) толщина пакета не должна превосходить 3 диаметров заклепок.

102. Разбивка заклепок и болтов должна производиться согласно табл. 46. Соединительные заклепки и болты, располагаемые вне узлов и стыков, должны размещаться, как правило, на максимальных расстояниях.

Таблица 46

Разбивка заклепок и болтов

№ п/п	Наименование	Величина расстояния
1	Расстояние между центрами заклепок и болтов в любом направлении:	
	а) минимальное	Для заклепок — $3d$ Для болтов — $3{,}5d$
	б) максимальное 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) максимальное в средних рядах и в крайних рядах при наличии окаймляющих уголков при сжатии	$10d$ или 14δ

Продолжение табл. 46

№ п/п	Наименование	Величина расстояния
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	6δ

Обозначения, принятые в табл. 46:
d — диаметр отверстия для заклепки или болта;
δ — *толщина наиболее тонкого наружного элемента пакета.*

103. Диаметр заклепки не должен превосходить утроенной толщины наиболее тонкого элемента. За расчетный диаметр заклепки принимается диаметр отверстия.

Диаметр заклепки не должен быть менее толщины наиболее толстого из элементов пакета.

104. Форма заклепки и ее размеры для холодной клепки устанавливаются согласно инструкции по изготовлению строительных конструкций из алюминиевых сплавов.

4. КОНСТРУКТИВНЫЕ МЕРЫ ПО ПОВЫШЕНИЮ СТОЙКОСТИ ПРОТИВ КОРРОЗИИ

105. В целях исключения образования коррозии в месте контакта алюминиевых сплавов со сталью необходимо изолировать соприкасающиеся поверхности прокладками, например, из полиизобутилена, тиоколовой ленты или ткани, пропитанной грунтом АЛГ-1 или АЛГ-5.

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

106. При контакте алюминиевых сплавов со стальными и деревянными деталями, помимо прокладок (п. 105) необходимо:

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

б) оцинковывать или кадмировать стальные поверхности;

в) пропитывать деревянные детали в этиленовом лаке.

Применение грунтов и красок с содержанием свинца воспрещается.

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

108. 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.

109. 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 стойкости против коррозии в соответствии со специальными инструкциями.

Перечень действующих ГОСТов и технических условий на алюминиевые сплавы

Таблица 47

№ 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 8114-56
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 7871-56*
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 7727-55
14	Трубы из алюминия и алюминиевых сплавов. Сортамент	ГОСТ 1947-56
15	Трубы из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия	ГОСТ 4773-49
16	Сплавы алюминиевые литейные	ГОСТ 2685-53
17	Листы неплакированные	АМТУ 252-57

Продолжение табл. 47

№ п/п	Наименование документа	Шифр документа
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 II

Виды проката (фасонные профили, листы, трубы и тому подобные изделия, изготовляемые методом прессования, прокатки или штамповки) из алюминиевых сплавов (табл. 48)

Таблица 48

	Листы	Плиты	Прутки	Профили	Поковка, штамповка	Проволока	Трубы
АМц	+	+	+	+	+	+	+
АМг	+	+	+	+	+	+	+
АМг6	+	+	+	+	+	+	—
АМг61	+	+	—	+	+	+	—
АВ	+	+	+	+	+	—	+
Д1	+	+	+	+	+	+	+
Д16	+	+	+	+	—	+	+
Д18	—	—	—	—	—	+	—
В 65	—	—	—	—	—	+	—
В 92	+	+	—	+	—	+	+
В 94	—	—	—	—	—	+	—
АД31	+	—	+	+	—	+	+
АД33	+	+	+	+	+	—	+

Примечание. Знак (+) означает, что данные изделия изготовляются из указанного сплава по действующим стандартам или техническим условиям.

Знак (—) означает, что изделие может быть изготовлено только по специальному соглашению с заводом-изготовителем.

ОБОЗНАЧЕНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ И ИХ СОСТОЯНИЙ

1. Сплавы, обозначенные буквами АД, соответствуют алюминиевым (А) деформируемым (Д); числа, расположенные за буквенными обозначениями (например АД31, АД33), означают номер сплава; 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%; дополнительные буквы, расположенные после цифр, указывают на дополнительное легирование сплава присадками, например, АМг5В (В — ванадий).

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

4. Буквой В обозначают 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.

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

7. Буква П или п, расположенная после марки сплава, означает сплав для изготовления проволоки (прутков), пример: 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.).

9. Состояние сплава в готовом прокате (профили, листы и т. п., изготовленные прессованием, прокаткой или штамповкой), т. е. его термическую или механическую обработку, обозначают буквами М (мягкое, отожженное), Т (закаленное и естественное состаренное), Т1 (закаленное и искусственно состаренное), П (полунагартованное), Н (нагартованное); буквой Б обозначают 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 тире (дефис) после марки сплава.

10. Примеры обозначения сплавов:

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

АМц-П — прокат из сплава марки АМц, полунагартованный;

АМг-М — прокат из сплава АМг, отожженный (мягкий);

АМг-Н — прокат из сплава марки АМг нагартованный;

АВ-Т — прокат из сплава АВ, закаленный и естественно состаренный;

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

Д16-БТ — то же, без планировки;

В95-Т1 — прокат из сплава В95, закаленный и искусственно состаренный;

Д16-ТН — прокат из сплава Д16 нагартованный, закаленный и естественно состаренный.

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

Д1-$Т^{г}/_{к}$ — плиты из сплава, полученные из сплава Д1 способом горячей прокатки, поставляемые в закаленном и естественно состаренном состоянии.

ПРИЛОЖЕНИЕ IV

Характеристика алюминиевых сплавов по их коррозийной стойкости

Таблица 49

Марка сплава	Степень коррозийной стойкости
	А. Сплавы для элементов конструкций
АМц	Высокая, близкая к коррозийной стойкости чистого алюминия и значительно более высокая, чем у неплакированного дуралюмина
АМг	Сплав обладает высокой коррозийной стойкостью, такой же, как и сплав АМц
АМг6 и АМг61	Сопротивление коррозии высокое
АВ-Т	Коррозийная стойкость высокая, как у сплава АМц или АМг
АВ-Т1	Имеется склонность к межкристаллитной коррозии. Эта склонность тем выше, чем больше примеси меди в сплаве. Хорошую коррозийную стойкость имеет сплав, содержащий не более 0,1 % меди

Продолжение табл. 49

Марка сплава	Степень коррозийной стойкости
Д16-Т	Плакированные листы $\delta \geqslant 1$ *мм* обладают хорошей коррозийной стойкостью. При $\delta < 1$ *мм* — коррозийная стойкость ниже. Листы толщиной меньше 1 *мм* с утолщенной плакировкой (Д16-ТУП) обладают хорошей коррозийной стойкостью. Сопротивление коррозии прессованных профилей невысокое. При толщинах менее 20 *мм* у прессованных профилей нет склонности к межкристаллитной коррозии; нагрев при $t > 100°$ вызывает у них склонность к межкристаллитной коррозии. Прессованные профили больших сечений склонны к межкристаллитной коррозии и коррозийному растрескиванию под напряжением в закаленном и естественно состаренном состоянии (Д16-Т). Листы Д16-БТН и Д16-БТ (с технологической плакировкой) обладают пониженной коррозийной стойкостью. Анодирование и лакокрасочные покрытия обеспечивают надежную защиту от коррозии
Д1-Т	Плакированные листы обладают хорошей коррозийной стойкостью. Сопротивление коррозии неплакированных деталей (трубы, детали из прутка, профили) невысокое. Склонность к межкристаллитной коррозии возникает под влиянием нагрева при $t > 100°$. Анодирование и лакокрасочные покрытия обеспечивают надежную защиту прессованных и кованых деталей от коррозии
В92	Коррозийная стойкость, в том числе сопротивление коррозии под напряжением, определяемая на неплакированных листах, удовлетворительная (близкая к коррозийной стойкости АМг6)
АД31	Как в естественно состаренном, так и в искусственно состаренном состоянии сплав обладает высокой коррозийной стойкостью (такой же, как у сплава АМг)
АД33-Т1	Коррозийная стойкость во влажной и морской атмосферах при комнатной температуре высокая (выше чем у сплава АВ)
	Б. Сплавы для заклепок
АМг5п	Коррозийная стойкость высокая. Заклепки следует ставить в конструкцию анодированными

Продолжение табл. 49

Марка сплава	Степень коррозийной стойкости
Д18п и В65	Коррозийная стойкость заклепок невысокая. При нагревах выше 100° возникает склонность к межкристаллитной коррозии. Заклепки в конструкции ставятся анодированными в серной кислоте с наполнением анодной пленки хромпиком
В94	Коррозийная стойкость заклепок удовлетворительная. Заклепки следует ставить анодированными в серной кислоте с наполнением анодной пленки хромпиком.

ПРИЛОЖЕНИЕ V

Коэффициенты φ продольного изгиба центрально-сжатых элементов

Таблица 50

λ	Значения φ для сплава марки							
	АМц-М	АМг-М и АД31-Т	АВ-Т, АД31-Т1 и АМц-П	АМг6-М и АМг-П	АД33-Т	АВ-Т1, АМг61 и В92 (лист)	Д1-Т	Д16-Т и В92 (профиль)
0	1	1	1	1	1	1	1	1
10	0,974	0,973	0,999	0,998	0,998	0,998	0,994	0,99
20	0,947	0,945	0,998	0,997	0,996	0,996	0,988	0,98
30	0,921	0,917	0,98	0,943	0,917	0,9	0,889	0,835
40	0,895	0,87	0,88	0,83	0,8	0,78	0,766	0,7
50	0,815	0,77	0,78	0,785	0,686	0,66	0,644	0,568
60	0,73	0,685	0,69	0,628	0,587	0,557	0,539	0,455
70	0,655	0,603	0,6	0,538	0,493	0,463	0,444	0,352
80	0,585	0,58	0,525	0,46	0,416	0,387	0,361	0,268
90	0,521	0,465	0,457	0,388	0,342	0,312	0,286	0,21
100	0,463	0,415	0,395	0,332	0,28	0,252	0,231	0,171
110	0,415	0,365	0,335	0,273	0,23	0,208	0,19	0,141
120	0,375	0,327	0,283	0,23	0,194	0,175	0,16	0,118
130	0,336	0,296	0,241	0,196	0,165	0,15	0,136	0,101
140	0,3	0,265	0,208	0,169	0,143	0,129	0,118	0,087
150	0,22	0,235	0,181	0,147	0,124	0,113	0,103	0,076

Примечание. Гибкость элемента $\lambda = \frac{l_0}{r}$, где l — расчетная длина элемента, r — радиус инерции сечения. Гибкости определяются в плоскостях главных моментов инерции.

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

П-образные сечения (рис. 9,*а*), усиленные отбортовками (рис. 9,*б*) или утолщениями (рис. 9,*в*) при осевом сжатии помимо проверки по формуле $\frac{N}{\varphi F} \leqslant R$ должны проверяться при $\lambda_y < 3\lambda_x$ на изгибно-крутильную форму потери устойчивости по формуле

$$\frac{1{,}5N}{\bar{\sigma} F} \leqslant R \tag{43}$$

$$\bar{\sigma} = \frac{c_0}{\bar{\lambda}_x^2}; \quad \bar{\lambda}_x = a\lambda_x .$$

Здесь a — коэффициент, определяемый из табл. 23;

$$c_0 = \frac{1 + v - \sqrt{(1+v)^2 - 4\mu v}}{2\mu}; \tag{44}$$

$$v = \frac{N_\omega}{N_x} = \frac{1}{r^2}\left(2\frac{J_\omega}{J_x} + 0{,}038\frac{J_к}{F}\lambda_x^2\right); \tag{45}$$

$$r = \frac{J_x + J_y}{F} + a_x^2; \tag{46}$$

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

a_x — расстояние между центрами тяжести и центром изгиба сечения;

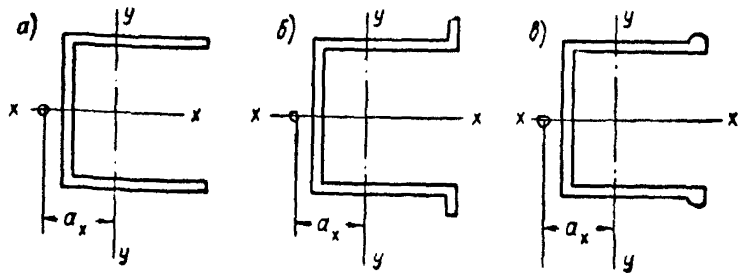


Рис. 9. П-образные сечения

а — без усиления бортов; *б* — с усилением отбортовками; *в* — с усилением (бульбами)

J_ω — секториальный момент инерции сечения;
$J_к$ — момент инерции при чистом кручении, равный

$$J_к = \frac{1}{3}\sum b\,\delta^3 + 2\,\frac{\pi D^4}{32} = \frac{1}{3}\sum b\,\delta^3 + 0{,}196\,D^4;$$

b и δ — ширина и толщина прямоугольников, составляющих сечение;
D — диаметр утолщения (бульбы).

Для сплавов, кроме АВ-Т1 и АД33-Т1, при $\bar{\sigma} > 2/3$ вместо $\bar{\sigma}$ в формулу подставляется $\bar{\sigma}'$, определяемое по табл. 51.

Таблица 51

Значения $\bar{\sigma}'$

$\bar{\sigma}$	$\bar{\sigma}'$	$\bar{\sigma}$	$\bar{\sigma}'$
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 VII

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ψ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ОБЩЕЙ УСТОЙЧИВОСТИ БАЛОК

Значения коэффициентов ψ для балок из алюминиевого сплава марки Д16-Т определяются по табл. 52; для сплавов других марок значения ψ определяются по табл. 52 с умножением на коэффициент η, определяемый по табл. 53 в зависимости от марки сплава.

Таблица 52

Значения коэффициентов ψ для балок из алюминиевого сплава Д16-Т

α	Значение ψ для балок без закрепления в пролете				Значения ψ при наличии связей в пролете независимо от места приложения нагрузки
	при сосредоточенной нагрузке, приложенной		при равномерно распределенной нагрузке		
	к верхнему канту	к нижнему канту	по верхнему канту	по нижнему канту	
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

Продолжение табл. 52

α	Значения ψ для балок без закрепления в пролете				Значения ψ при наличии связей в пролете независимо от места приложения нагрузки
	при сосредоточенной нагрузке, приложенной		при равномерно распределенной нагрузке		
	к верхнему канту	к нижнему канту	по верхнему канту	по нижнему канту	
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	1,35
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

Примечание. При одном закреплении в пролете и нагрузке по нижнему канту значения ψ определяют по графе 2 настоящей таблицы.

Таблица 53

Значения коэффициентов η

Марка сплава	η	Марка сплава	η
АМц-М	5,16	АВ-Т1 и АМг61	1,48
АМг-М и АД31-Т	3,87	Д1-Т	1,34
АВ-Т и АД31-Т1	2,33	Д16-Т	1
АМг6-М	1,94	В92 (лист)	1,55
АД33-Т1	1,63	В92 (профиль)	1,05

ПРИЛОЖЕНИЕ VIII

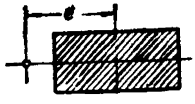
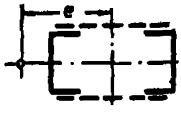
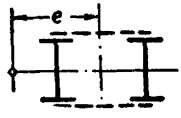
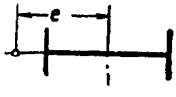
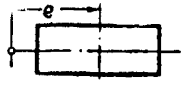
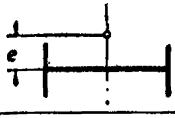
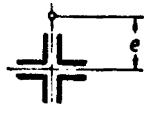
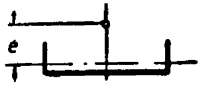
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ $\varphi_{вн}$

В табл. 54 показаны схемы сечений, для которых в табл. 55, 56, 57, 58, 59 и 60 приведены значения $\varphi_{вн}$ при $e_1 \leqslant 5$.

При относительных эксцентрицитетах $e_1 \geqslant 10$ коэффициенты $\varphi_{вн}$ независимо от типа сечения стержня принимаются по табл. 61. В интервале значений e_1 от 5 до 10 коэффициент $\varphi_{вн}$ определяется по интерполяции.

Для труб круглого сечения относительный эксцентрицитет, вычисленный по формуле (21), увеличивается на 15%, после чего коэффициенты $\varphi_{вн}$ определяются по табл. 55 для прямоугольного сечения.

Таблица 54

№ таблицы	Схемы сечения	
55		—
56		
57		
58		
59		
60		

Коэффициент $\varphi_{вн}$ для прямоугольного сечения

Таблица 55

e_1 \ $\bar{\lambda}$	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	0,850	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	0,730	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	0,700	0,589	0,492	0,41	0,341	0,285	0,24	0,204	0,174	0,150	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	0,099
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	0,260	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	1,586	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	1,2	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

Коэффициенты $\varphi_{вн}$ для идеализированного профиля (из двух полос)

Таблица 56

e_1 \ $\bar{\lambda}$	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	0,260	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	0,172	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	0,100
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	0,180	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

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

Таблица 57

$\bar{\lambda}$ / e_1	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	0,190	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

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

Таблица 58

e_1 \ $\bar{\lambda}$	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	1,01	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

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

Таблица 59

e_1 \ $\bar{\lambda}$	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

Коэффициенты $\varphi_{вн}$ для таврового сечения с эксцентрицитетом в сторону полок и швеллерного сечения

Таблица 60

e_1 \ $\bar{\lambda}$	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,83	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	0,117	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	0,41	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

Коэффициенты $\varphi_{вн}$ для всех типов сечений при больших эксцентрицитетах

Таблица 61

e_1 \ $\bar{\lambda}$	0,4	0,8	1,2	1,6	2	2,4	3
10	0,094	0,087	0,081	0,078	0,068	0,061	0,05
15	0,063	0,06	0,058	0,056	0,051	0,042	0,039

Примечание. Промежуточные значения $\varphi_{вн}$ определяются по линейной интерполяции.

ПРИЛОЖЕНИЕ IX

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

$$\sigma_м = \frac{n_1 P}{\delta z} \leqslant R, \qquad (47)$$

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 не 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, $J_п$ — 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 только основными поперечными ребрами проверку устойчивости стенки производят:

а) при $\frac{a}{h_0} \leqslant 0{,}8$ — по формуле

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_\vartheta}+\frac{\sigma_м}{\sigma_{мо}}\right)^2+\left(\frac{\tau}{\tau_0}\right)^2} \leqslant 0{,}9\,\vartheta\,, \qquad (48)$$

где ϑ — определяется по указаниям п. 68;

σ_0 и τ_0 — вычисляются по формулам (30) и (31); τ_0 — вычисляется по действительным размерам отсека;

$\sigma_{мо}$ — критическое напряжение смятия стенки под грузом, определяемое по формуле

$$\sigma_{мо} = k_1\left(\frac{100\delta}{a}\right)^2 т/см^2, \qquad (49)$$

k_1 — коэффициент, принимаемый по табл. 62.

Таблица 62

$a/h_0=$	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 $\sigma_{мо}$ принимается $a=2h_0$;

б) при $\frac{a}{h_0} > 0{,}8$ — по формуле (48) дважды:

1) при первой проверке σ_0 определяют по формуле

$$\sigma_0 = k_2\left(\frac{100\delta}{h_0}\right)^2 т/см^2, \qquad (50)$$

где k_2 — коэффициент, принимаемый по табл. 63.

Таблица 63

$\frac{a}{h_0}=$	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

2) при второй проверке определяют σ_0 по формуле (30) и $\sigma_{мо}$ по формуле (49), но с подстановкой в формулу (49) и в табл. 62 величины $a/2$ вместо a;

второй проверки не требуется, а если отношение $\frac{\sigma_м}{\sigma}$ превосходит следующие значения:

$$\frac{a}{h_0} = \ldots\ 0{,}8 \quad 1{,}2 \quad 1{,}6 \quad 2$$

$$\frac{\sigma_м}{\sigma} = \ldots\ 0 \quad 0{,}25 \quad 0{,}4 \quad 0{,}5$$

4. В случае применения промежуточных коротких поперечных ребер жесткости, укрепляющих стену вблизи нагруженного пояса между основными ребрами жесткости, длина коротких ребер должна быть не менее 0,3 высоты стенки и не менее $0{,}4\,a_1$, где a_1 расстояния между осями двух коротких ребер или короткого и основного ребра. Проверку устойчивости стенки производят дважды:

а) по формуле (48), полагая, что короткие ребра отсутствуют и $\sigma_м = 0$;

б) по формуле

$$4{,}5\,\sigma_м \left(\frac{a_1}{100\delta}\right)^2 \leqslant 1, \qquad (51)$$

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, проверяются отдельно.

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

$$\frac{\sigma}{\sigma_{01}} + \frac{\sigma_м}{\sigma_{м01}} + \left(\frac{\tau}{\tau_{01}}\right)^2 \leqslant 0{,}9\,\vartheta, \qquad (52)$$

где ϑ — принимается по указаниям пп. 68 и 69;

τ_{01} — вычисляется по формуле (31);

$$\sigma_{м01} = 0{,}12\,\frac{(1+\mu_1^2)^2}{\mu_1^2}\left(\frac{100\delta}{a}\right)^2 т/см^2; \qquad (53)$$

$$\sigma_{01} = \frac{0{,}08}{1-\dfrac{b_1}{h_0}}\,\frac{(1+\mu_1^2)^2}{\mu_1^2}\left(\frac{100\delta}{b_1}\right)^2 т/см^2, \qquad (54)$$

$\mu_1 = \dfrac{a}{b_1}$; если $\dfrac{a}{b_1} > 2$, то при определении $\sigma_{м01}$ принимается $a = 2\,b_1$;

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 (49) и табл. 61, принимая в последней (для первой строки) вместо $\dfrac{a}{h_0}$ значения параметра $\dfrac{a}{h_0 - b_1}$;

$$\sigma_{м2} = 0{,}4\sigma_м .$$

Если первая пластинка укрепляется дополнительно короткими поперечными ребрами, то их следует доводить до продольного ребра. При этом для проверки первой пластинки служат формулы (52)—(54), в которых a заменяется величиной a_1 (a_1 — расстояние между осями соседних коротких ребер). Проверка второй пластинки в этом случае остается без изменения.

ПРИЛОЖЕНИЕ X

Основные указания по проектированию профилей из алюминиевых сплавов для строительных конструкций

При проектировании новых прессованных профилей для строительных конструкций рекомендуется руководствоваться следующими указаниями:

1. Поперечное сечение профиля должно вписываться в круг диаметром 320 *мм*; в отдельных случаях — в круг диаметром 530 *мм*.

2. При заданном поперечном сечении профиля расчетная длина его может определяться тем, чтобы объем готового изделия не превышал 80% от объема стандартного слитка.

Примечание. Максимальный размер стандартного слитка можно принимать равным 345×1 450 *мм*.

3. Соотношение размеров поперечного сечения проектируемых профилей должны приниматься в соответствии с указаниями табл. 37 и 39 настоящих технических условий.

4. Радиусы закругления r при сопряжении двух плоскостей профиля не должны быть меньше.

$r=0{,}03\ (a+b)+0{,}12$ *мм* — для уголкового профиля;

$r=0{,}12\ c+0{,}12$ *мм* — для таврового и швеллерного профиля,

где a и b — ширины полок от обушка до пера неравнобокого уголкового профиля;

c — ширина полки швеллера от обушка до пера, или половина ширины полки двутавра.

5. Полки неравнобоких уголков с утолщениями (бульбами) рекомендуется принимать с соотношением размеров полок $a : b=3 : 2$ с учетом одинакового момента инерции относительно обеих осей при проектировании составных сечений.

6. Вылет полок двутавровых и швеллерных балок, усиленных бульбами или другим способом утолщения, рекомендуется назначить равным половине высоты стенки балки.

7. Минимальная толщина стенок профиля или конструкции должна составлять:

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

3 *мм* — для конструкций на открытом воздухе (за исключением выступающих элементов);

0,3 *мм* — для кровли и панелей стене, при соответствующей форме профиля, обеспечивающей устойчивость сечения.

ОСНОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

x и y — главные оси сечения.

F и $F_{нт}$ — площадь сечения брутто и нетто.

J_x, J_y W_x, W_y — моменты инерции и моменты сопротивления сечения брутто относительно осей x и y.

$r_x = \sqrt{\frac{J_x}{F}}$ и $r_y = \sqrt{\frac{J_y}{F}}$ — радиусы инерции сечения.

l_x и $\lambda_x = \frac{l_x}{r_x}$ — расчетная длина и гибкость стержня в плоскости, перпендикулярной к оси x.

l_y и $\lambda_y = \frac{l_y}{r_y}$ — то же, в плоскости, перпендикулярной оси y;

$\bar{\lambda} = a\lambda$ — относительная гибкость; значения a приведены в табл. 23.

N — осевая сила.

Q — поперечная сила.

M_x и M_y — изгибающие моменты относительно осей x и y.

$e_x = \frac{M_x}{N}$ и $e_y = \frac{M_y}{N}$ — эксцентрицитеты относительно осей x и y.

$e_x = e_x \frac{F}{W_x}$ и $e_{1y} = e_y \frac{F}{W_y}$ — относительные эксцентрицитеты (вычисляются для наиболее сжатого волокна).

E — модуль продольной упругости.

$R^н$ — нормативное сопротивление.

R — расчетное сопротивление, определяемое по табл. 4—11 с умножением на коэффициент условий работы m согласно п. 21 настоящих технических условий.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

I. Общие указания 3

II. Материалы для конструкций из алюминиевых сплавов . . 5

III. Расчетные характеристики алюминиевых сплавов и соединений 10

IV. Общие положения по расчету и конструированию элементов конструкций и сооружений 19

1. Основные расчетные положения . . . . . —
2. Основные конструктивные требования 23

V. Расчет элементов алюминиевых конструкций 24

1. Элементы, подверженные действию осевой силы . . . —
2. Изгибаемые элементы 28
3. Растянуто-изогнутые и сжато-изогнутые элементы . . 33
4. Опорные части 39

VI. Расчетные длины элементов конструкций и предельные гибкости 40

1. Расчетные длины . . . . . —
2. Предельные гибкости 44

VII. Проверка устойчивости стенок и поясных листов в изгибаемых и сжатых элементах 45

1. Стенки балок . . . . . —
2. Стенки центрально-сжатых и сжато-изогнутых элементов 49
3. Свесы поясных листов и полок сжатых, сжато-изогнутых и изгибаемых элементов 53

VIII. Расчет соединений конструкций из алюминиевых сплавов 56

1. Расчет стыков и прикреплений элементов . . . . . —
2. Расчет соединений в поясах составных балок 60

IX. Конструктивные требования 62

1. Общие указания . . . . . —
2. Указания по конструированию сварных соединений . 64
3. Указания по конструированию заклепочных соединений 65
4. Конструктивные меры по повышению стойкости против коррозии 66

Приложения

I. Перечень действующих ГОСТов и технических условий на алюминиевые сплавы 68

II. Виды проката из алюминиевых сплавов 69

III. Обозначения алюминиевых сплавов и их состояний . . . 70

IV. Характеристика алюминиевых сплавов по их коррозийной стойкости 71

V. Коэффициенты φ продольного изгиба центрально-сжатых элементов 73

VI. Расчет П-образных сечений на изгибно-крутильную форму потери устойчивости 74

VII. Определение коэффициента ψ для проверки общей устойчивости балок 75

VIII. Определение коэффициентов $\varphi_{вн}$ 76

IX. Проверка устойчивости стенок балок при подвижной нагрузке на верхнем поясе 84

X. Основные указания по проектированию профилей из алюминиевых сплавов для строительных конструкций 87

Госстрой СССР

ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ
ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

* * *

Госстройиздат
Москва, Третьяковский
проезд, д. 1

* * *

Редактор издательства
В. П. Страшных
Технический редактор
П. Е. Рязанов
Корректор Г. И. Кузьмина

Сдано в набор 6. X. 1960 г.
Подписано к печати 10. I. 1961 г.
Т-00123. Бумага $84\times108^{1}/_{a2}$ = 1,376
бум. л. — 4,72 печ. л. (5,10 уч.-изд. л.)
Тираж 8 000 экз. Изд. VI—5568
Зак. № 1587 Цена 25 коп.

Типография № 1 Государственного
издательства литературы по строитель-
ству, архитектуре и строительным
материалам, г. Владимир

gost.e-ecolog.ru