

ОТРАСЛЕВОЙ СТАНДАРТ

СОЕДИНЕНИЯ И СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ АГРЕГАТОВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Расчёт и конструирование

ОСТ 92-0994-75

Всего страниц 243

Издание официальное

gost.e-ecolog.ru

УДК 621.01.001.629.76.085(083.74) Группа К-34

ОТРАСЛЕВОЙ СТАНДАРТ

СОЕДИНЕНИЯ И СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ АГРЕГАТОВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Расчет и конструирование

ОСТ 92-0994-75

Взамен ОСТ 92-0009-67

Инструктивным письмом
от 31декабря 1975г. №367

срок введения установлен
с I июля 1976г.

Настоящий стандарт распространяется на соединения и соединительные элементы металлоконструкций агрегатов специального назначения, изготовляемые из конструкционных сталей или алюминиевых сплавов различных марок, работающие на открытом воздухе в интервале температур от минус 50 до плюс 50°С.

Стандарт не распространяется на подвижные соединения механических передач.

Издание официальное Перепечатка воспрещена

Стандарт устанавливает методы расчёта на прочность и выносливость соединений и соединительных элементов, дает рекомендации по конструированию.

Расчёт и конструирование стержневых элементов приведены в отраслевом стандарте ОСТ 92-858I-74.

Методы расчёта и конструирования стержневых систем (ферм, рам, комбинированных систем, пластин и оболочек) приведены в отраслевом стандарте ОС 92-0095-69.

I. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. При проектировании соединений должны быть обеспечены и в необходимых случаях проверены расчетом:

- прочность соединения или элемента;
- работоспособность подвижного соединения;
- при необходимости - плотность соединения;
- в отдельных случаях - жесткость соединительного элемента;
- при действии переменных нагрузок с числом циклов их изменения, превышающем 10^5 - выносливость соединения.

Методика проверки выносливости для всех типов соединений, а также для основного металла конструкций, аналогична, поэтому она излагается в разделе 9 применительно ко всем видам соединений кроме тросовых. Учет действия переменных нагрузок на тросовое соединение дан в разделе 7.

В разделах 2 - 8, рассматривающих отдельные виды соединений, излагается порядок расчета соединений на прочность и, по мере необходимости, на плотность, приводятся рекомендации по конструированию и некоторые справочные данные.

Работоспособность подвижных соединений обеспечивается, если контактные напряжения в местах контакта перемещающихся друг относительно друга деталей не превышают допустимых пределов. Определение контактных напряжений излагается при рассмотрении расчета на прочность, поэтому особой проверки работоспособности не требуется.

I.2. Расчет на прочность производится с дифференцированным коэффициентом запаса прочности, обеспечивающим равнопрочность соединения или соединительного элемента с основной конструкцией.

Величины нагрузок и нормы прочности настоящим стандартом

не регламентируются, а определяются по ГОСТ В 17418-72 и другим нормативным документам.

1.3. Определение величин напряжений по приводимым методикам в разделах 2-8 производится для статического приложения нагрузок в упругой области работы материала, кроме особо оговоренных в тексте случаев.

1.4. Результаты расчёта и рекомендаций в стандарте допускают погрешность менее 5%. Для отдельных методик, рекомендаций и т.п., погрешность которых превышает 5%, приводится её величина.

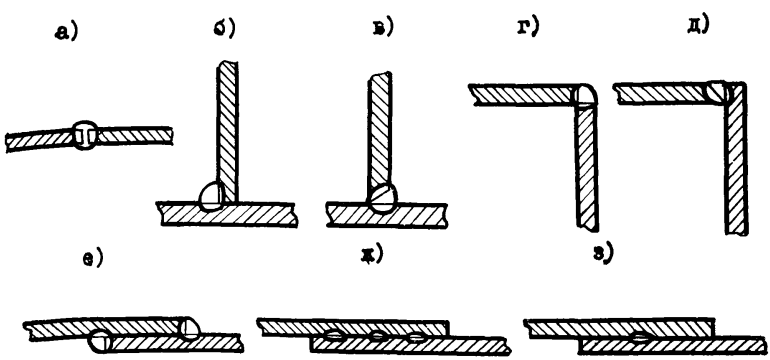
2. СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

2.I. Общие положения

2.I.I. В настоящем стандарте приведены методы расчета сварных соединений, выполняемых преимущественно электродуговой или контактной точечной сварками.

Все рекомендации и методы расчета, приведенные в этом разделе для соединений электродуговой сваркой, справедливы также для соединений, выполненных газовой и электрошлаковой сварками. Причём прочностные характеристики соединений при электрошлаковой сварке принимаются такими же, как при электродуговой, выполненной под слоем флюса.

2.I.2. Основные виды сварных соединений, используемые в дальнейшем в стандарте, приведены на черт.2.I.



а – стыковое соединение; б, в – тавровое соединение; г, д – угловое соединение; е, ж, з – соединение внахлестку

Черт. 2.I.

Электрозаклёпочное соединение по методам расчета и конструирования аналогичны соединениям точечной контактной сваркой, поэтому оба эти вида соединений рассматриваются совместно в подразделе 2.7.

2.I.3. Кромки свариваемых элементов должны быть подготовлены под сварку с учетом вида сварки, условий работы шва, положения его в пространстве, толщины свариваемых элементов, технологии процесса наложения швов и имеющегося оборудования.

Основные типы конструктивные элементы швов сварных соединений должны соответствовать ГОСТ 5264-69, ГОСТ 87I3-70, ГОСТ II534-65, ГОСТ I477I-69, ГОСТ I4776-69, ГОСТ I4806-69, ГОСТ I5878-70, ГОСТ I6037-70, а также ОСТ 92-II38-74, ОСТ92-II4I-74, ОСТ 92-II44-74.

2.2. Рекомендации по конструированию

2.2.I. При проектировании сварных соединений из конструкционных, нержавеющих сталей и алюминиевых сплавов следует руководствоваться НО 4883-65 и ОСТ 92-II2I-73.

2.2.2. При проектировании стыковых соединений, выполненных электродуговой сваркой, более рационально применение обычных прямых стыков, выполненных технологическим процессом высокого качества при обязательном проваре корня швов. Если величина коэффициента прочности сварного соединения $K_{сб}=1$, то сварное соединение равнопрочно основному металлу, и стык можно располагать в любом сечении. Если $K_{сб}<1$, то целесообразно стыки размещать в сечениях, удаленных от зон максимальных напряжений.

2.2.3. В некоторых случаях проектируют стыки косыми. В этом случае рекомендуется угол наклона шва α к линии действия силы выполнять равным 45-60°.

Если $\alpha \approx 60^{\circ}$, а величина коэффициента, прочности сварного соединения $K_{сб} > 0,7$, то стык не требует проверки прочности и может быть расположен в любом сечении стержня.

2.2.4. Расстояние между швом встык основного элемента и швами, прикрепляющими какие-либо детали, должно быть при параллельных швах не менее 4-5 толщин основного элемента и не менее 10 мм для толщин до 2 мм; при пересекающихся швах швов прикрепления детали рекомендуется прерывать на участке 20-25 мм в каждую сторону от шва встык.

2.2.5. Соединение с накладками применяется в тех случаях, когда затруднена подготовка кромок для сварки встык. Применение соединений с накладками при работе на переменные нагрузки нерационально, т.к. они являются источником концентрации напряжений. В тех случаях, когда соединение выполнено внахлестку, должны удовлетворяться следующие требования:

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

б) в конструкциях, воспринимающих динамические и вибрационные нагрузки, угловые швы должны выполняться с плавным переходом к основному металлу. При этом соотношения размеров катетов угловых швов следует принимать:

- для фланговых швов 1 : 1,0;

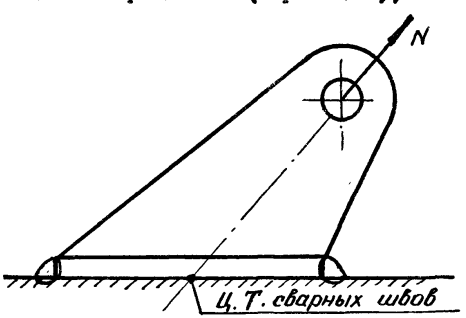
- для лобовых швов 1 : 1,5, больший катет должен быть направлен вдоль усилия, воспринимаемого лобовым швом;

в) в конструкциях, воспринимающих статические нагрузки, для фланговых и лобовых швов соотношение размеров катетов следует принимать 1 : 1.

2.2.6. Желательно швы так размещать в прикреплении элемента, чтобы равнодействующая сил, передаваемых на соединение, проходила через центр тяжести площади сварных швов:

а) при прикреплении элементов симметричного сечения, нагруженных осевой силой, швы следует располагать симметрично относительно оси элемента;

б) приварку кронштейнов следует располагать по возможности таким образом, чтобы равнодействующая сил проходила через центр тяжести сечения сварных швов (черт. 2.2);



Черт. 2.2

в) при прикреплении несимметричных профилей (например, уголок - черт. 2.3) площади швов должны быть обратно пропорциональны расстояниям от шва до оси элемента:

$$F_{ш_1} = \frac{b_2}{b_1 + b_2} \cdot F_ш \; ;$$

$$F_{ш_2} = \frac{b_1}{b_1 + b_2} \cdot F_ш \; ,$$

---

*) В данном выражении и далее в тексте стандарта значения наиболее часто встречающихся условных буквенных обозначений в тексте не поясняются , а даны в приложении I.

где $F_ш$ - требуемая площадь шва, которая определяется из условия прочности

$$F_ш \geq \frac{N \cdot [n]}{\sigma_т \cdot K_{сб}};$$

- для равнобокого уголка:

$$F_{ш1} = 0{,}7 \cdot F_ш,$$

$$F_{ш2} = 0{,}3 \cdot F_ш;$$

- для неравнобокого уголка, приваренного широкой полкой:

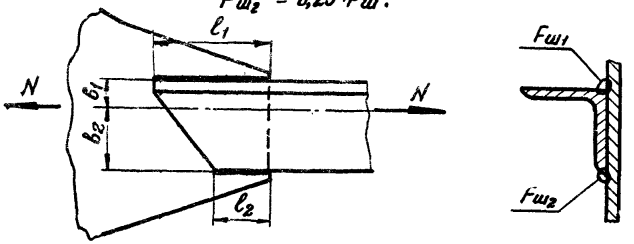
$$F_{ш1} = 0{,}65\ F_ш,$$

$$F_{ш2} = 0{,}35\ F_ш;$$

- для неравнобокого уголка, приваренного узкой полкой:

$$F_{ш1} = 0{,}75 \cdot F_ш,$$

$$F_{ш2} = 0{,}25 \cdot F_ш.$$

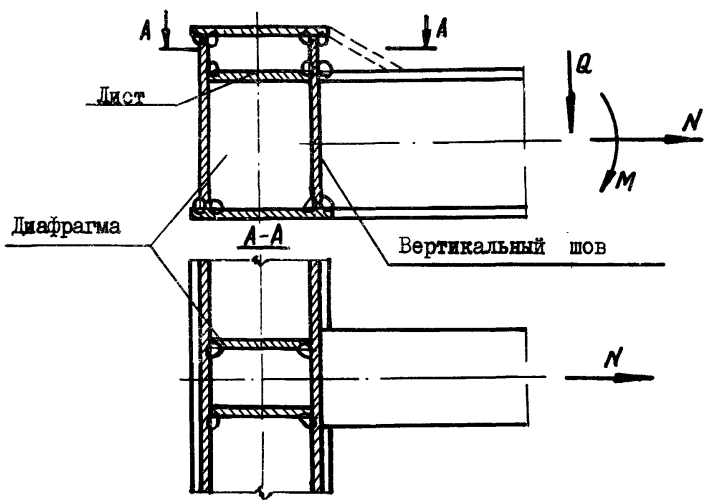


Черт. 2.3.

2.2.7. В случае прикрепления элемента к тонкостенной конструкции сварные швы должны располагаться так, чтобы передаваемые на них усилия действовали в плоскости пластин, образующих конструкцию. В необходимых случаях это условие обеспечивается постановкой специальных элементов жесткости (диафрагм, стенок, ребер). Швы, нагруженные усилиями, перпендикулярными к тонкостенным элементам, в местах, не укрепленных ребрами жесткости, считаются неработающими.

На черт. 2.4 приведен пример прикрепления элемента к тонкостенной конструкции.

При отсутствии диафрагм сварные швы, крепящие конструкцию к тонкому листу, не воспринимают нагрузки действующие из плоскости листа (N и M).



Черт. 2.4.

Для обеспечения работы шва верхней полки прикрепляемой балки можно вместо постановки промежуточного листа выводить прикрепляемую балку к полке основной балки, как показано пунктиром.

2.2.8. При проектировании должны быть обеспечены доступность и удобство выполнения сварных швов и их контроля. Некоторые конструктивные ограничения, подлежащие учету при проектировании

конструкций с ручной сваркой, приведены в табл.2.I.

2.2.9. При статических нагрузках можно применять прерывистые швы. Расстояния в свету между участками прерывистых швов (черт.2.5.) должны быть:

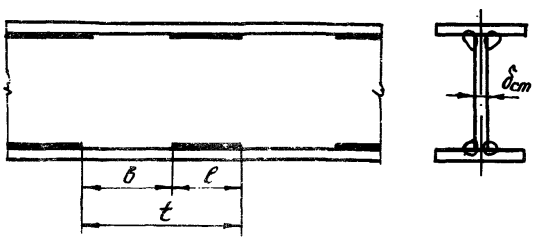
- в сжатых элементах $b \leq 15\delta_{min}$ - для малоуглеродистых и низколегированных сталей, $b \leq 10\delta_{min}$ - для легированных закаленных сталей и алюминиевых сплавов;

- в растянутых элементах $b \leq 30\delta_{min}$;

- во всех случаях $b \leq 3\ell$,

где δ_{min} - наименьшая толщина соединяемых элементов;

ℓ - длина участка шва.



Черт. 2.5.

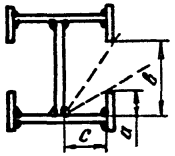
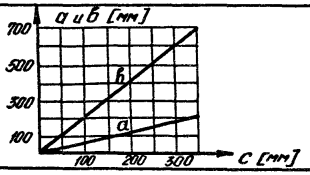
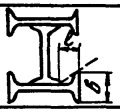
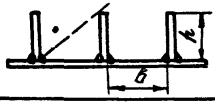
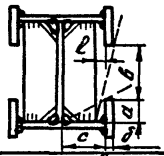
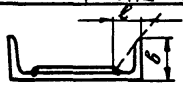
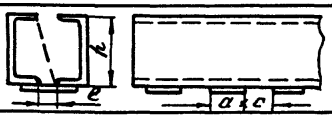
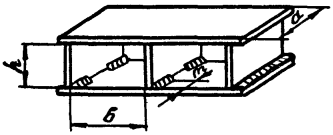
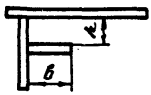
Концы деталей должны быть сварены независимо от шага прерывистого шва.

Сварку прерывистыми швами элементов малой толщины можно заменить сваркой угловыми точками. При этом угловые точки располагают равномерно по всей длине соединения. Количество точек выбирается таким, чтобы суммарная площадь угловых точек была равна суммарной площади прерывистых швов.

Расчетная площадь угловых точек для свариваемых толщин от 2,5 до 5,0 мм принимается равной 25-40 мм^2 в зависимости от режима сварки

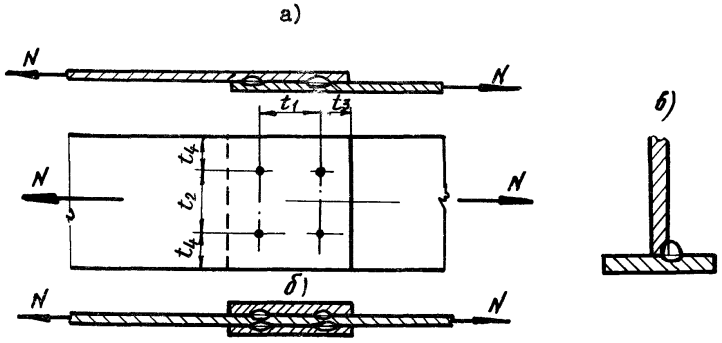
Таблица 2.1

Конструктивные ограничения в сварных элементах при ручной электродуговой сварке

Эскиз	Условия, обеспечивающие удобство наложения швов
	
	$l_{min} \geq 0{,}3б$
	При $б \leq 400$мм; $h \leq 0{,}6б$ При $б > 400$мм; h не ограничивается.
	Для приварки ребра жесткости $a \leq c$ Недоступный для сварки участок шва $l_{min} = \frac{ab}{б} + 10$мм
	$l \geq 0{,}7б$
	$l \geq 0{,}7h$
	Сварка возможна на глубину m, мм $б$ / h / m >400 / 250–400 / ≤ 800 >400 / ≤ 250 / h ≤ 400 / ≥ 250 / $0{,}63б$ ≤ 400 / < 250 / $бh/400$
	Сварка возможна при $h \geq 250$мм $б < 800$мм.

2.2.10. При конструировании сварных соединений, выполняемых точечной и роликовой контактной электросваркой руководствоваться НО 4883-65 и ОСТ 92-1144-74.

При этом расстояния между контактными точками (электрозаклепками) (черт.2.6.) не должно выходить за пределы, указанные в табл.2.2.



а- односрезное соединение; б - двухсрезное соединение;,
в - тавровое соединение.
Черт.2.6.

Таблица 2.2

Предельные расстояния между контактными точками (электрозаклёпками)

Наименование расстояния	Величина расстояния
Наименьшее расстояние между центрами точек в любом направлении (t_{1min} ; t_{2min}):	
- для элементов из стали	3,0d
- для элементов из алюминиевых сплавов	3,5d

Продолжение табл.2.2

Наименование расстояния	Величина расстояния
Наименьшее расстояние от центра точки до края элемента вдоль усилия ($t_{3\,min}$), а также расстояние от центра точки до ребра или отбортовки	$2d$
Наименьшее расстояние от центра точки до края элемента поперек усилия ($t_{4\,min}$)	$2d$
Наибольшее расстояние между центрами точек вдоль усилия при сжатии ($t_{1\,max}$):	
- для элементов из малоуглеродистой и низколегированной стали	12δ
- для элементов из алюминиевых сплавов и высокопрочных сталей	10δ

Примечания:

I. Наименьшие расстояния даны для односрезных соединений при толщине соединяемых деталей не свыше 4 мм. Для двухсрезных соединений эти расстояния должны быть увеличены в I,5 раза; при толщине соединяемых деталей, превышающей 4 мм, расстояния должны быть увеличены в I,3 раза.

2. d - расчетный диаметр сварной точки;

δ - минимальная толщина соединяемых деталей.

2.3. Электродуговая сварка

2.3.I. Прочность сварного соединения проверяется по одной из формул:

$$n = \frac{K_{св} \cdot \sigma_т}{\sigma_ш} \geqslant [n]; \qquad (2.I)$$

$$n = \frac{K_{сб} \cdot \sigma_т^{*)}}{\tau_ш}, \qquad (2.2)$$

где $K_{сб}$ – коэффициент прочности сварного соединения, определяемый в п.2.3.2

$\sigma_ш$ и $\tau_ш$ – нормальное и касательное напряжение в сварном шве или вблизи его, в зоне термического влияния, определяемые по указаниям пп.2.3.3 и 2.3.4, подразделов 2.4, 2.5 и 2.6. Величина зоны термического влияния для различных материалов и видов сварки приведена в табл.2.3.

2.3.2. Коэффициент прочности сварного соединения определяется как произведение двух коэффициентов

$$K_{сб} = K_1 \cdot K_2, \qquad (2.3)$$

где K_1 – коэффициент, зависящий от свойств свариваемых материалов и способа сварки, берется в таблицах приложения 2;

K_2 – коэффициент, учитывающий напряженное состояние, вид и способ контроля сварного соединения, берется из табл.2.4.

2.3.3. Сварные швы встык могут выполняться прямыми и косыми. Напряжения в стыковых швах при растяжении или сжатии определяются:

а) в прямом шве

$$\sigma_ш = \frac{N}{\delta \ell_ш}, \qquad (2.4)$$

где $\ell_ш$ – длина сварного шва;

---

*) Если свариваются металлы различных марок, то берется меньшая величина предела текучести одного из свариваемых элементов.

Таблица 2.3

Расчетная ширина зоны термического влияния

Материал	Способ сварки	Расчетная ширина зоны термического влияния
Малоуглеродистые стали	Любой	Не учитывается
Низколегированные стали		2δ, но не более $(\delta+15)$ мм
Легированные стали		4δ, но не более $(\delta+20)$ мм
АДП М, АМц М, АМг5М, АМг6М	Аргонодуговая сварки	Не учитывается
АДП П, АМц П, АМг5П, АМц П		$3,5\delta$
АВ Т, АВ ТI	Аргонодуговая сварка плавящимся электродом	$3,5\delta$
	Аргонодуговая сварка вольфрамовым электродом	$7,0\delta$
АД3IТ, АД3IТI, АД33Т, АД33ТI, АД35Т, АД35ТI	Аргонодуговая сварка вольфрамовым электродом	$7,0\delta$
В92 Т	Аргонодуговая сварка плавящимся электродом	Не учитывается
	Аргонодуговая сварка вольфрамовым электродом	При $\delta < 4$мм - не учитывается, при $\delta > 4$мм - 9δ

Примечание. Ширина зоны термического влияния отсчитывается от оси шва.

Таблица 2.4

Коэффициент K_2

Тип сварного шва		Характер напряженного состояния	Алюминиевые сплавы	Сталь		
				Полуавтоматическая и ручная сварка		Автоматическая сварка
				Обычный контроль	Повышенный контроль	
Стыковые швы, а также тавровые и угловые с разделкой кромок	односторонние без подварки корня шва	Сжатие, растяжение	0,70		0,8	
		Срез	0,40		0,5	
	двусторонние или односторонние с подваркой корня шва	Сжатие, растяжение	0,90		I,0	
		Срез	0,55		0,6	
Тавровые и угловые швы без разделки кромок		Сжатие, растяжение, срез	0,55		0,6	

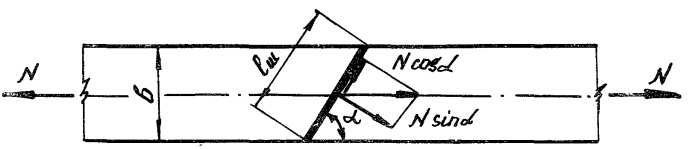
Примечания:

I. Обычные способы контроля качества швов: наружный осмотр, измерение швов, а также их остукивание.

2. Повышенные способы контроля качества швов, применяемые в дополнение к обычным: рентгено- или гаммографирование, ультрозвуковая дефектоскопия и магнитографические способы.

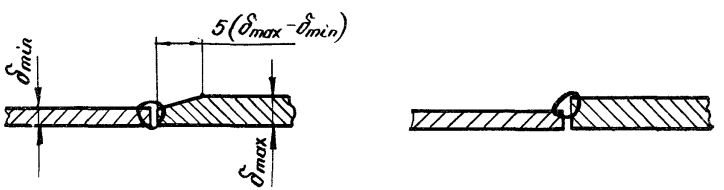
б) в косом шве (черт.2.7)

$$\left.\begin{aligned} \sigma_w &= \frac{N \cdot \sin\alpha}{l_w \delta} \\ \text{и} \quad \tau_w &= \frac{N \cdot \cos\alpha}{l_w \cdot \delta} \end{aligned}\right\} \qquad (2.5)$$



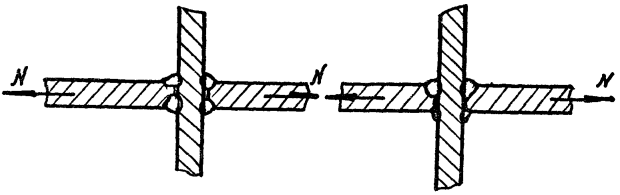
Черт.2.7

Соединения листов разной толщины при наличии скоса кромки (черт.2.8) рассчитываются также, как стыковое соединение. Если скоса кромки нет, а разность толщин превышает 4 мм или I5% толщины более тонкого листа, шов рассчитывается как угловой.



Черт.2.8

Соединения в тавр, выполненные с разделкой кромок (черт. 2.9.), рассчитываются как стыковые швы.



Черт. 2.9.

2.3.4. Напряжение в сварном таврового шве, воспринимающем продольные силы, при сжатии, растяжении и срезе определяется по формуле

$$\tau_ш = \frac{N}{h_ш \cdot \beta \cdot l_ш} \qquad (2.6)$$

где N - нагрузка на шов; при одновременном действии в одном и том же сечении углового шва срезывающих усилий в разных направлениях нагрузка на шов будет равна равнодействующей этих усилий;

$h_ш$ - катет таврового шва;

β - коэффициент способа сварки, принимаемый равным:

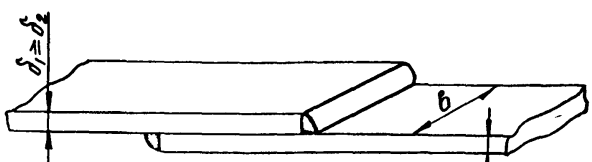
β = I - для однопроходной автоматической сварки;

β = 0,8 - для однопроходной полуавтоматической сварки;

β = 0,7 - для ручной сварки, а также для многопроходной автоматической и полуавтоматической сварки.

$\ell_ш$ - расчетная длина углового шва; при определении расчетной длины учитываются швы длиной не менее $4\,h_ш$.

Для лобового шва расчетная длина шва равна фактической длине. При сварке внахлестку только лобовыми швами с двух сторон (черт. 2.10) при отношении толщин свариваемых листов больше двух или в случае, когда жесткость одного из листов повышена приваренными ребрами, расчетная длина шва принимается равной длине одного шва.



При $\delta_1/\delta_2 = 1$ $\ell_ш = 2b$; при $1 < \delta_1/\delta_2 < 2$; $\ell_ш = \left(3 - \frac{\delta_1}{\delta_2}\right)b$

при $\delta_1/\delta_2 > 2$ $\ell_ш = b$;

Черт. 2.10

Для фланговых швов расчетная длина равна фактической длине, но не более $60\,h_ш$ для сталей и $40\,h_ш$ для алюминиевых сплавов, за исключением сопряжений, в которых усилие, воспринимаемое фланговым швом, возникает на всем его протяжении.

2.4. Сварные соединения составных балок и стержней

2.4.1. В сварных составных балках напряжение среза в поясном шве с учетом местных напряжений определится по формуле

$$\tau_ш = \sqrt{\tau_{ш_0}^2 + \tau_{ш_м}^2}\,, \qquad (2.7)$$

где $\tau_{ш_0}$ - общее напряжение среза шва, определяемое по формуле

$$\tau_{ш_0} = \frac{Q\,S_п}{m\beta\,h_ш\,J_x}\,, \qquad (2.8)$$

$S_п$ - статический момент пояса относительно нейтральной оси;

m - число швов, соединяющих пояс со стенкой;

$\tau_{шм}$ - местное напряжение, определяемое:

- в месте приложения сосредоточенной силы в п.2.4.2;
- на криволинейном участке в п.2.4.3.

2.4.2. Местное напряжение под сосредоточенной силой (черт. 2.11) определяется по формуле

$$\tau_{шм} = \frac{KP}{m \cdot \beta \cdot h_ш \cdot z} \qquad (2.9)$$

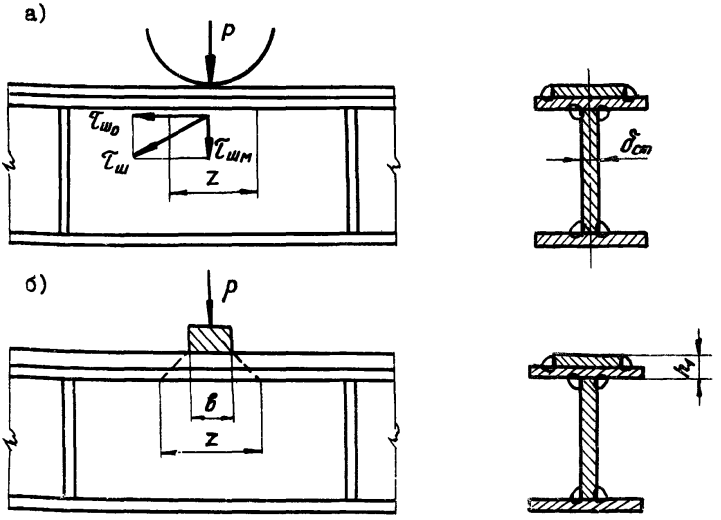
где P - сосредоточенная сила;

K - коэффициент, учитывающий режим работы агрегата и равный для ходовых колёс:

K =1,2- при тяжёлом режиме работы;

K =1,0- для остальных случаев;

z - расчетная длина распределения нагрузки на стенку.



Черт. 2.11

Величина Z равна (см.ОСТ 92-8581-74)

- для случая давления ходового колеса (см.черт.2.11а)

$$Z = 3{,}25\sqrt[3]{\frac{J_n}{\delta_{ст}}},$$

где J_n - момент инерции пояса относительно собственной оси с учетом жесткости всех деталей, через которые передается давление колеса;

- для случая передачи нагрузки через площадку, шириной „b", $Z = b + 2h_1$, где h_1 - толщина пояса (см.черт.2.11б)

2.4.3. Если пояс балки имеет криволинейные участки (черт.2.12), то при расчете поясных швов местные напряжения в швах определяются в зависимости от конструкции балки.

Местное напряжение $\tau_{ш_м}$ в швах балки любого поперечного сечения определяется по следующей формуле

$$\tau_{ш_м} = \sigma_{max} \cdot K_{шб}, \qquad (2.10)$$

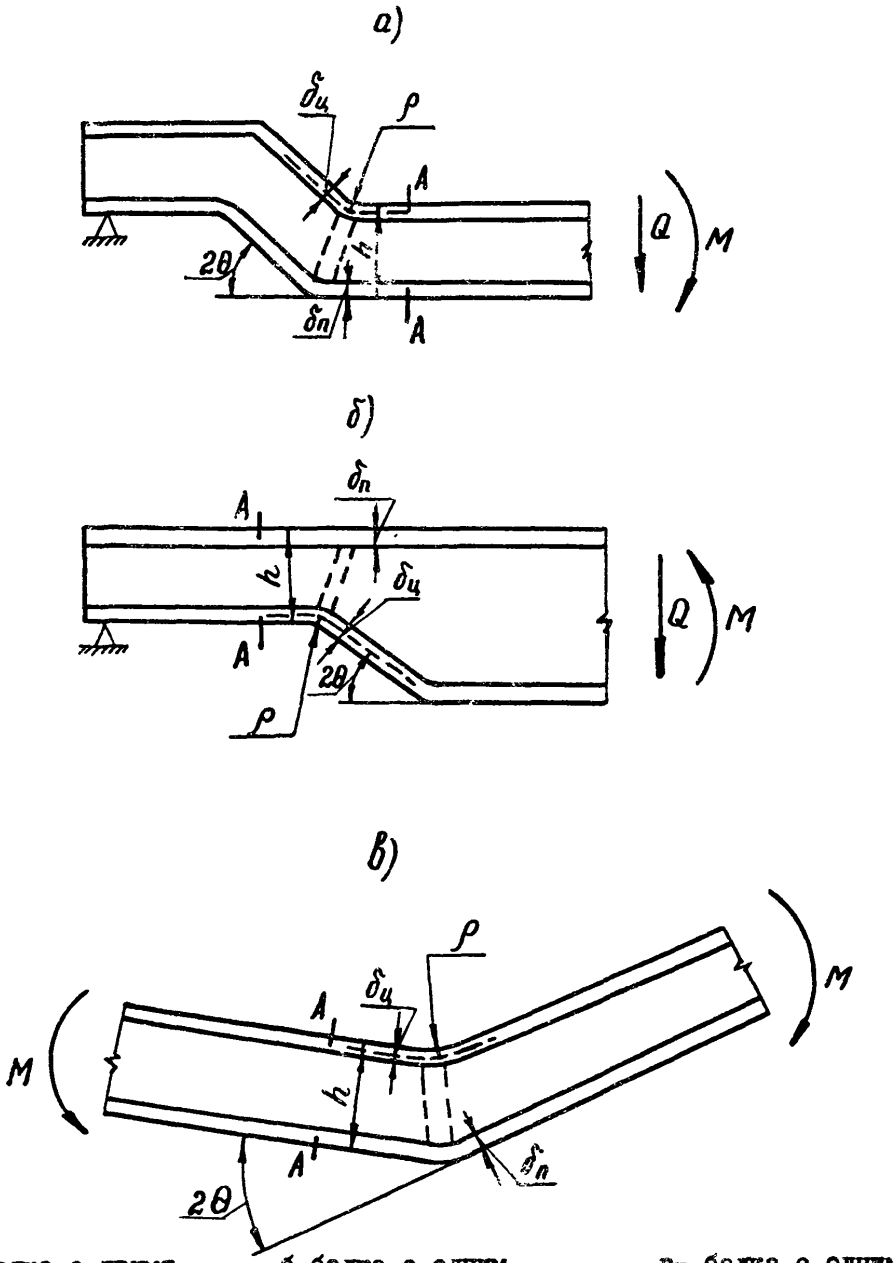
где $\sigma_{max} = \frac{M}{W} \cdot \alpha_к$ - максимальное напряжение в поясе входящего угла;

$K_{шб}$ - коэффициент перехода к напряжениям сварного шва и принимаемый в зависимости от вида сечения по табл.I приложения 3;

M - изгибающий момент в переходном сечении (сечение перехода прямолинейной части балки в криволинейную);

W - момент сопротивления изгибу переходного сечения;

$\alpha_к$ - коэффициент концентрации напряжений.



а–балка с двумя изломами; б–балка с одним плоским полсом; в– балка с одним изломом.

Черт. 2.12

Величина коэффициента концентрации $\alpha_к$ для балки любого поперечного сечения определяется из выражения

$$\alpha_к = \frac{(h - X_\rho)(h + 2\rho)}{\rho\, J_\Sigma} \cdot \left(1 + \frac{\delta_ц}{2\rho}\right) \cdot W \cdot K_\theta , \quad (2.11)$$

где

$$X_\rho = \frac{D_{ст}\, a\, \ell n\, \frac{ch\, u_o + 1}{2} + D_ц \cdot sh\, u_o}{D_{ст} \cdot u_o + \frac{2\, D_п}{a} + \frac{D_ц}{a}(ch\, u_o + 1)} ;$$

$$a = \sqrt{h^2 + 2h\rho} ;$$

$$sh\, u_o = \frac{a}{\rho} ; \qquad ch\, u_o = 1 + \frac{h}{\rho} ,$$

$$D_{ст} = n \cdot \delta_{ст} ; \quad D_ц = 2\, б_1 \cdot \delta_ц \cdot K_ц ; \quad D_п = 1{,}8\, б_1\, \delta_п ;$$

K_θ =I+0,2θ–коэффициент влияния величины угла излома (черт.21

h – высота балки в переходном сечении;

ρ – радиус срединной поверхности пояса во входящем угле;

n – число вертикальных стенок;

$\delta_ц$ – толщина пояса во входящем угле;

$\delta_п$ – толщина пояса в исходящем угле;

$б_1$ – половина ширины пояса;

$K_ц$ – редукционный коэффициент, принимаемый по табл. I приложения 3 в зависимости от вида сечения;

θ – половина угла излома оси балки (в радианах);

$J_\Sigma = J_{ст} + J_ц + J_п$ – геометрический параметр;

$$J_{ст} = D_{ст}\left[a^3\left(u_o - 2th\, \frac{u_o}{2}\right) - 2a^2 X_\rho\, \ell n\, \frac{ch\, u_o + 1}{2} + a\, X_\rho^2 \cdot u_o\right];$$

$$J_ц = D_ц\, (ch\, u_o + 1)(h - X_\rho)^2 ;$$

$$J_п = 2\, D_п \cdot X_\rho^2 .$$

Для оценки величины коэффициента $\alpha_к$ в случае, когда сечение балки коробчатое, можно пользоваться графическими зависимостями, приведенными в приложении 3 . В этом случае коэффициент концентрации для балок с наиболее употребительными размерами равен

$$\alpha_к = \alpha_{к1} \cdot \alpha_{к2}$$

где $\alpha_{к1}$ - принимается по графику черт. 1 приложения 3;

$\alpha_{к2}$ - выбирается из таблицы 2 приложения 3.

Аналогично можно найти коэффициенты концентрации напряжений для коробчатых балок, подкрепленных продольной или поперечной диафрагмами (черт. 2 и 3; табл. 3 и 4 приложения 3).

Расчетные зависимости, приведенные в табл. 1 приложения 3, для определения коэффициентов $K_ц$ и $K_{шб}$ рекомендуются при выполнении условий:

$$150мм \geq \rho \geq 5\delta_ц \; ; \qquad \delta_ц \geq \delta_{ст} \; ; \qquad h \geq 2b_1 \; .$$

$$4 \leq \delta_ц \leq 12мм \; ; \qquad 10° \leq 2\theta \leq 90° \; ;$$

$$4 \leq \delta_{ст} \leq 12мм \; ; \qquad \frac{h}{\delta_{ст}} \leq 100 \; ;$$

2.4.4. Продольные сварные швы в составных стержнях сплошного сечения (черт. 2.13), работающих на сжатие, рассчитываются на условную поперечную силу $Q_{усл}$ по формуле (2.8.). Величина условной поперечной силы определяется по формуле

$$Q_{усл} = \frac{\sigma_т}{m} \cdot F \, , \qquad (2.12)$$

где F - суммарная площадь сечения всех ветвей составного стержня, без учета ослаблений;

m - коэффициент, равный:

m = 100 - для стали,

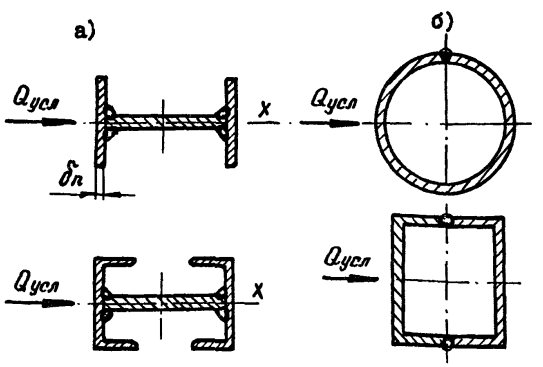
m = 80 - для алюминиевых сплавов.

Для некоторых материалов величина условной поперечной силы приведена в табл. 2.5.

Таблица 2.5

Значение условной поперечной силы Q усл.

Материал	Условная поперечная сила
Сталь Ст.3,20	20 F
Сталь 10ХСНД	40 F
Сталь 14Х17Н2	80 F
Алюминиевый сплав АМг6-М	20 F
Алюминиевый сплав Д16Т	40 F



а - открытые сечения; б - замкнутые сечения

Черт. 2.13

В замкнутых тонкостенных сечениях непрерывные швы, выполненные встык (черт. 2.13б) не требуют проверки прочности.

2.4.5. Расчетное напряжение в прерывистом шве в составных стержнях или балках определяется по формуле

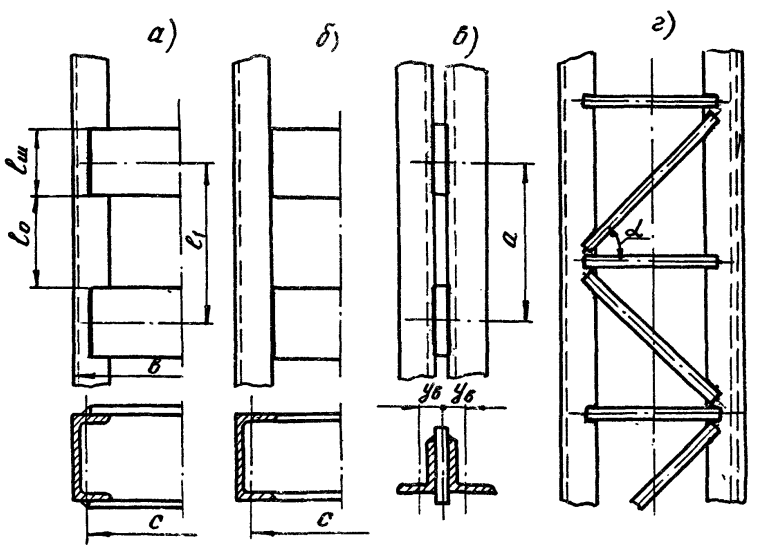
$$\tau_{ш пр} = \tau_{ш н} \frac{t}{\ell}, \qquad (2.13)$$

где - $\tau_{ш н}$ - напряжение в непрерывном шве;

t - шаг (см. черт. 2.5);

ℓ - длина провариваемого участка.

2.4.6. Прикрепление соединительных элементов (планок, решеток, прокладок) сквозных стержней, работающих на сжатие (черт. 2.14), рассчитывается на усилия, возникающие от условной поперечной силы Q усл. (см. п. 2.4.4.).



Черт. 2.14

Расчет прикрепления планки к каждой ветви (черт.2.I4а,б) производится на совместное действие изгибающего момента Мпл и срезывающей силы Тпл, определяемых по формулам:

$$\left.\begin{aligned} T_{пл} &= \frac{Q_п \cdot l_1}{c}\ ; \\ M_{пл} &= \frac{Q_п \cdot l_1}{2}\ , \end{aligned}\right\} \qquad (2.I4)$$

где $Q_п$ - условная поперечная сила, приходящаяся на систему планок, расположенных в одной плоскости; для трехгранного стержня поперечная сила, действующая в плоскости одной из граней, принимается равной $Q_п = 2/3 \cdot Q_{усл}$.

Расчетные напряжения в шве, прикрепляющем планку, определяются по формулам, если соединение планок со стойкой выполнено:

- встык (см.черт. 2.I4б))

$$\left.\begin{aligned} \sigma_ш &= \frac{6\,M_{пл}}{\delta_{min} \cdot l_ш^2}\ ; \\ \tau_ш &= \frac{T_{пл}}{\delta_{min} \cdot l_ш}\ , \end{aligned}\right\} \qquad (2.I5)$$

где $l_ш$ - расчетная длина шва;
δ - толщина планки;

- в нахлестку (см.черт. 2.I4а)

$$\tau_ш = \sqrt{\left(\frac{6\,M_{пл}}{\beta h_ш l_ш^2}\right)^2 + \left(\frac{T_{пл}}{\beta h_ш l_ш}\right)^2}\ . \qquad (2.I6)$$

Расчет прикрепления раскоса соединительной решетки (см. черт. 2.I4г) производится на усилие в раскосе, определяемое по формуле

$$N_p = \frac{Q_p}{\cos\alpha} K + N \frac{F_p}{F} \sin^2\alpha\ , \qquad (2.I7)$$

где $Q_р$ - условная поперечная сила, приходящаяся на один раскос;

N - сжимающая нагрузка на стержень;

$F_р$ - площадь поперечного сечения раскоса;

F - площадь сечения всех ветвей;

K - коэффициент, учитывающий эксцентричное прикрепление раскоса и принимаемый:

$K = 1,0$ - раскосы прикреплены центрально,

$K = 1,3$ - раскосы из уголков, прикрепленных одной полкой.

Расчетное напряжение в швах, прикрепляющих раскос, определяется по формуле

$$\tau_ш = \frac{N_р}{\sum \beta h_ш \ell_ш}. \qquad (2.18)$$

Расчет прикрепления соединительной прокладки (черт. 2.14 в)) производится на сдвигающее усилие

$$T = Q_{усл} \frac{a\, y_в}{2(r_в^2 + y_в^2)}, \qquad (2.19)$$

где $r_в$ - радиус инерции ветви относительно собственной оси, параллельной плоскости расположения прокладок;

a - расстояние между прокладками;

$y_в$ - расстояние от собственной оси ветви до центральной оси всего сечения.

Расчетное напряжение в швах, прикрепляющих прокладку, определяется по формуле

$$\tau_ш = \frac{T}{\sum \beta h_ш \cdot \ell_ш}, \qquad (2.20)$$

причем суммирование ведется по всем швам, прикрепляющим прокладку к одной из ветвей.

2.4.7. В составных тонкостенных стержнях, работающих на косой изгиб, кручение или изгиб с кручением, продольные сплошные швы, соединяющие ветви между собой, рассчитываются на срез от совместного действия поперечной силы и крутящего момента.

Расчетное напряжение в сварных швах определяется в этих случаях так же, как касательные напряжения в соответствующей точке сечения, если бы оно было монолитным, но с заменой в расчетных формулах толщины стенки δ для тавровых и угловых швов без разделки кромок на расчетную толщину равную

$$\delta_ш = \beta \cdot h_ш \cdot m, \qquad (2.21)$$

где $m = 1$ - при односторонней приварке угловым швом;

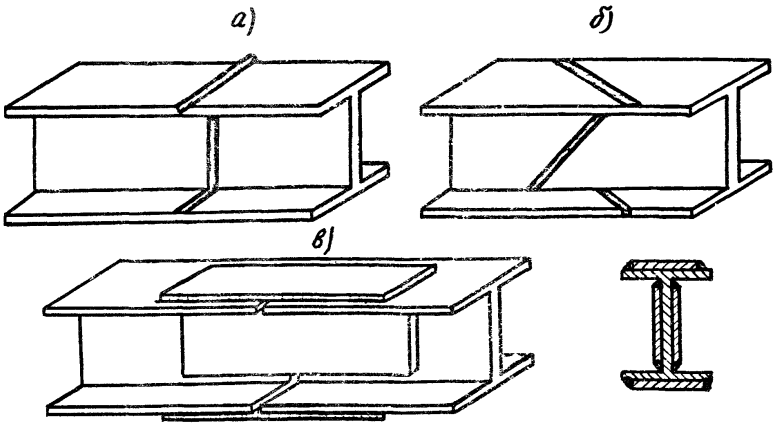
$m = 2$ - при двухсторонней приварке угловыми швами.

Определение напряжений в монолитном сечении производится по указаниям ОСТ 92-8581-74.

2.5. Сварные стыки стержневых элементов

2.5.1. Стыки тонкостенных стержней могут выполняться стыковыми прямыми швами или косыми швами и соединением с накладками односторонними или двухсторонними (черт.2.15). Могут применяться также комбинированные стыки, образуемые сочетанием нескольких из перечисленных соединений.

Стыки отдельных пластин, образующих стержневой элемент, при выполнении их на заводе-изготовителе конструкции могут размещаться в разных сечениях по длине стержня. Монтажные стыки пластин, выполняемые вне завода, совмещаются в одном сечении.



черт. 2.15

Соединения в стык прямыми швами не требуют проверки прочности, если они располагаются в тех местах по длине стержня, в которых напряжение не превышает следующей величины

$$\sigma \leq \sigma_{max} \cdot K_{сб},$$

где σ_{max} - напряжение в наиболее нагруженном сечении;

$K_{сб}$ - коэффициент сварки, определяемый по указанию п.2.3.2.

В соединениях с накладками не требуется проверки прочности швов, если соблюдается условие

$$F_ш \geq \frac{F}{K_{сб}},$$

где $F_ш$ - расчетная площадь швов, прикрепляющих накладку к каждому элементу;

F - площадь сечения стыкуемого элемента, перекрытого накладкой.

2.5.2. Расчет на прочность стыков, выполненных прямыми стыковыми швами, производится по сечению, проведенному по сварным швам, и принимаемому равным сечению по основному металлу с умножением площади и момента сопротивления сечения на коэффициент сварки $K_{сб}$ (см.п. 2.3.2).

2.5.3. Расчет на прочность стыков, выполненных косыми стыковыми швами, производится отдельно для каждой пластины, образующей стержень.

Напряжение в каждой из пластин определяется следующим образом:

а) в стержнях, работающих на центральное растяжение или сжатие, напряжение определяется по указаниям п. 2.3.3 , причем усилие в стержне распределяется между пластинами пропорционально их площадям поперечного сечения;

б) в полках балок двутаврового, коробчатого, швеллерного сечений, работающих на простой изгиб, напряжение определяется по указаниям п. 2.3.3 , причем расчетное усилие в полке принимается равным

$$N = \sigma_{max} \cdot F_n , \qquad (2.22)$$

где σ_{max} – краевое напряжение в рассматриваемой полке, найденное для поперечного сечения, проходящего через середину стыка;

F_n – площадь сечения полки по основному металлу;

в) в косых швах стенок балок (черт. 2.16) напряжение определяется по следующим формулам:

$$\left.\begin{aligned} \sigma_ш &= \sigma_u \cdot \sin^2\alpha + \tau \sin\alpha \cdot \cos\alpha \\ \tau_ш &= \sigma_u \cdot \sin\alpha \cdot \cos\alpha + \tau \sin^2\alpha \end{aligned}\right\} \qquad (2.23)$$

где σ_u - напряжение изгиба на краю стенки

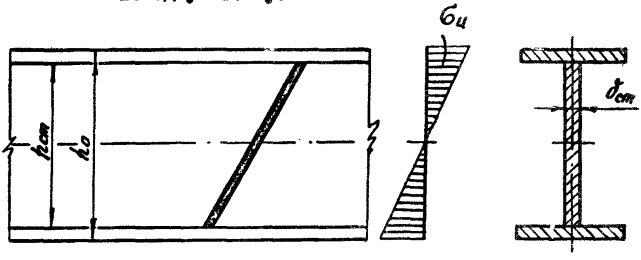
$$\sigma_u = \frac{M}{W} \cdot \frac{h_{cm}}{h_o};$$

τ - среднее касательное напряжение в стенке

$$\tau = \frac{Q}{h_{cm} \cdot \delta_{cm}};$$

M - изгибающий момент в сечении, проходящем через середину стыка;

Q - поперечная сила в том же сечении, приходящаяся на одну стенку.



Черт. 2.16

г) в тонкостенных стержнях замкнутого сечения, работающих на кручение, напряжения в косом шве определяются по формулам:

$$\left.\begin{aligned} \sigma_ш &= \tau_к \cdot \sin\alpha \cdot \cos\alpha; \\ \tau_ш &= \tau_к \cdot \sin^2\alpha; \end{aligned}\right\} \qquad (2.24)$$

где $\tau_к$ - напряжение кручения в рассматриваемой пластине;

д) в тонкостенных стержнях открытого сечения, работающих на простое кручение, напряжение в косом шве плоской пластины определяется по формулам:

$$\left.\begin{aligned} \sigma_ш &= \tau_к \cdot \sin 2\alpha; \\ \tau_ш &= \tau_к \cdot \sin^2\alpha; \end{aligned}\right\} \qquad (2.25)$$

е) в стержнях, работающих на сложное сопротивление, напряжение в косом шве определяется по формулам (2.23), причем σ_u принимается равным наибольшему нормальному напряжению в поперечном

сечении пластины, проведенному через середину стыка, а τ - равным максимальному касательному напряжению в том же сечении.

2.5.4. Прочность стыка с накладками для стержней, работающих на изгиб или на сложное сопротивление (черт.2.I7), определяется касательными напряжениями в сварных швах крепления накладок:

- к поясам

$$\tau_ш = \frac{M}{\beta h_ш \ell_ш h}$$

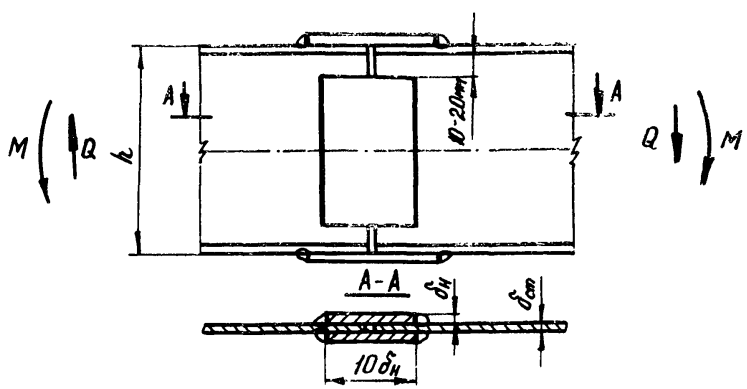
- стенке

$$\tau_ш = \frac{Q}{m \beta h_ш \ell_ш},$$

(2.26)

где $m = 2$ - для двухсторонних накладок;

$m = 1$ - для односторонней накладки.



Черт.2.I7

2.6. Прикрепления угловыми сварными швами отдельных элементов к деталей

2.6.1. Если прикрепляемый элемент нагружен силой, проходящей через центр тяжести суммарной площади прикрепляющих его угловых швов, то:

а) при жесткости соединяемых элементов больней, чем жесткость сварных швов на срез, напряжение в швах считается распределенным равномерно и равным

$$\tau_ш = \frac{N}{\Sigma \beta \cdot h_{ш i} \cdot l_{ш i}}, \qquad (2.27)$$

где $h_{ш i}$ и $l_{ш i}$ - толщина и расчетная длина отдельного шва;

б) при присоединении тонкостенных элементов швы воспринимают только усилия среза, направленные вдоль линии шва; напряжение в этом случае определяется по формуле

$$\tau_ш = \frac{N}{\Sigma \beta \cdot h_{ш i} \cdot l_{ш i} \cdot \cos\alpha_i}, \qquad (2.28)$$

где α - угол между направлением силы и сварным швом.

2.6.2. Если усилия, передаваемые на соединение, не приводятся к одной силе, проходящей через центр тяжести швов, то прочность швов должна проверяться с учетом неравномерности распределения напряжений в соединении. При этом возможны следующие случаи:

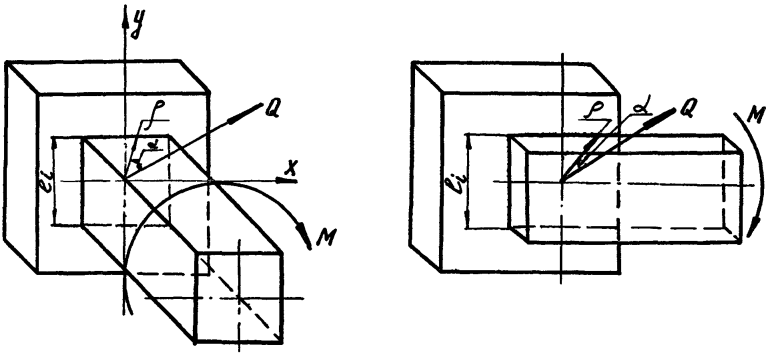
- нагрузки приводятся к поперечной силе, проходящей через центр тяжести площади швов, и крутящему моменту, действующим в плоскости прикрепления (п. 2.6.3);

- нагрузки приводятся к продольной силе и изгибающему моменту, действующему в плоскости, перпендикулярной плоскости прикрепления (см.п. 2.6.4);

- нагрузки представляют собой произвольную пространственную систему и,следовательно, приводятся к поперечной силе, продольной силе, крутящему моменту и изгибающему моменту (п. 2.6.5.).

2.6.3. Соединения, работающие на сложный срез от сил и крутящих моментов, действующих в плоскости прикрепления, рассчитываются различно в зависимости от жесткости прикрепляемого элемента:

а) при жесткости соединяемых элементов большей, чем жесткость швов на срез (черт. 2.I8) , напряжение в общем случае определяется



Черт. 2.I8

по формуле

$$\tau_ш = \sqrt{\tau_1^2 + \tau_2^2 + 2\tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \sin\alpha}, \qquad (2.29)$$

где

$$\tau_1 = \frac{Q}{\Sigma(\beta \cdot h_{ш i} \cdot \ell_i)}; \qquad (2.30)$$

$$\tau_2 = \frac{M \cdot \rho}{(J_x + J_y) \cdot \beta}, \qquad (2.3I)$$

Q – равнодействующая всех срезывающих сил, действующих в плоскости соединения;

M – момент всех сил относительно центра тяжести сечения швов;

J_x и J_y – моменты инерции общего сечения сварных швов; толщина швов принимается равной катету шва ($h_ш$);

ρ – радиус-вектор, проведенный из общего центра тяжести сечения швов к точке шва, в которой определяется напряжение;

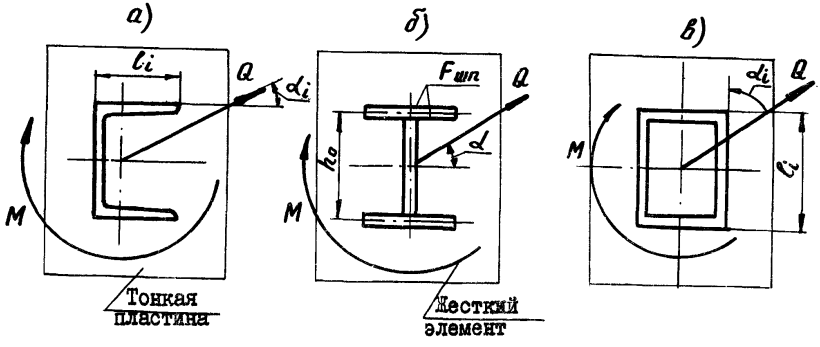
l_i – расчетная длина шва;

$h_{ш_i}$ – катет шва;

α – угол между равнодействующей всех срезывающих сил (Q) и радиусом- вектором (ρ);

б) при присоединении незамкнутых тонкостенных элементов к нежёстким узлам (например, к тонкой пластине) (черт. 2.I9а), а также элементов недеплапирующего незамкнутого сечения, напряжение определяется по формуле

$$\tau_ш = \frac{Q}{\sum \beta \cdot h_{ш_i} \cdot l_i \cdot \cos\alpha_i} + \frac{3M \cdot h_ш}{\sum h^3_{ш_i} \cdot l_i}; \qquad (2.32)$$



Черт. 2.I9

в) при присоединении незамкнутых тонкостенных депланирующих сечений к узлам большой жесткости (см.черт. 2.19б) напряжение определяется по формуле

$$\tau_ш = \frac{Q}{\Sigma \beta h_{ш i} \cdot \ell_i \cdot \cos\alpha_i} + \frac{M \cdot S_\omega}{J_\omega \cdot \beta \cdot h_ш \cdot m}, \qquad (2.33)$$

где S_ω - секториальный статический момент части площади сварных швов, расположенной по одну сторону от точки контура сечения, в которой определяется напряжение (см. ОСТ 92-8581-74 п. 4.4.8);

J_ω - секториальный момент инерции сечения швов (см. ОСТ 92-8581-74 п. 4.4.9);

m - число швов, прикрепляющих рассматриваемую пластину.

В частном случае двутаврового сечения формула (2 .33) примет следующий вид

$$\tau_ш = \frac{Q}{\Sigma \beta \cdot h_{ш i} \cdot \ell_i \cdot \cos\alpha_i} + \frac{M}{h_o \cdot F_{ш п}}, \qquad (2.34)$$

где $F_{ш п}$ - расчетная площадь сварных швов, крепящих каждую полку;

h_o - расстояние между центрами швов, крепящих полки;

г) при присоединении замкнутых тонкостенных элементов (см. черт. 2.19) напряжения определяются по формуле

$$\tau_ш = \frac{Q}{\Sigma \beta \cdot h_{ш i} \cdot \ell_i \cdot \cos\alpha_i} + \frac{M}{\Omega \cdot \beta \cdot h_ш}, \qquad (2.35)$$

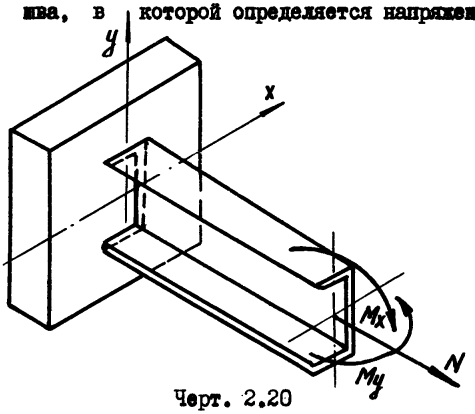
где Ω - удвоенная площадь, ограниченная замкнутым контуром швов (по периметру сечения).

2.6.4. Соединение, работающее на сложный срез от действия сил и изгибающих моментов, находящихся в плоскости, перпендикулярной к плоскости соединения (черт. 2.20), рассчитывается по формуле

$$\tau'_ш = \frac{M_x \cdot y}{\beta \cdot J_x} + \frac{M_y \cdot x}{\beta J_y} + \frac{N}{\Sigma \beta \cdot h_{ш i} \cdot \ell_i}, \qquad (2.36)$$

где J_x и J_y – моменты инерции сечения сварного шва, толщина которого принимается равной катету шва;

x и y – координаты в главных осях точки сечения сварного шва, в которой определяется напряжение.



Черт. 2.20

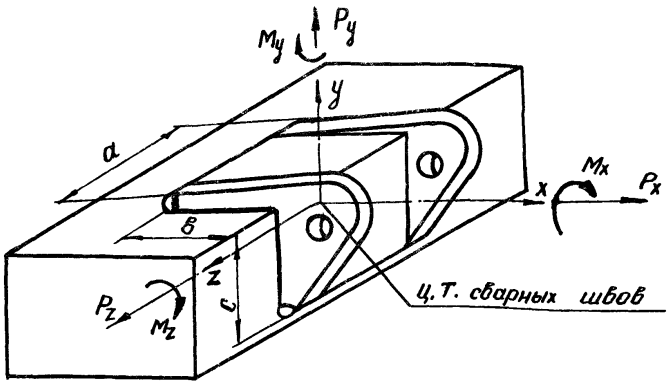
2.6.5. Соединение, работающее на сложный срез от одновременного действия сил и моментов, находящихся в плоскости соединения и в перпендикулярных к ней плоскостях, рассчитывается по формуле

$$\tau_{ш\Sigma} = \sqrt{\tau_ш^2 + \tau_ш'^2}, \qquad (2.37)$$

где $\tau_ш$ – напряжение, определяемое, как указано в п. 2.6.3, по одной из формул (2.28), (2.32), (2.33), (2.34), (2.35);

$\tau_ш'$ – напряжение, определяемое, как указано в п. 2.6.4, по формуле (2.36).

2.6.6. В случае произвольного пространственного расположения сварных швов проверка прочности производится по геометрической сумме напряжений в наиболее нагруженной точке шва, причем все напряжения в угловом или тавровом без разделки кромок шве, независимо от их направления, считаются срезающими.



Черт.2.2I

Например, для случая, изображенного на черт.2.2I, эпюры напряжений, а также их максимальные ординаты, от различных нагрузок приведены в табл.2.6.

Суммарное расчетное напряжение в таких случаях определяется по формуле

$$\tau_{\Sigma} = \sqrt{\left[\pm\tau_x^{(P_x)} \pm \tau_x^{(M_y)} \pm \tau_x^{(M_z)}\right]^2 + \left[\pm\tau_y^{(P_y)} \pm \tau_y^{(M_x)} \pm \tau_y^{(M_z)}\right]^2 + \tau_z^{(P_z)^2}}.$$

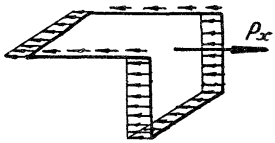
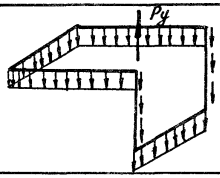
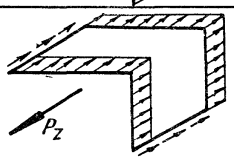
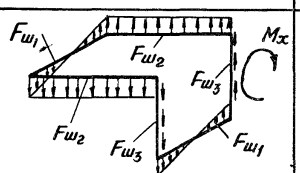
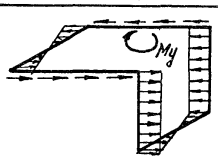
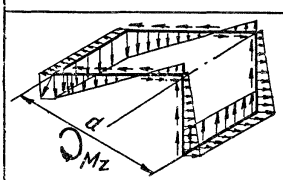
2.6.7. При расчете сварных соединений необходимо учитывать возможность разрушения по сечению, проходящему частично по сварке и частично по основному металлу. В таких случаях следует проверку прочности по формулам, изложенным выше, производить дважды:

- по сечению сварных швов;

- по сечению минимальной площади, включающему некоторую площадь сварных швов и некоторую площадь основного металла.

Таблица 2.6

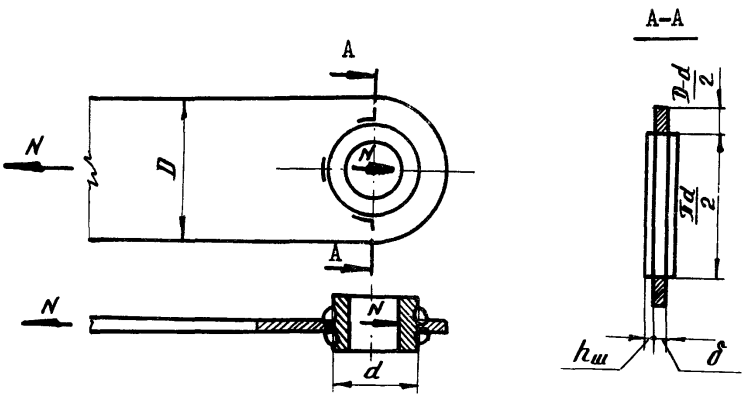
Эпюры напряжений в пространственном сварном шве

Вид эпюры	Максимальные напряжения
	$\tau_x^{(P_x)} = -\frac{P_x}{\sum F_{wi}} = -\frac{P_x}{2\cdot\beta\cdot h_w(a+b+c)}$
	$\tau_y^{(P_y)} = -\frac{P_y}{\sum F_{wi}} = -\frac{P_y}{2\cdot\beta\cdot h_w(a+b+c)}$
	$\tau_z^{(P_z)} = -\frac{P_z}{\sum F_{wi}} = -\frac{P_z}{2\cdot\beta\cdot h_w(a+b+c)}$
	$\tau_{y_{max}}^{(M_x)} = \pm\frac{M_x}{a\left(\frac{1}{3}F_{w_1}+F_{w_2}+F_{w_3}\right)} = \pm\frac{M_x}{\beta\cdot h_w\cdot a\left(\frac{a}{3}+b+c\right)}$
	$\tau_{x_{max}}^{(M_y)} = \pm\frac{M_y}{a\left(\frac{1}{3}F_{w_1}+F_{w_2}+F_{w_3}\right)} = \pm\frac{M_y}{\beta\cdot h_w\, a\left(\frac{a}{3}+b+c\right)}$
	$\tau_{x_{max}}^{(M_z)} = \pm\frac{M_z}{d\left(F_{w_1}+\frac{F_{w_2}+F_{w_3}}{3}\right)}\cdot\frac{c}{d} = \pm\frac{M_z}{\beta\cdot h_w\, d\left(a+\frac{b+c}{3}\right)}\cdot\frac{c}{d}$ $\tau_{y_{max}}^{(M_z)} = \pm\frac{M_z}{d\left(F_{w_1}+\frac{F_{w_2}+F_{w_3}}{3}\right)}\cdot\frac{b}{d} = \pm\frac{M_z}{\beta\cdot h_w\, d\left(a+\frac{b+c}{3}\right)}\cdot\frac{b}{d}$

В последнем случае входящая в расчетное сечение площадь сварных швов берется с соответствующим коэффициентом $K_{св}$, а площадь основного металла по её фактической величине.

Ниже приводятся некоторые частные случаи такой проверки:

а) расчет сварных швов приварки втулки (черт. 2.22) проводится по сечению А-А (помимо расчета на срез кольцевых сварных швов).

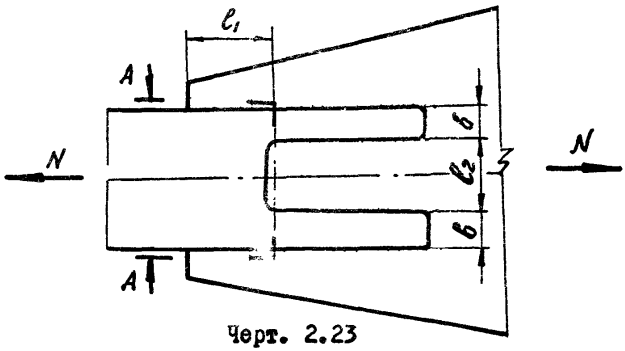


Черт. 2.22

Расчетная площадь в этом случае определяется по формуле

$$F = \beta \pi d h_ш \cdot K_{св} + \delta(D-d);$$

б) при расчете сварного соединения крепления листа с вырезом (черт. 2.23), кроме расчета на срез всех швов, необходимо проверить сечение А-А.



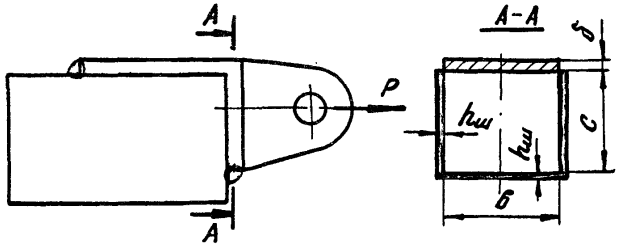
Черт. 2.23

Расчетная площадь в этом случае будет равна

$$F = K_{сб} \cdot \beta \cdot h_ш (2\ell_1 + \ell_2) + 2b\delta,$$

где δ - толщина приваренного листа;

в) в случае присоединения детали швами, находящимися не в одной плоскости, помимо проверки по сечению, проходящему через все швы, напряжения определяются в каждой из плоскостей расположения швов с включением основного металла (черт. 2.24)



Черт. 2.24

Расчетная площадь по сечению А-А равна

$$F = K_{сб}\, \beta\, h_ш\, (2c + b) + b\delta;$$

г) в случае сочетания тавровых и стыковых швов расчетная площадь определяется по формуле

$$F_ш = F^т K_{сб}^{т} + F^с K_{сб}^{с},$$

где $F^т$ и $K_{сб}^{т}$ – площадь и коэффициент прочности тавровых швов;

$F^с$ и $K_{сб}^{с}$ – площадь и коэффициент прочности стыковых швов.

2.7. Контактная точечная сварка

2.7.1. Расчет контактной точечной сварки*) сводится к расчету одной точки на срез или отрыв

$$P_т \leq [P_т], \qquad (2.38)$$

где $P_т$ – усилие, приходящееся на одну наиболее нагруженную точку и определяемое в п.2.7.6.

2.7.2. Нагрузки, допустимая на одну контактную точку при срезе, определяется по формуле

$$[P_т]_{ср} = \frac{m \cdot P_{ср} \cdot 6_т}{[n] \cdot 6_в} \qquad (2.39)$$

где $P_{ср}$ – разрушающая нагрузка на одну точку при статическом срезе в односрезном соединении;

$m=1$ – при односрезном соединении;

$m=1,7$ – при двухсрезном соединении.

Величина $P_{ср}$ для контактной точечной сварки дана в ОСТ 92-III4-7I и приведена в табл.I,2 и 3 приложения 4.

2.7.3. Для материала и толщин, не указанных в таблицах приложения 4, желательно определять $P_{ср}$ экспериментально или прочность контактной точки проверяется по формулам (2.I) и (2.2). При этом коэффициент прочности для контактного точечного соединения равен $K_{сб}$=0,5, а для электрозаклёпок определяется, как указано в п.2.3.2.

---

*)Указания настоящего подраздела распространяются также на соединения электрозаклёпками, выполненными электродуговой сваркой.

Напряжения среза в контактной точке определяются

$$\tau = \frac{4P_T}{\pi d^2}, \qquad (2.40)$$

где d – расчетный диаметр точки.

Расчетный диаметр принимается равным:

а) для электрозаклёпочных соединений, выполняемых с предварительным сверлением отверстий

$$d = 1{,}1\, d_0,$$

где d_0 – диаметр отверстия;

б) для электрозаклёпочных соединений, выполняемых с проплавлением соединяемых деталей без предварительного сверления отверстий и контактной точечной сварки расчетный диаметр указан в обозначении на чертеже.

Если диаметр точки больше, чем в три раза превышает размер толщины самого тонкого листа, то соединение необходимо проверить на вырывание точек из основного металла по формуле

$$\sigma = 0{,}4\,\frac{d}{\delta_{min}}\,\tau, \qquad (2.41)$$

где τ – напряжение среза, определяемое по формуле (2.40).

2.7.4. Допустимая нагрузка на одну контактную точку (электрозаклёпку) при отрыве определяется по формуле (2.39), но вместо $P_{ср}$ берется $P_{от}$ из табл.4. приложения 4.

2.7.5. Для материалов и толщин, неуказанных в таблице приложения 4, прочность точек на отрыв проверяется по формулам (2.I) и (2.2). При этом коэффициент прочности точечного соединения равен $K_{св} = 0{,}4$.

Напряжения в этом случае определяются по формулам:

а) на отрыв по сечению в плоскости соприкосновения деталей

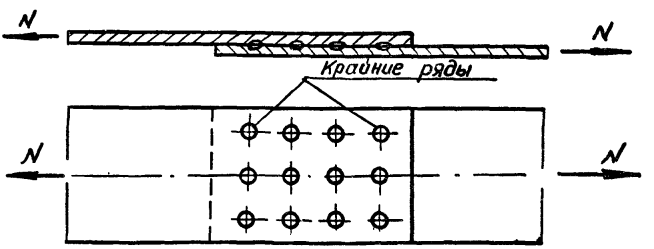
$$\sigma = \frac{4P_T}{\mathcal{F} d^2}; \qquad (2.42)$$

б) на вырывание из основного металла ядра точки по периметру

$$\tau = \frac{P_T}{\mathcal{F} \cdot d \cdot \delta_{min}}. \qquad (2.43)$$

2.7.6. Определение усилия, приходящегося на наиболее нагруженную контактную точку, производится следующим образом:

а) если точки расположены рядами, перпендикулярными и симметричными по отношению к линии действия силы (черт.2.25), то более нагруженным оказываются крайние ряды, а в каждом ряду нагрузка между точками распределяется равномерно.



Черт.2.25

В этом случае нагрузка на наиболее нагруженную точку определяется по формуле

$$P_T = \frac{\gamma P}{m}, \qquad (2.44)$$

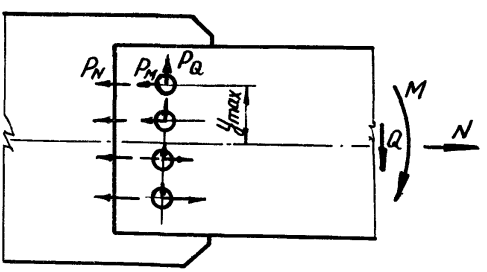
где m - число точек в одном ряду;

γ - коэффициент распределения нагрузки между рядами, приведенный в табл. 2.7;

Таблица 2.7.

Число рядов в соединении	I	2	3	4	5 и более
γ	I,00	0,50	0,38	0,33	0,30

б) в однорядном точечном соединении, нагруженном продольной силой "N", поперечной силой "Q" и моментом "M" (черт.2.26) нагрузка, приходящаяся на наиболее нагруженную



Черт.2.26

(крайнюю) точку, определяется по формуле

$$P_T = \sqrt{P_Q^2 + (P_M + P_N)^2}, \qquad (2.45)$$

где $P_Q = \gamma Q$, (2.46)

γ - коэффициент распределения, определяемый по табл.2.7, полагая число рядов в соединении равным числу точек;

$$P_M = \frac{M \cdot y_{max}}{\Sigma y^2}, \qquad (2.47)$$

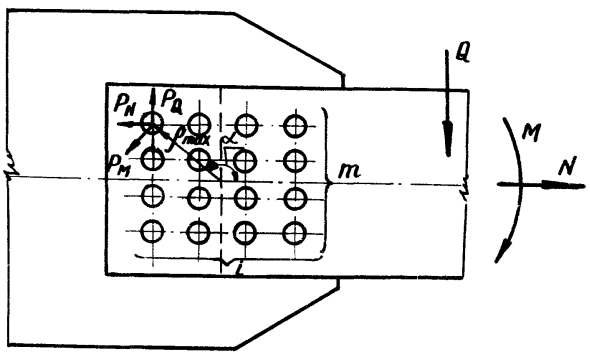
y_{max} - расстояние от наиболее удаленной точки до середины ряда (центра тяжести общей площади точек при неодинаковых расстояниях между точками);

y - расстояние от точки до середины ряда (суммирование распространяется на все точки);

$$P_N = \frac{N}{m} ; \qquad (2.48)$$

m - число точек в ряду;

в) в многорядном точечном соединении, нагруженном продольной силой N , поперечной силой Q и моментом M (черт.2.27),



Черт. 2.27

нагрузка, приходящаяся на наиболее нагруженную (крайнюю) точку, определяется по формуле

$$P_T = \sqrt{(P_Q + P_M \cdot \cos\alpha)^2 + (P_N + P_M \cdot \sin\alpha)^2}, \qquad (2.49)$$

где α - угол между направлением силы и радиусом-вектором

$$P_Q = \gamma_1 \cdot \frac{Q}{i} ; \qquad (2.50)$$

$$P_N = \gamma_2 \cdot \frac{N}{m} ; \qquad (2.51)$$

$$P_M = \frac{M \cdot P_{max}}{\Sigma \rho^2}, \qquad (2.52)$$

i - число рядов, параллельных поперечной силе Q;

m - число рядов, параллельных продольной силе N;

γ_1 - коэффициент распределения., определяемый по табл.2.7 при числе m рядов в соединении;

γ_2 - коэффициент распределения, определяемый по табл.2.7 при числе i рядов в соединении;

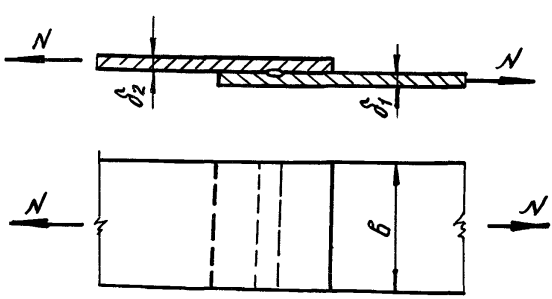
ρ - радиус-вектор, проведенный из общего центра тяжести всех точек до любой точки;

ρ_{max} - наибольшее значение величины ρ ;

г) в продольных швах составных стержней, выполненных точечными соединениями, нагрузка, приходящаяся на одну контактную точку, определяется так же, как и в заклепочном соединении (подраздел 3.4).

2.8. Контактная роликовая сварка

2.8.I. Расчет на прочность контактного роликового шва (черт.2.28) производится по сечению свариваемого листа, имеющего меньшую толщину, с учетом снижения прочности в околошовной зоне.



Черт.2.28

Расчетная формула имеет следующий вид

$$\frac{K_{св}^2 \cdot \sigma_т}{\sigma} \geq [n], \qquad (2.53)$$

где $\sigma = \frac{N}{b \cdot \delta_{min}}$,

δ_{min} – толщина более тонкого из свариваемых листов;

$K_{св}^{р}$ – коэффициент прочности при статическом срезе соединений, выполненных контактной роликовой сваркой, величина приведена в табл.2.8.

Таблица 2.8

Коэффициент прочности при статическом срезе соединений, выполненных контактной роликовой сваркой

Материал		$K_{св}^{р}$
Малоуглеродистые, низколегированные, нержавеющие и жаропрочные стали и титановые сплавы		0,85
Легированные конструкционные стали		0,60
Алюминиевые сплавы, не упрочняемые термообработкой	АМцА-М, АМгА-М, АМг3А-М	0,90
	АМцА-П, АМг6, АМг5В	0,70
Алюминиевые сплавы, упрочняемые термообработкой		0,50

3. ЗАКЛЕПОЧНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

3.1. Общие положения

3.1.1. Заклепочные соединения являются достаточно распространенным способом крепления элементов металлических конструкций, обеспечивающим надежную работу соединений как при статических, так и динамических воздействиях. С точки зрения трудоемкости и расхода металла они уступают сварным соединениям, однако находят широкое применение в тяжелых конструкциях с многолистовыми пакетами при действии динамической или вибрационной нагрузки и могут использоваться в конструкциях из разупрочняющихся при сварке сталей и алюминиевых сплавов.

Как правило, заклепочные соединения применяются:

- в конструкциях из несвариваемых материалов;

- в случаях, когда недопустимо коробление и невозможна или нецелесообразна правка конструкции после сварки;

- в конструкциях, собираемых из термически обработанных элементов, если для них недопустимо термическое воздействие сварки.

3.1.2. Проектирование заклепочных соединений, как и других соединений (например, болтовых), является одной из наиболее ответственных задач конструктора, так как большинство разрушений конструкций происходит именно в местах соединений.

Главная задача при проектировании заклепочных соединений заключается в том, чтобы как можно больше сохранить основную прочность соединяемых элементов металлоконструкций.

Материал заклепок должен обладать повышенными пластическими свойствами, так как он испытывает большие пластические деформации при изготовлении соединения.

3.I.3. Заклепочные соединения делятся на различные типы следующим образом:

а) по материалу заклепок соединения бывают со стальными заклепками и с заклепками из алюминиевых сплавов;

б) по форме головок заклепок различают соединения на заклепках с выступающими (полукруглыми или плоскими) головками и на заклепках с потайными или полупотайными головками. Очертания и размеры головок определены ГОСТ I0299-68 — ГОСТ I0303-68;

в) по способу изготовления отверстий под заклепки соединения могут быть двух типов: В и С. К типу В относится соединение с отверстиями, полученными сверлением в сборе или продавливанием (сверлением) в отдельных деталях с последующим сверлением в сборе до проектного диаметра, или сверлением в отдельных деталях по кондуктору. К типу С относится соединение с отверстиями, полученными продавливанием или сверлением на проектный диаметр в отдельных деталях без кондуктора. Применение продавленных отверстий в конструкциях из алюминиевых сплавов и легированных сталей для заклепочных соединений не допускается;

г) по назначению в конструкции соединения бывают:

- прочные - передающие расчетные усилия;

- плотные - обеспечивающие герметичность сопряжения;

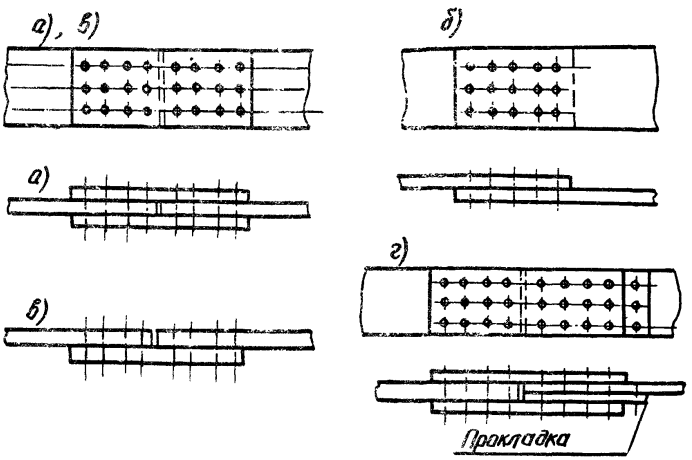
- прочно-плотные - передающие усилия при одновременном обеспечении герметичности;

- связующие - соединяющие несколько элементов конструкции без передачи расчетных усилий;

д) по способу сопряжения соединяемых элементов различают три типа соединений:

- в стык с двухсторонними накладками (черт.3.I,а);

- внахлестку (черт.3.I,б);
- в стык с односторонней накладкой (черт.3.I,в).



Черт.3.I

3.2. Рекомендации по конструированию

3.2.I. При конструировании заклепочного соединения следует стремиться к наилучшей передаче усилия с одного элемента металлоконструкции на другой кратчайшим путем при одновременном обеспечении удобства выполнения соединения. Для экономии материала накладок в стыках и узлах прикреплений расстояние между заклепками должно быть минимальным. В слабо работающих соединениях (типа связующих) для уменьшения количества заклепок расстояние между ними должно быть максимальным.

3.2.2. В отношении материала следует иметь в виду, что, как правило, стальные заклепки применяются в стальных конструкциях, а заклепки из алюминиевых сплавов - в конструкциях из алюминиевых сплавов. В пакетах с сочетанием деталей из легких сплавов и стали следует применять алюминиевые заклепки; для предотвращения электролитической коррозии в местах контакта алюминиевых сплавов со сталью применяются антикоррозийные покрытия деталей с разделением соприкасающихся поверхностей изолирующими прокладками (например, из полиизобутилена, тиоколовой ленты или ткани, пропитанной грунтовкой КФ-030 по МРТУ6-10-698-67). Применение в этих случаях грунтовок и красок с содержанием свинца не допускается.

Заклепочные соединения не рекомендуется применять в конструкциях из сталей высокой прочности, так как присущие этим соединениям отверстия не дают возможности использовать полностью прочность сталей.

Наиболее характерные материалы заклепок, их механические характеристики и применение приведены в приложении 5.

3.2.3. По форме головок основным типом заклепок являются заклепки с выступающей головкой. Заклепки с потайной или полупотайной головкой применяются в тех случаях, когда недопустимо наличие выступающих головок.

В отдельных случаях допускается применение стальных заклепок с повышенной головкой и коническим стержнем, позволяющих склепывать при том же диаметре более толстые пакеты.

3.2.4. Заклепочные соединения типа С (см.п.3.1.3,в) являются менее прочными, чем соединения типа В, и в ответственных соединениях не допускаются.

Из способов сопряжения наиболее благоприятным для работы соединения является сопряжение в стык с двухсторонними накладками. Из односторонних соединений более выгодным по трудоемкости и расходу металла является соединение внахлестку, которое по прочности равноценно соединению с односторонней накладкой. С целью выравнивания поверхности между соединяемыми элементами могут ставиться нерабочие прокладки (см.черт.3.I,г).

3.2.5. Диаметр заклепок выбирается исходя из следующих условий:

а) количество различных диаметров заклепок в агрегате должно быть минимальным. В пределах одного конструктивного элемента заклепки должны быть, как правило, одного диаметра;

б) диаметр стальной заклепки должен составлять не менее 20% от толщины склеиваемого пакета; диаметр алюминиевой заклепки должен составлять от толщины пакета не менее 30% при ударной клепке и не менее 22% при прессовой клепке. При применении стальных заклепок с повышенной головкой диаметр их может составлять не менее I4% толщины склеиваемого пакета;

в) диаметр алюминиевых заклепок должен быть не больше пяти толщин наиболее тонкого из соединяемых элементов и не меньше толщины наиболее толстого элемента;

г) диаметр потайных заклепок следует выбирать так, чтобы высота головки была меньше толщины элемента, к которому она примыкает;

д) диаметр заклепок, работающих на отрыв головок, должен быть не больше двух толщин более тонкого из наружных элементов при выступающих головках и не более I,4 толщины элемента, примыкающего к потайной или полупотайной головке;

е) диаметр заклепки должен быть не более 33% свободной ширины прикрепляемого элемента (например, внутренней ширины полки уголка, швеллера и т.п.).

3.2.6. При размещении заклепок необходимо соблюдать следующие правила:

а) заклепки следует располагать так, чтобы:

- соединение было удобно для монтажа;

- ослабление соединяемых элементов было наименьшим;

- размеры переходных соединительных деталей (накладок, косынок и т.п.) были наименьшими;

- в соединениях, работающих на растяжение или сжатие, их размещение было симметрично относительно оси прикрепляемого элемента.

Размещение заклепок в соединениях желательно унифицировать по зонам конструкции с кратным изменением расстояний между заклепками в разных зонах;

б) в прочных и прочно-плотных соединениях расстояния между центрами заклепок и от центра заклепки до края прикрепляемого элемента не должны выходить за пределы минимальных и максимальных величин, указанных в табл.3.1.

На фасонном металле (уголки, швеллеры, двутавры) заклепки следует располагать, кроме того, в соответствии с типовыми рисками, приведенными в приложении 6;

в) в связующих соединениях расстояния между центрами заклепок и от центра заклепки до края элемента принимаются близкими к максимальным величинам, указанным в табл.3.1.

Таблица 3.I

Предельные расстояния при размещении заклепок в прочных и прочно-плотных соединениях

Наименование расстояния		Величина расстояния в конструкциях	
		стальных	из алюмин. сплавов
Минимальное расстояние между центрами заклепок в любом направлении		$3d$	$3d$
Максимальное расстояние между центрами заклепок в крайних рядах при отсутствии окаймляющих уголков при растяжении и сжатии		$8d$ или 12δ	$5d$ или 10δ
Максимальное расстояние между центрами заклепок в средних рядах и в крайних рядах при наличии окаймляющих уголков	при растяжении	$16d$ или 24δ	$12d$ или 20δ
	при сжатии	$12d$ или 18δ	$10d$ или 14δ
Минимальное расстояние от центра заклепки до края элемента вдоль усилия		$2d$	$2,5d$
Минимальное расстояние от центра заклепки до края элемента поперек усилия	при обрезных кромках	$1,5d$	$2,5d$
	при прокатных или прессованных кромках	$1,2d$	$2,0d$
Максимальное расстояние от центра заклепки до края элемента в любом направлении		$4d$ или 8δ	6δ

Примечание: d – диаметр отверстия для заклепки;

δ – меньшая толщина наружного элемента

3.3. Расчет на прочность

3.3.I. Расчет на прочность заклепочного соединения сводится к проверке прочности одной заклепки или к определению необходимого количества заклепок.

Прочность одной заклепки проверяется по формуле

$$P_з \leq [P_з], \qquad (3.I)$$

где $P_з$ - усилие, приходящееся на одну наиболее нагруженную заклепку от действующей внешней нагрузки;

$[P_з]$ - усилие, допустимое на одну заклепку.

Порядок определения усилия, приходящегося на наиболее нагруженную заклепку, приведен в последующих подразделах.

3.3.2. Усилие $[P_з]$, допускаемое на одну заклепку, нагруженную сдвигающей силой, равно меньшей из двух величин, определяемых по формулам:

а) из условия среза

$$[P_з^{ср}] = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot m'_{ср} \cdot \frac{\tau_т}{[n]}; \qquad (3.2)$$

б) из условия смятия

$$[P_з^{см}] = d \cdot \delta_{см} \cdot \frac{1{,}75 \cdot \sigma_т}{[n]}. \qquad (3.3)$$

В формулах (3.2) и (3.3):

d - диаметр отверстия под заклепку, принимаемый в зависимости от диаметра стержня непоставленной заклепки ($d_з$) равным:

при $d_з \leq 6$ мм $\quad d = d_з + 0{,}2$ мм;

при 6 мм $< d_з \leq$ I2 мм $\quad d = d_з + 0{,}5$ мм;

при I2мм $< d_з \leq$ 24мм $\quad d = d_з + 1{,}0$ мм;

при $d_з >$ 24 мм $\quad d = d_з + 1{,}5$ мм;

$m'_{ср}$ - число плоскостей среза заклепки;

$\delta_{см}$ - наименьшая суммарная толщина сопрягаемых элементов, работающих на смятие в одном направлении;

$\tau_т$ - условный предел текучести материала заклепки при срезе, принимаемый по приложению 5, для материалов, не указанных в приложении следует пользоваться соотношением $\tau_т \approx 0,6\,\sigma_т$;

$\sigma_т$ - предел текучести материала; в формуле (3.3) берется меньшая из величин для материалов заклепки и основной конструкции;

$[n]$ - допустимый запас прочности, установленный для основной конструкции.

Если соединение по способу изготовления отверстий под заклепки относится к типу С (см.п.3.I.3,в), то значения допускаемых усилий на одну заклепку, полученные по формулам (3.2) и (3.3), следует уменьшить на I0%.

Для заклепок с потайными или полупотайными головками в формулы (3.2) и (3.3) вводится понижающий коэффициент 0,8. При несоблюдении условия, изложенного в п.3.2.5,г, заклепка считается нерабочей.

3.3.3. Усилие, допускаемое на одну заклепку, работающую на отрыв головки, определяется по формуле

$$[P_з^{отр}] = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{a \cdot \sigma_т}{[n]}, \qquad (3.4)$$

где $a = 0,6$ - для заклепок с полукруглыми или плоскими головками;

$a = 0,I5$ - для заклепок с потайными или полупотайными головками;

$\sigma_т$ - предел текучести материала заклепки.

При несоблюдении условий, изложенных в п.3.2.5,д, в формулу (3.4) подставляется условная величина диаметра, удовлетворяющая указанным условиям.

3.3.4. При определении количества заклепок для размещения в соединении необходимо руководствоваться следующими указаниями:

а) в прочных и плотно-прочных соединениях минимальное количество заклепок определяется расчетом на прочность, исходя из допустимых усилий на одну заклепку (см.п.п.3.3.2 и 3.3.3). При этом распределение усилий между заклепками при осевом действии продольной силы принимается равномерным. Другие виды нагружения рассмотрены в последующих подразделах;

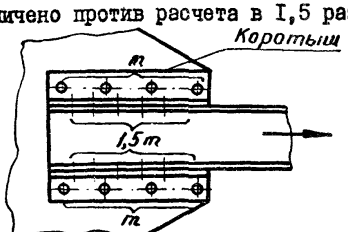
б) заклепки, работающие одновременно на срез и растяжение, проверяются отдельно на срез и на растяжение;

в) количество заклепок, прикрепляющих стержень или расположенных по одну сторону стыка, должно быть не менее двух, за исключением случая прикрепления элементов соединительной решетки составных стержней, когда разрешается прикрепление одной заклепкой;

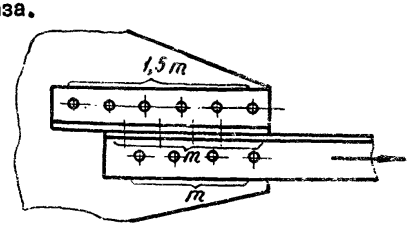
г) при одностороннем соединении (внахлестку или в стык с односторонней накладкой) листовых деталей количество рабочих заклепок увеличивается против расчетного на 10%;

д) при креплении одного элемента к другому через прокладки (см,например, черт.3.1,г) или другие промежуточные элементы количество рабочих заклепок должно быть увеличено против расчета на 10%;

е) при прикреплении выступающих полок уголков,швеллеров и других профилей с помощью коротышей (черт.3.2 и 3.3) количество заклепок, прикрепляющих одну из полок коротыша, должно быть увеличено против расчета в 1,5 раза.



Черт.3.2



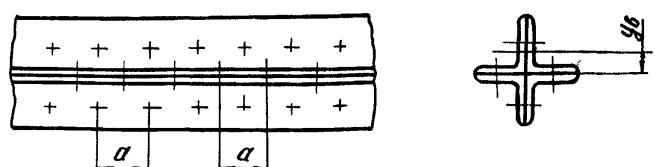
Черт.3.3

3.4. Расчет соединений ветвей составных стержневых элементов

3.4.I. Если составные стержни (состоящие из нескольких ветвей, соединенных заклепками) являются нерабочими или работающими на растяжение или на свободное кручение (в случае стержня открытого сечения), то заклепки, скрепляющие ветви между собой, считаются связующими и размещаются в соответствии с указаниями п.3.2.6в

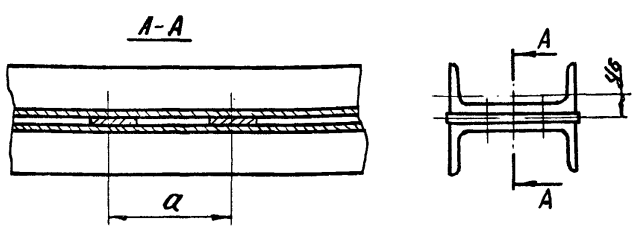
3.4.2. Для составных стержней, работающих на сжатие, расчет заклепочного соединения, в зависимости от способа соединения ветвей, производится следующим образом:

а) при соединении ветвей между собой вплотную или через прокладки (черт.3.4 и 3.5)



$y_в$ -координата центра тяжести ветви.

Черт. 3.4



Черт.3.5

Прочность проверяется по формуле (3.I); при этом усилие, приходящееся на одну заклепку, определяется по формуле

$$P_з = \frac{T_{пр}}{m}, \qquad (3.5)$$

где $T_{пр}$ - сдвигающая сила, которая действует на одну прокладку или на один поперечный ряд заклепок от условной поперечной силы(см. п.2.4.6);

m - количество заклепок на одной прокладке (в одном поперечном ряду);

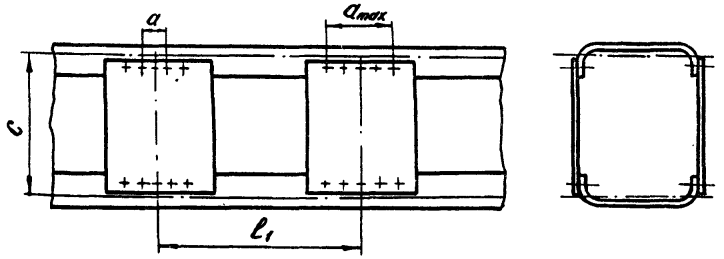
б)' при соединении ветвей между собой решетками прочность прикрепления раскоса проверяется по формуле (3.I); при этом сдвигающее усилие, приходящееся на одну заклепку, определяется по формуле

$$P_з = \frac{N_р}{m}, \qquad (3.6)$$

где $N_р$ - усилие в раскосе от условной поперечной силы(см. п.2.4.6

m - количество заклепок, прикрепляющих каждый конец раскоса;

в) при соединении ветвей между собой планками (черт.3.6)



Черт.3.6

Прочность проверяется по формуле (3.I), а сдвигающее усилие приходящееся на наиболее нагруженную заклепку, прикрепляющую планку, определяется по формуле

$$P_3 = \sqrt{\left(\frac{T_{пл}}{m}\right)^2 + \left(\frac{M_{пл} \cdot a_{max}}{\Sigma a^2}\right)^2}, \qquad (3.7)$$

где $T_{пл}$ и $M_{пл}$ - сдвигающая сила и изгибающий момент в планке от условной поперечной силы (см. п.2.4.6);

m - количество заклепок, прикрепляющих одну сторону планки;

a - расстояние между заклепками, расположенными симметрично относительно середины планки;

a_{max} - расстояние между крайними заклепками планки.

3.4.3. В составных балках, работающих на простой изгиб, при рассмотрении работы поясных заклепок различают следующие случаи:

а) на заклепки через пояс не передаются сосредоточенные силы. Этот случай возможен при наличии ребер жесткости, плотно подогнанных к поясным уголкам, в местах приложения сосредоточенных сил, прижимающих пояс к стенке. В этом случае шаг поясных заклепок (черт.3.7) должен удовлетворять условию

$$t \leq \frac{[P_3] \cdot m_p}{T}, \qquad (3.8)$$

где T - погонное сдвигающее усилие на уровне заклепок, определяемое по формуле

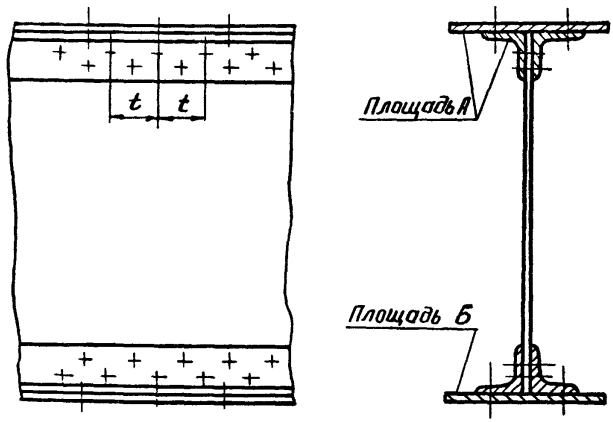
$$T = \frac{Q \cdot S_n}{J_x}; \qquad (3.9)$$

Q - поперечная сила;

S_n - статический момент площади прикрепляемых элементов пояса относительно нейтральной оси балки;

J_x - момент инерции сечения балки;

m_p - количество продольных рядов заклепок.



Площадь А - площадь для расчета заклепок, прикрепляющих уголки к стенке.

Площадь Б - площадь для расчета заклепок, прикрепляющих поясной лист к уголкам.

Черт.3.7

По виду эпюры поперечных сил балка может быть разбита по длине на зоны, в пределах которых шаг поясных заклепок принимается постоянным по условию (3.8);

б) на заклепки передается приложенная к поясу срезающая сосредоточенная сила. Этот случай имеет место при наличии подвижных сосредоточенных нагрузок, перемещающихся по поясу, при приложении сосредоточенных сил к поясу так, что они отрывают элементы пояса от стенки, или при отсутствии плотно подогнанных к поясу ребер жесткости в местах приложения сосредоточенных сил, прижимающих пояс к стенке.

Шаг поясных заклепок в этом случае (черт.3.8) должен удовлетворять условию

$$t \leq \frac{[P_з] \cdot m_\rho}{\sqrt{T^2 + \left(\frac{\alpha}{z} \cdot K_1 \cdot \rho\right)^2}}, \qquad (3.10)$$

где $\alpha = 0,4$ - в случае пристрожки листа стенки к поясному листу и действии сосредоточенной силы, прижимающей пояс к стенке;

$\alpha = 1,0$ - при отсутствии пристрожки или при отрывающем действии сосредоточенной силы;

P - сосредоточенная сила;

$K_1 = 1,2$ - для ходовых колес при тяжелом режиме работы;

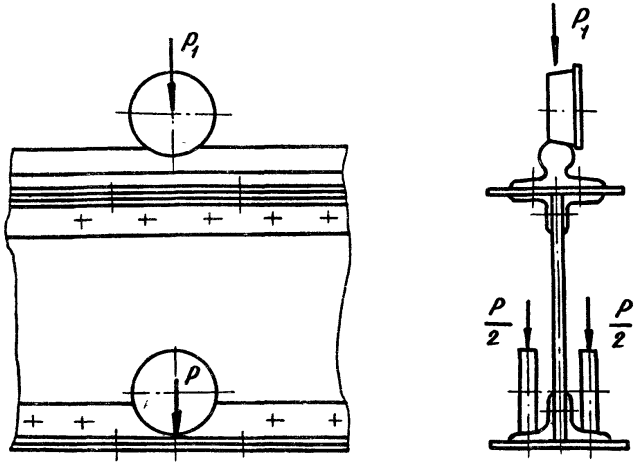
$K_1 = 1,0$ - для остальных случаев;

Z - расчетная длина распределения сосредоточенной силы на стенку, определяемая по формуле

$$Z = 3,75\sqrt[3]{\frac{J_n}{\delta_{ст}}}, \qquad (3.11)$$

где J_n - момент инерции сечения пояса;

$\delta_{ст}$ - толщина стенки;



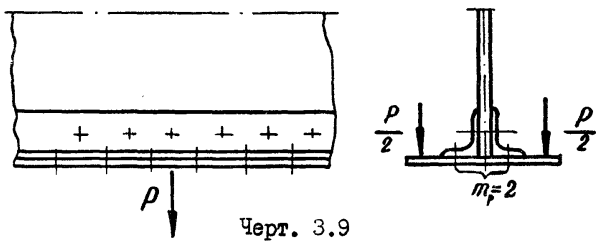
Черт.3.8

в) на заклепки передается отрывающая сосредоточенная сила, приложенная к поясу. В этом случае (черт.3.9) шаг заклепок должен удовлетворять двум условиям:

- условию прочности на срез согласно формуле (3.8);

-условию прочности на отрыв головок по формуле

$$t \leq \frac{[\rho_з] \cdot m_r z}{K_1 \cdot \rho}. \qquad (3.12)$$



Черт. 3.9

Если передача сосредоточенной подвижной нагрузки осуществляется через рельс, то совместная работа рельса и пояса будет обеспечена в том случае, если они скреплены заклепками с шагом, удовлетворяющим условию (3.8), причем в формуле (3.9) под S_n следует понимать статический момент площади сечения рельса, а J_x следует брать с учетом рельса.

Если сосредоточенная сила не является подвижной, то шаг заклепок, определенный по формуле (3.10) или по формуле (3.12), должен быть принят в зоне действия этой силы; длина зоны должна быть не менее $2z$. На остальных участках балки шаг можно назначать, пользуясь условием (3.8).

Во всех случаях шаг поясных заклепок должен удовлетворять условиям:

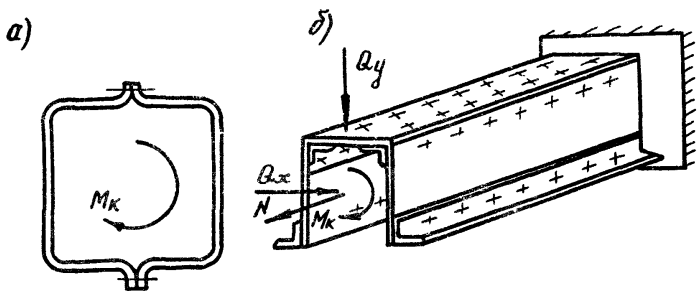
а) в стальных конструкциях - $t \leq 12d$;

б) в конструкциях из алюминиевых сплавов - $t \leq 10d$.

3.4.4. В стержнях замкнутого составного сечения, работающих на кручение (черт.3.10,а), а также в составных стержнях, работающих на сложное сопротивление - косой изгиб, изгиб с кручением или на произвольную систему сил (черт.3.10,б), максимальный шаг заклепок в соединении между ветвями стержня определяется:

- из условия (3.8) при отсутствии сосредоточенной силы, нагружающей заклепки;

- из условия (3.10) или условия (3.12) при наличии сосредоточенной силы, нагружающей заклепки.



Черт.3.10

Величина T в этих случаях определяется по следующим формулам:

а) для составных стержней замкнутого сечения, работающих на кручение,

$$T = \frac{M_k}{\Omega}, \qquad (3.13)$$

где Ω - удвоенная площадь, ограниченная средним контуром сечения;

б) для составных стержней, работающих на сложное сопротивление,

$$T = q \cdot \delta, \qquad (3.14)$$

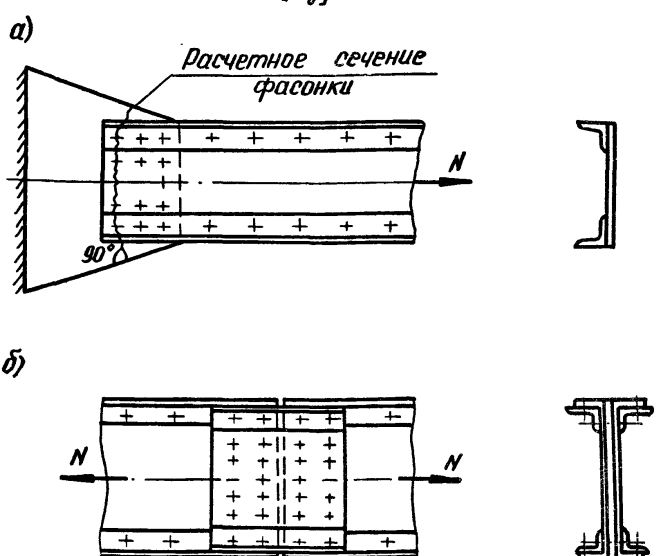
где τ - касательное напряжение на уровне заклепочного соединения вычисляемое как в монолитном стержне без учета в открытых сечениях касательных напряжений свободного кручения (см.ОСТ92-8581-74,раздел 7);

δ - толщина стенки сечения в месте определения τ .

3.5.Расчет соединений в узловых прикреплениях и стыках стержневых элементов

3.5.I. Для элементов, нагруженных только осевой нагрузкой (черт.3.II), количество заклепок в узловом прикреплении или с каждой стороны стыка определяется из условия

$$m \geq \frac{N}{[P_3]} . \qquad (3.15)$$



а - узловое прикрепление; б - стык.

Черт.3.II

В конструкциях, в которых элементы работают с запасами, близкими к минимально допустимому, количество заклепок целесообразно определять из условия равнопрочности заклепочного соединения и прикрепляемого стержневого элемента по формулам:

$$\left.\begin{aligned} m &\geq 0{,}57 \cdot \frac{F_{нт}}{d \cdot \delta_{см}}; \\ m_{ср} &\geq 2{,}1 \cdot \frac{F_{нт}}{d^2}, \end{aligned}\right\} \qquad (3.16)$$

где m – расчетное количество заклепок;

$m_{ср}$ – суммарное количество срезов заклепок;

$F_{нт}$ – площадь сечения прикрепляемого стержня или стыкуемого элемента с учетом ослаблений;

$\delta_{см}$ – толщина смятия заклепки (см.п.3.3.2).

Прочность стыковых накладок или узловых фасонок в ослабленном сечении должна быть не менее прочности стыкуемого (прикрепляемого) стержневого элемента. Прочность фасонки проверяется по крайнему ряду заклепочных отверстий (см.черт.3.11,*а*).

3.5.2. В стержневых элементах, нагруженных изгибающим моментом M, поперечной силой Q и продольной силой N, лежащими в одной плоскости (в плоскости черт.3.12), прочность заклепочного соединения проверяется по формуле (3.1) в соответствии с указаниями подраздела 3.3.

В этом случае усилие, приходящееся на наиболее нагруженную заклепку, определяется по формуле

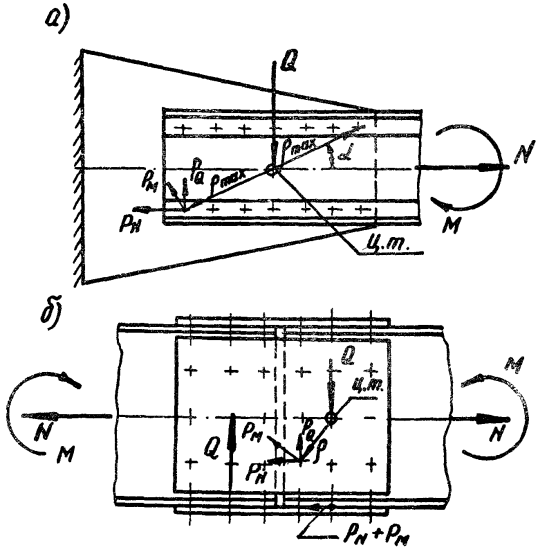
$$P_э = \sqrt{\left(P_Q + P_M \cdot \cos\alpha\right)^2 + \left(P_N + P_M \cdot \sin\alpha\right)^2}; \qquad (3.17)$$

где

$$P_N = \frac{N}{m}; \qquad (3.18)$$

$$P_Q = \frac{Q}{m'}; \qquad (3.19)$$

$$P_M = \frac{M \cdot \rho_{max}}{\Sigma \rho^2}; \qquad (3.20)$$



а - узловое прикрепление; б - стык.

Черт.3.12

m - общее количество заклепок в узловом прикреплении или с одной стороны стыка;

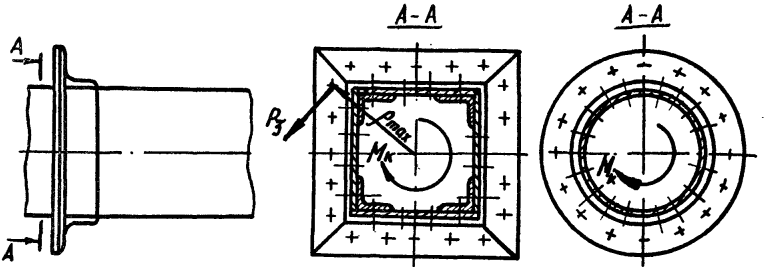
m' - количество заклепок в узловом прикреплении или с одной стороны стыка, размещенных в листах, параллельных плоскости действия нагрузок;

ρ - расстояние от заклепки до общего центра тяжести суммы площадей среза всех заклепок, прикрепляющих стержневой элемент или расположенных по одну сторону стыка;

ρ_{max} - расстояние от того же центра тяжести до рассматриваемой наиболее нагруженной заклепки;

α - угол между направлением силы N и направлением ρ_{max}.

3.5.3. Фланцевые прикрепления элементов, нагруженных крутящим моментом $M_к$ (черт.3.I3), проверяются на прочность по формуле (3.I) в соответствии с указаниями подраздела 3.3.



Черт.3.I3

Усилие, приходящееся на наиболее нагруженную заклепку в этом случае, определяется по формуле

$$P_з = \frac{M_к \cdot P_{max}}{\Sigma P^2} . \qquad (3.2I)$$

3.5.4. При работе стержневого элемента одновременно на изгиб, кручение и осевую нагрузку заклепочное прикрепление рассчитывается по формуле (3.I) в соответствии с указаниями подраздела 3.3, причем усилие, приходящееся на наиболее нагруженную заклепку, определяется путем геометрического суммирования по формуле

$$\bar{P}_з = \bar{P}_{Mx} + \bar{P}_{My} + \bar{P}_{Qx} + \bar{P}_{Qy} + \bar{P}_N + \bar{P}_к , \qquad (3.22)$$

где P_{Mx} и P_{My} - усилия на заклепку от действия изгибающих моментов в плоскостях соответственно xZ и yZ, определяемые по формуле (3.20);

P_{Qx} и P_{Qy} - усилия на заклепку от поперечных сил соответственно Q_x и Q_y, определяемые по формуле (3.I9);

P_N - усилие на заклепку от продольной силы N, определяемое по формуле (3.I8);

P_K - усилие на заклепку от крутящего момента, определяемое по формуле (3.2I).

3.6. Расчет заклепочных прикреплений ребер жесткости и диафрагм в стержневых элементах

3.6.I. Поперечные ребра жесткости или диафрагмы, на которые не передаются сосредоточенные нагрузки, прикрепляются заклепками с шагом, удовлетворяющим условиям:

$$\left.\begin{aligned} t &\leq (6\text{-}I2)\,d \\ t &\leq (I0\text{-}I2)\,\delta \end{aligned}\right\} \qquad (3.23)$$

Количество заклепок, необходимое для прикрепления поперечного ребра, на которое передается сосредоточенная сила P, определяется по формуле

$$m = \frac{P}{[P_3]}\,. \qquad (3.24)$$

Диафрагма, на которую передается сосредоточенная сила, должна прикрепляться к стенкам, параллельным силе, количеством заклепок, определяемым по формуле (3.24), а к остальным стенкам - согласно условию (3.23). Если на диафрагму действует сосредоточенный крутящий момент, то заклепки прикрепления ее к замкнутому контуру сечения стержня должны удовлетворять, кроме условий (3.23), следующему условию:

$$P_3 = \frac{M_K}{\Omega}\cdot t \leq [P_3]. \qquad (3.25)$$

где t - шаг заклепок вдоль контура сечения.

Если через диафрагму одновременно передаются сосредоточенная сила и сосредоточенный крутящий момент, то заклепочное соединение со стенками, параллельными силе, должно удовлетворять условию

$$\rho_з = \frac{P}{m'} + \frac{M_к}{\Omega} \cdot t \leq [\rho_з], \qquad (3.26)$$

где m' - количество заклепок на стенках, параллельных силе.

На остальных стенках должны удовлетворяться условия (3.23) и (3.25).

3.6.2. Заклепочное прикрепление продольных ребер жесткости балок, работающих на изгиб, должно удовлетворять условию (3.23), а также условию

$$\rho_з = \frac{Q \cdot S_р}{J} \cdot t \leq [\rho_з], \qquad (3.27)$$

где $S_р$ - статический момент площади сечения продольного ребра относительно нейтральной оси.

3.7. Расчет заклепочных соединений в листовых конструкциях

3.7.I. В прочных соединениях шаг заклепок в ряду (черт.3.I4) должен удовлетворять условию

$$t \leq \frac{m_р \cdot [\rho_з]}{q}, \qquad (3.28)$$

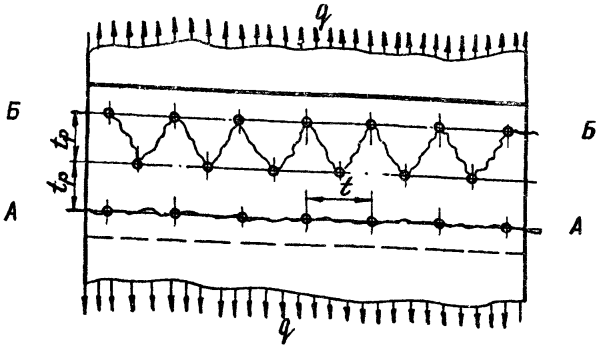
где $m_р$ - число рядов заклепок;

q - погонная нагрузка на I см длины листа.

Прочность листа проверяется в сечении А-А, проходящем через крайний ряд заклепок. Если расстояние между рядами при шахматном расположении заклепок не удовлетворяет условию

$$t_р > 0{,}8\sqrt{t \cdot d}, \qquad (3.29)$$

то прочность листа проверяется дополнительно по зигзагообразному сечению Б–Б (см.черт.3.I4).



Черт.3.I4

В конструкциях, в которых листовые элементы работают с запасами, близкими к минимально допустимым, шаг и количество рядов заклепок целесообразно определять из условия равнопрочности листа и заклепочного соединения по формуле

$$t = \frac{[P_3] \cdot m_p \cdot [n]}{\delta \cdot \sigma_T} + d, \qquad (3.30)$$

где σ_T – предел текучести материала листов.

Шаг заклепок t не должен выходить за пределы, указанные в табл.3.2.

3.7.2. В прочно-плотном соединении шаг и количество рядов заклепок определяется из двух условий:

а) из условия прочности по формуле (3.28);

б) из условия плотности по формуле

$$t \le \frac{0{,}785 \cdot m_p \cdot d^2 \cdot [\tau_f]}{q}, \qquad (3.3I)$$

где $[\tau_f]$ – условное допускаемое напряжение скольжения; выбирается по табл.3.2.

Таблица 3.2

Значения величины $[\tau_{\phi}]$ в формуле (3.31)

Тип соединения	$[\tau_{\phi}]$, кгс/см^2		
	m_p =1	m_p =2	m_p =3
Внахлестку	700	650	600
С двухсторонними накладками	1200	1100	1000

При предварительном выборе количества рядов заклепок в плотно-прочном соединении следует пользоваться данными, приведенными в табл.3.3.

Таблица 3.3

Рекомендуемое число заклепочных рядов в плотно-прочном соединении

Погонная нагрузка на шов q, кгс/см	Число рядов в соединении	
	односрезном	двухсрезном
до 500	1	1
350 - 950	2	1
450 - 1350	3	2
1400 - 2000	-	3

Плотность заклепочных соединений при толщине листов из стали более 5 мм и из алюминиевых сплавов более 8 мм достигается подчеканкой; при меньшей толщине должны применяться уплотняющие прокладки.

4. БОЛТОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

4.I. Общие положения

4.I.I. В настоящем разделе даны рекомендации по конструированию болтовых соединений (подраздел 4.2) и методика расчёта со следующими допущениями:

а) на соединение действует статическая нагрузка;

б) изгибная жёсткость соединяемых деталей не учитывается;

в) в соединении используются болты одного диаметра.

При необходимости уточнения расчёта следует пользоваться действующими в отрасли соответствующими нормативно-техническими документами.

4.I.2. Болтовые соединения применяют:

- при сборке вне завода монтажных элементов, изготовленных методом сварки или клёпки;

- в тех случаях, когда к соединениям предъявляются требования разборности;

- при прикреплении узлов, требующих высокой точности установки (в сочетании со штифтами и другими фиксирующими деталями);

- в тех случаях, что и заклёпочные соединения: при небольшом числе устанавливаемых болтов (заклёпок) или в местах, труднодоступных для клёпки, или при прикреплении узлов, требующих недопустимо большой длины заклёпок.

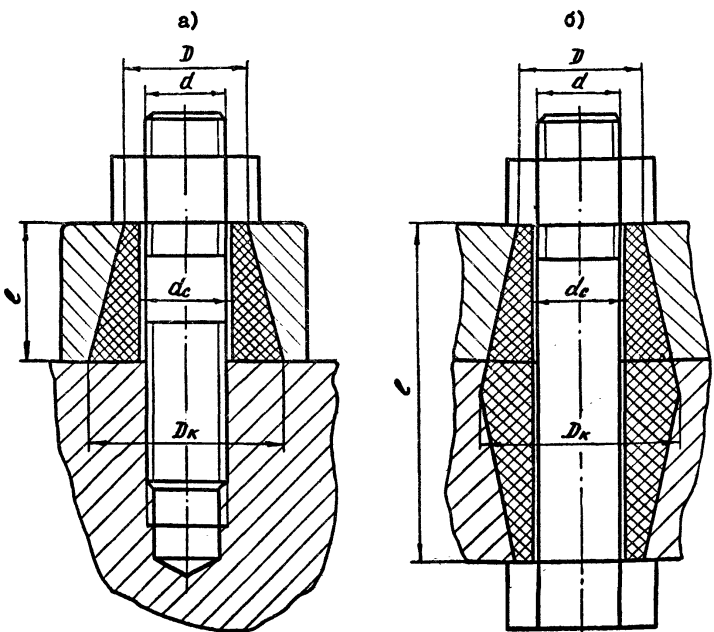
4.I.3. Одноболтовые и многоболтовые срединения с предварительной затяжкой (контролируемой и неконтролируемой) подразделяют на соединения типа "шпилька" или "болт" (черт.4.I).

4.2. Рекомендации по конструированию

4.2.I. Неконтролируемую затяжку применяют в болтовых соединениях, которые допускают раскрытие стыка и смещение в плоскости стыка после приложения внешней нагрузки.

4.2.2. Применяя неконтролируемую затяжку, необходимо иметь в виду, что конструкция должна быть работоспособной как при отсут-

СОЕДИНЕНИЯ ТИПА
ШПИЛЬКА И БОЛТ



а– шпилька; б- болт

Черт. 4.1

ствии затяжки, так и при действии усилия затяжки, указанного в табл.4.1 и приложении 7.

4.2.3. Контролируемая затяжка применяется:

- для обеспечения плотности (нераскрытия) стыка;
- для обеспечения герметичности;
- для исключения относительных смещений соединяемых

деталей;

- для исключения возможного перенапряжения болта при затяжке (особенно малых диаметров).

4.2.4. Контроль затяжки может осуществляться измерением:

- удлинения болта;

- угла поворота гайки;

- крутящего момента на ключе.

4.2.5. Болтовое соединение должно конструироваться так, чтобы срез воспринимался ненарезанной частью болта.

4.2.6. В соединениях, выполняемых на черных или чистых болтах, желательно предусмотреть передачу сил и моментов, действующих в плоскости соединения на упоры, штифты, призонные болты или другие детали, обеспечивающие восприятие этих нагрузок без смещения в соединении. При контролируемой затяжке и отсутствии этих деталей нагрузки в плоскости стыка воспринимаются силами трения.

4.2.7. Болты диаметром менее 10 мм использовать в качестве крепежных не рекомендуется.

4.2.8. Расстояния между болтами должны удовлетворять данным, приведенным в табл.3.1, за исключением наименьшего расстояния между центрами болтов в любом направлении, которое должно быть не менее 3,5 диаметров болта.

4.3. Усилие затяжки

4.3.1. Большинство применяемых в конструкции болтов устанавливают с предварительной затяжкой, которая по своему характеру может быть неконтролируемая или контролируемая. Болты без предварительной затяжки имеют малое распространение.

4.3.2. Величину расчетного усилия при неконтролируемой затяжке болтов определяют по формуле:

$$V = 0,6 \cdot \sigma_т \cdot F_1, \qquad (4.1)$$

где $\sigma_т$ - предел текучести материала болта;

F_1 - площадь сечения по внутреннему диаметру, приведенная в приложении 7.

Для болтов классов прочности 4.6; 6.6; 8.8 (ГОСТ 1759-70) с наружными диаметрами основной метрической резьбы d = 10-18 мм расчетные усилия затяжки, подсчитанные по формуле (4.1) приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Расчетные усилия при неконтролируемой затяжке

кгс

d, мм	Класс прочности		
	4.6	6.6	8.8
10	700	1100	1900
12	1200	1700	-
14	1400	2200	-
16	2000	-	-
18	2600	-	-

Величины расчетных усилий при неконтролируемой затяжке, подсчитанные по формуле (4.1) не должны превышать значений максимальных расчетных усилий, приведенных в приложении 7.

4.3.3. Необходимую величину контролируемой затяжки определяют для одноболтового соединения по указаниям п.4.3.5, для многоболто-

вого соединения согласно указаниям п.4.3.6, а величину момента на ключе M определяют по формуле

$$M = V \cdot d \cdot K, \qquad (4.2)$$

где K – коэффициент, определяемый по формуле

$$K = \frac{d_2}{2d}\left(\frac{P}{\pi \cdot d_2} + f_0'\right) + \frac{f_1}{3d} \cdot \frac{(D^3 - d_c^3)}{(D^2 - d_c^2)}, \qquad (4.3)$$

где d_2 – средний диаметр резьбы;

P – шаг резьбы;

f_0' – приведенный коэффициент трения;

$$f_0' = \frac{f_0}{\cos\frac{\alpha}{2}};$$

f_0 – коэффициент трения в резьбе;

α – угол профиля резьбы;

f_1 – коэффициент торцевого трения;

D – наружный диаметр опорной поверхности гайки;

d_c – диаметр отверстия под болт.

Значения приведённого коэффициента трения f_0' и коэффициента торцевого трения f_1 для болтовых соединений с болтами из конструкционных сталей с метрической резьбой приведены в табл. 4.2, а для соединений из нержавеющей и жаропрочной сталей и сплавов, работающих в специальных средах, значения коэффициента трения в резьбе и коэффициента торцевого трения приведены в ОСТ 92-0237-72.

Таблица 4.2.

Значения коэффициентов f_0' и f_1

Поверхность болта, гайки и шайбы	Резьба	
	без смазки	со смазкой
Без покрытия	0,20	0,16
Кадмирована	0,13	0,10
Омеднена	0,18	0,14
Оцинкована	0,22	0,18
Оксидирована	0,24	0,20

Примечание. При повторных затяжках значения f_0' и f_1 для смазанных резьб уменьшают на 10-30%, а для омедненных и оцинкованных резьб увеличивают на 20-30%.

4.3.4. Для болтового соединения с основной метрической резьбой значения коэффициента К, подсчитанные по формуле (4.3) при $f_0 = f_1$ и $D = S = 1{,}5d$ (S - размер под ключ), приведены в табл.4.3.

Таблица 4.3

$f_0 = f_1$	0,10	0,12	0,15	0,18	0,20	0,25	0,30
K	0,14	0,16	0,19	0,22	0,25	0,31	0,37

4.3.5. Необходимую величину контролируемой затяжки в одноболтовом соединении определяют по формулам:

а) при действии на соединение продольной растягивающей нагрузки N

$$V = K_y \cdot N(1-x), \qquad (4.4)$$

где K_y - коэффициент затяжки, определяемый по табл.4.4;

χ - коэффициент основной нагрузки, в общем случае определяемый по формуле (4.5), а в частном принимаемый по табл.4.5

Таблица 4.4

Коэффициент затяжки K_y

Тип соединения		K_y
Плотное	При постоянных нагрузках	I,25 - 2,00
	При переменных нагрузках	2,00 - 4,00
Герметичное	С мягкими прокладками	I,30 - 2,50
	С металлическими фасонными прокладками	2,00 - 3,50
	С металлическими плоскими прокладками	3,00 - 5,00

Примечание. В плотном соединении коэффициент запаса прочности $[n]$ должен быть не менее коэффициента затяжки K_y.

$$\chi = \frac{\lambda_1}{\lambda_0 + \lambda_1}, \qquad (4.5)$$

где λ_1 - податливость соединяемых деталей;

λ_0 - податливость болта.

Для деталей с одинаковыми модулями упругости

$$\lambda_1 = \frac{2,5\psi}{\pi E_1 d_c} \ell_n \frac{(D+d_c)(D_к - d_c)}{(D-d_c)(D_к + d_c)}, \qquad (4.6)$$

где ψ - число конусов давления; для соединения типа "шпилька" ψ = I, для соединения типа "болт" ψ = 2(см.черт.4.1а,б);

D - диаметр меньшего основания конуса;

d_c - диаметр отверстия под болт;

$D_к$ - диаметр большего основания конуса, определяемый по формуле

$$D_к \approx D + \frac{0,8\ell}{\psi}; \qquad (4.7)$$

ℓ - толщина соединяемых деталей;

E_1 - модуль упругости детали.

Для деталей с разными модулями упругости

$$\lambda_1 = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i \qquad (4.8)$$

где λ_i - податливость i-ой детали, определяемая по формуле (4.6) при $\psi = 1$.

Для болта переменного сечения

$$\lambda_0 = \frac{1}{E_0} \sum_{i=1}^{n} \frac{l_{0i}}{F_{0i}}, \qquad (4.9)$$

где E_0 - модуль упругости болта;

l_{0i} и F_{0i} - длина и площадь поперечного сечения i-го участка.

Для болта постоянного сечения

$$\lambda_0 = \frac{l}{E_0 F_0}, \qquad (4.10)$$

где F_0 - площадь сечения болта по наружному диаметру.

Значения коэффициента основной нагрузки χ, подсчитанные по формуле (4.5), для деталей с одинаковыми модулями упругости при $d_c \approx d$ и $D \approx 1{,}5d$, когда диаметр болта постоянен по длине, приведены в табл. (4.5).

Таблица 4.5

Коэффициент основной нагрузки χ

l/d	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
Болт	0,39	0,35	0,30	0,26	0,23	0,20	0,18	0,17	0,16	0,14	0,13
Шпилька	0,35	0,30	0,23	0,18	0,16	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08

б) при действии на соединение поперечной нагрузки

$$V \geq \frac{Q}{m \cdot f}, \qquad (4.11)$$

где m - число плоскостей трения (среза);

f - коэффициент трения в соединении, определяемый по таблице 4.6

Таблица 4.6

Коэффициент трения в соединении f

Обработка (очистка) соединяемых поверхностей	Материал соединяемых деталей	
	сталь	алюминиевый сплав
Пневматическая кварцевым песком с содержанием $Si\,O_2$ не ниже 94% или металлическим порошком	0,45–0,55	0,45
Химическая растворами кислот, травильными пастами	0,45–0,50	0,40
Огневая многопламенными горелками (на ацетилене)	0,40–0,45	–
Стальными ручными или механическими щетками	0,35–0,40	–
Без обработки	0,25–0,35	0,15

в) при одновременном действии продольной N и поперечной Q нагрузок

$$V \geq N(1-\chi) + \frac{Q}{m \cdot f}, \qquad (4.12)$$

кроме того, должно удовлетворяться условие формулы (4.4);

г) величина контролируемой затяжки не должна превышать $(0,6 - 0,8)\sigma_T \cdot F_1$.

4.3.6. Необходимую величину контролируемой затяжки в многоболтовом соединении определяют по формулам:

а) при действии нагрузок в плоскости, перпендикулярных плоскости стыка

$$\gamma \geq \frac{\sigma_y \cdot F_{cm} \cdot a}{z}, \qquad (4.13)$$

где σ_y – необходимое напряжение сжатия от затяжки болтов на площади стыка (площади соприкосновения соединяемых деталей), определяемое по формуле (4.14);

F_{cm} – площадь стыка, за вычетом площади болтов;

a – коэффициент, определяемый при несовпадении центра тяжести площади сечения всех болтов (ц.т. болтов) и центра тяжести площади стыка (ц.т. стыка) по формуле (4.16) и принимаемый равным единице при совпадении ц.т. болтов и стыка;

z – число болтов.

$$\sigma_y = K_y \cdot \sigma, \qquad (4.14)$$

где K_y – коэффициент затяжки, определяемый по табл.4.4;

σ – наибольшее напряжение растяжения (в точке стыка, наиболее удаленной от нейтральной оси), определяемое по формуле

$$\sigma = \left(\frac{N_0}{F_{cm}} + \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y}\right)(1-\chi), \qquad (4.15)$$

где N_0 – равнодействующая внешних сил (для сжимающих сил берется знак минус);

M_x и M_y – изгибающие моменты от внешних нагрузок относительно главных осей стыка x_0 и y_0;

W_x и W_y – моменты сопротивления сечения стыка изгибу;

χ – коэффициент основной нагрузки, принимаемый в соответствии с указаниями п.4.3.5а), но не более 0,5.

$$\alpha = \frac{1}{1 + \frac{F_{cm} \cdot X_o}{W_y} + \frac{F_{cm} \cdot y_o}{W_x}}, \qquad (4.16)$$

где X_o и y_o – координаты ц.т. болтов относительно ц.т. стыка;

б) при действии нагрузок в плоскости стыка должно удовлетворяться условие формулы (4.11), при этом значение силы Q определяется по формуле (4.25) с учетом указаний п.4.5.4.б

в) в общем случае нагружения, те. при действии нагрузок в плоскостях, перпендикулярных и параллельных плоскости стыка

$$V \geq \frac{N}{Z}(1-\chi) + \frac{Q}{m \cdot f}, \qquad (4.17)$$

где Q – поперечная нагрузка на наиболее нагруженный болт, определяемая по указаниям п.4.5.4.

Принимается большая величина, подсчитанная по формулам (4.13) и (4.17).

4.4. Одноболтовые соединения

4.4.1. Одноболтовое соединение может быть нагружено продольной нагрузкой N, растягивающей болт, или поперечный Q, сдвигающей соединяемые детали в плоскости стыка. Возможно также совместное действие продольной и поперечной нагрузок.

4.4.2. При действии продольной нагрузки N проверяют прочность болта на растяжение по формулам:

- при $V \geq N(1-\chi)$

$$n = \frac{\sigma_T \cdot F_1 - 1{,}3V + N(1-\chi)}{N} \geq [n]; \qquad (4.18)$$

- при $V \leq N(1-\chi)$

$$n = \frac{\sigma_T \cdot F_1 - 0{,}3 \cdot V}{N} \geq [n], \qquad (4.19)$$

где Y - усилие предварительной затяжки, принимаемое при неконтролируемой затяжке согласно п.4.3.2 и назначаемое для контролируемой затяжки по указаниям п.4.3.5.

4.4.3. При действии поперечной нагрузки Q проверяют:

- при контролируемой затяжке болта выполнение условий формулы (4.21);
- при неконтролируемой затяжке болта прочность болта на срез по формуле (4.20), а также прочность болта и соединяемых деталей на смятие по формуле (4.21)

$$n = \frac{0{,}6 \cdot \sigma_T \cdot F_{cp}}{Q} \geq [n]; \qquad (4.20)$$

$$n = \frac{K_{cm} \cdot \sigma_T \cdot F_{cm}}{Q} \geq [n], \qquad (4.21)$$

где F_{cp} - площадь среза болта, определяемая по формуле

$$F_{cp} = \frac{\pi \cdot d_{cp}^2}{4} \cdot m, \qquad (4.22)$$

d_{cp} - диаметр болта в плоскости среза;

m - число плоскостей среза;

F_{cm} - площадь смятия, определяемая по формуле

$$F_{cm} = d_{cp} \cdot \Sigma\delta, \qquad (4.23)$$

$\Sigma\delta$ - сумма толщин сопрягаемых элементов, работающих на смятие в одном направлении;

K_{cm} - коэффициент, учитывающий подвижность соединения и принимаемый по табл.4.7;

В формуле (4.20) σ_T - предел текучести материала болта, а в формуле (4.21) σ_T - меньший из пределов текучести материалов болта и соединяемых деталей.

Таблица 4.7

Коэффициент $K_{см}$

Подвижность соединения	K см
Неподвижное	I,70
Малоподвижное	0,85 - I,00
Подвижное	0,30
Подвижное при обеспеченной смазке	0,50

4.4.4. При одновременном действии продольной N и поперечной Q нагрузок соединение рассчитывают следующим образом:

а) при неконтролируемой затяжке расчетными являются формулы (4.I8) или (4.I9), а также - (4.20) и (4.2I);

- б) при контролируемой затяжке расчетными являются формулы (4.I8) или (4.I9), причем усилие затяжки V определяется в соответствии с указаниями п.4.3.5.в.

4.5. Многоболтовые соединения

4.5.I. При расчете многоболтового соединения принимаем, что элементы соединяемых деталей при их взаимодействии в стыке не испытывают деформаций изгиба, и, следовательно, плоскости контакта соединяемых деталей в процессе работы стыка остаются плоскими.

Диаметр, длина и затяжка всех болтов принимаются одинаковыми.

4.5.2. Расчет многоболтового соединения сводится к определению нагрузки на наиболее нагруженный болт, к определению или выбору усилия затяжки (в соответствии с указаниями п.4.3.6) и использованию расчетных зависимостей, относящихся к одному болту (см.подраздел 4.4).

4.5.3. При действии нагрузок в плоскостях, перпендикулярных плоскости стыка (черт.4.2) расчет соединения производится следующим образом:

а) при неконтролируемой затяжке величина внешней растягивающей нагрузки, приходящейся на отдельный болт, определяется по формуле:

$$N = \frac{N_0}{z} + \frac{M_x \cdot y}{\sum y^2} + \frac{M_y \cdot x}{\sum x^2}, \qquad (4.24)$$

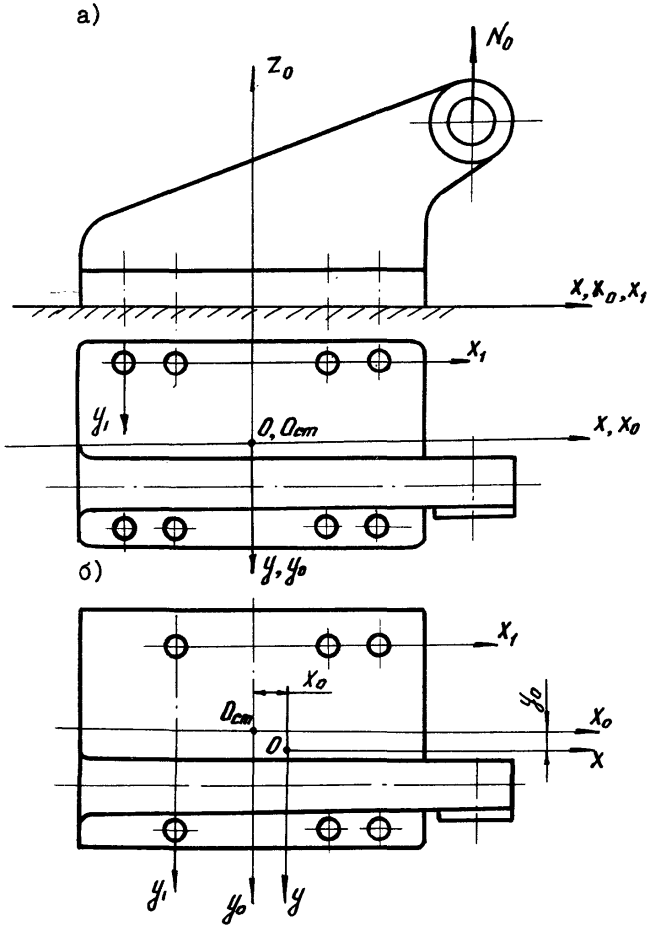
где N_0 – равнодействующая внешних сил (при сжимающих силах берется со знаком минус);

M_x и M_y – изгибающие моменты от внешних нагрузок, вычисленные относительно осей, проходящих через ц.т. болтов и являющихся главными (оси X и y на черт.4.2)

x и y – координаты рассматриваемого болта относительно осей X_1 и y_1 (черт.4.2), проходящих через болт в сжатой зоне, наиболее удаленный от соответствующих главных осей X и y.

Суммы квадратов координат распространяются на все болты соединения. Наиболее нагруженным будет болт, наиболее удаленный от нейтральной оси;

б) при контролируемой затяжке величина внешней растягивающей нагрузки, приходящейся на отдельный болт, определяется по формуле (4.24) при следующих значениях входящих в нее величин:



а– ц.т. стыка и болтов (точки 0_{cm} и 0) совпадают;

б– ц.т. стыка и болтов не совпадают.

Черт. 4.2

M_x и M_y – изгибающие моменты от внешних нагрузок, вычисленные относительно осей, проходящих через ц.т. стыка (оси X_0 и Y_0);

X и Y – координаты рассматриваемого болта в осях стыка X_0 и Y_0;

в) расчет болта на прочность производится по формуле (4.18) или (4.19).

4.5.4. При действии нагрузок в плоскости стыка (черт.4.3) расчет соединения производится следующим образом:

а) при неконтролируемой затяжке нагрузка, приходящаяся на отдельный болт соединения, определяется по формуле

$$Q = \sqrt{Q_1^2 + Q_2^2 + 2Q_1 \cdot Q_2 \cdot \sin\beta}, \qquad (4.25)$$

где

$$Q_1 = \frac{Q_0}{Z \cdot m_н}, \qquad (4.26)$$

$$Q_2 = \frac{M_0 \cdot \rho_{max}}{m_н \cdot \sum \rho_i^2} \qquad (4.27)$$

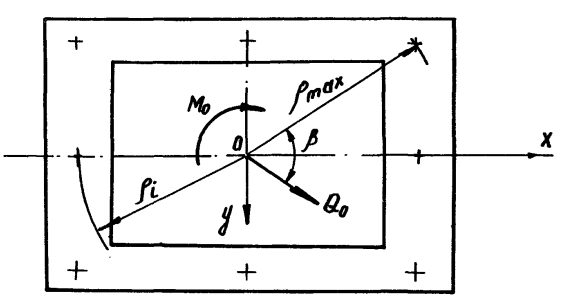
β – угол между силой Q_0 и радиусом-вектором ρ_{max};

ρ_{max} – радиус-вектор, проведенный из центра тяжести болтов к рассматриваемому болту;

ρ_i – то же для i-ого болта;

$m_н$ – коэффициент неравномерности, принимаемый по табл.4.8.

Сумма в знаменателе формулы (4.27) распространяется на все болты.



Черт.4.3

Таблица 4.8

Коэффициент неравномерности $m_н$

Тип болтов	Характер затяжки	
	неконтролируемая	контролируемая
Призонные	I,0	I,0
Чистые	0,9	
Черные	0,7	

Проверка прочности производится по формулам (4.20) и (4.2I);

б) при контролируемой затяжке для исключения сдвига плоскостей стыка должно удовлетворяться условие формулы (4.II), при этом значение силы Q определяется по формуле (4.25), а значения сил Q_1 и Q_2 определяют соответственно по формулам (4.26) и (4.28).

$$Q_2 = \frac{M_0}{m_н \cdot \Sigma \cdot \rho_i} ; \qquad (4.28)$$

Сумма в знаменателе формулы (4.28) распространяется на все болты;

в) при расположении болтов по окружности, имеющей радиус R, нагрузка на наиболее нагруженный болт (при любом характере затяжки) определяется по формуле

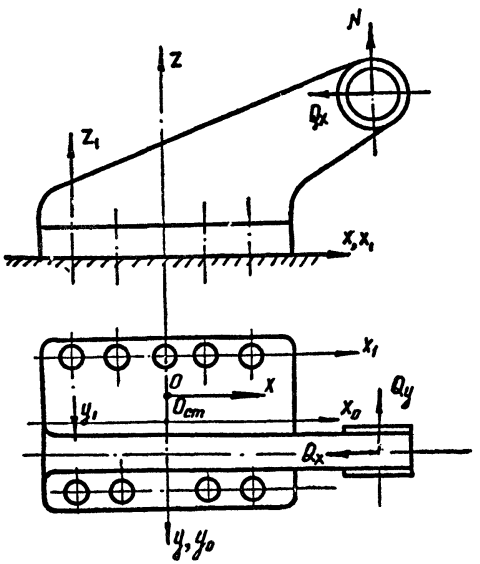
$$Q = \left(Q_0 + \frac{M_0}{R}\right) \frac{1}{z \cdot m_н} . \qquad (4.29)$$

4.5.5. В общем случае нагружения (черт.4.4) производится отдельно расчет на нагрузки, действующие в плоскостях, перпендикулярных плоскости стыка, по указаниям п.4.5.3 и отдельно расчет на нагрузки, действующие в плоскости стыка, согласно п.4.5.4.

Нагрузки приводят:

а) при неконтролируемой затяжке к ц.т. болтов (точке О);

б) при контролируемой затяжке при действии нагрузок в плоскостях, перпендикулярных плоскости стыка, к ц.т. стыка (точке Ост), а при действии нагрузок в плоскости стыка к ц.тт болтов (точке О).



Черт.4.4.

Необходимая величина контролируемой затяжки каждого болта принимается как большая из двух величин, одна из которых определяется по формуле (4.I3), а вторая по формуле (4.I7).

4.5.6. Соединение рассчитывается только на нагрузки, действующие в плоскостях, перпендикулярных плоскости стыка, если в нем предусмотрено восприятие нагрузок, действующих в плоскости стыка (см.п.4.2.6), штифтами или другими деталями.

4.5.7. Если ветви составных стержней соединяются болтами, то срезающая нагрузка на отдельный болт определяется так же, как в заклепочных соединениях определяется нагрузка на наиболее нагруженную заклепку (см.подраздел 3.4) с учетом коэффициента неравномерности m_H(см.табл.4.8). По найденной нагрузке на один болт производится проверка прочности и определение необходимой величины контролируемой затяжки по формулам, приведенным для одноболтового соединения.

4.6. Расчет элементов резьбы

4.6.I. Прочность резьбы болта или гайки на срез проверяется по формулам:

- при $V \geq N(1-\chi)$

$$n = \frac{0{,}6\,\sigma_T \cdot F - V + N(1-\chi)}{N} \geq [n]\ ; \qquad (4.30)$$

- при $V \leq N(1-\chi)$

$$n = \frac{0{,}6\,\sigma_T \cdot F}{N} \geq [n]\ , \qquad (4.31)$$

где F - площадь среза резьбы болта (гайки), определяемая по формуле

$$F = \pi \cdot d_1 \cdot K_p \cdot H \cdot K_H\ , \qquad (4.32)$$

где d_1 - внутренний диаметр резьбы (для гайки принимают наружный диаметр резьбы d);

K_p -коэффициент полноты резьбы, принимаемый по табл.4.9;

H - высота гайки, но не более длины, соответствующей восьми виткам основной метрической резьбы данного диаметра;

$K_н$ - коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по виткам резьбы

$$K_н \approx \frac{5P}{d},$$

где P - шаг резьбы.

Для болтов с диаметрами метрической резьбой d = 10 - 48 мм при вычислении $K_н$ должно выполняться условие $K_н \geq 0{,}33$.

Таблица 4.9

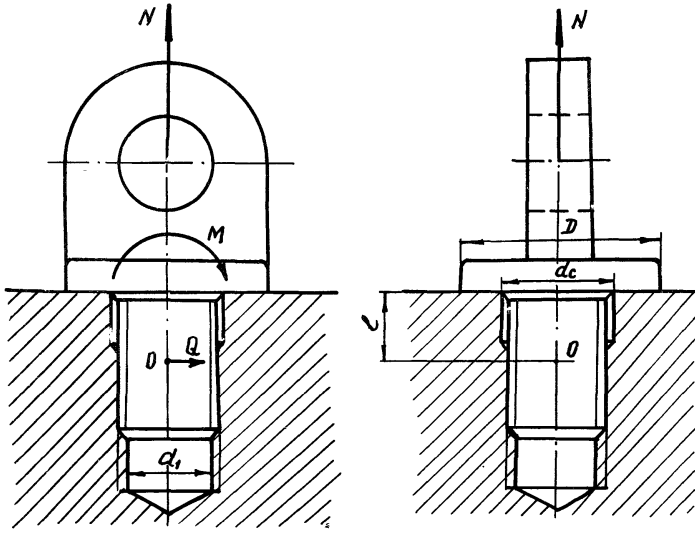
Коэффициент полноты резьбы K_p

Вид резьбы болта и гайки	Кр
Треугольная резьба болта	0,75
Треугольная резьба гайки	0,88
Трапецеидальная резьба	0,65
Прямоугольная резьба	0,50

4.7. Рым-болт

4.7.1. Указания настоящего подраздела распространяются на элементы типа рым-болтов, ввертываемые в основание до упора буртика. Проверка прочности стандартного рым-болта не производится.

4.7.2. При расчете рым-болта внешние нагрузки в общем случае нагружения приводятся к продольной силе N, действующей вдоль оси болта, к поперечной $-Q$ и к изгибающему моменту M, который вычисляется относительно точки О,



Черт.4.5

удаленной от плоскости разъема корпуса и рым-болта на расстояние l (длина проточки в корпусе с учетом фасок и четырех ниток резьбы)

4.7.3. Нормальное напряжение в рым-болте от действия силы N и момента М определяется по формулам:

- при $M > \frac{N \cdot d_1}{8} \cdot C$ и $\frac{D}{d_c} \geq 1{,}3$

$$\sigma = \frac{N}{F_1} \cdot C_1 + \frac{M}{W_1} \cdot C_2 \; ; \qquad (4.33)$$

– при $M < \frac{N \cdot d_1}{8} \cdot C$ и $\frac{D}{d_c} < 1,3$

$$\sigma = \frac{N}{F_1} + \frac{M}{W_1}, \qquad (4.34)$$

где D – наружный диаметр буртика рым-болта;

W_1 – момент сопротивления сечения рым-болта изгибу по внутреннему диаметру;

$C; C_1; C_2$ – коэффициенты, определяемые по формулам:

$$C = \frac{d_1}{D}; \quad C_1 = \left(1 + C\right)\left(1 - \frac{C^2}{4}\right); \quad C_2 = \frac{C}{4}\left(1 + C\right).$$

4.7.4. Если продольная сила N равна нулю, то нормальное напряжение в рым-болте определяется по формуле (4.33) при $\frac{D}{d_c} \geq 1,3$ или по формуле (4.34) при $\frac{D}{d_c} < 1,3$.

4.7.5. При действии на рым-болт сжимающей силы N и момента M нормальное напряжение в его сечении необходимо определять только при выполнении условия $M > \frac{N \cdot D}{2}$

$$\sigma = \frac{M - \frac{N \cdot D}{2}}{W_1} \cdot C_2 . \qquad (4.35)$$

4.7.6. Рым-болт проверяют на прочность:

а) от нормальных напряжений по формуле

$$n = \frac{\sigma_T}{\sigma}; \qquad (4.36)$$

б) от касательных напряжений по формуле (4.20) при

$$m = 1$$

4.7.7. Проушина рым-болта проверяется на прочность в соответствии с указаниями раздела 5, а кольцо – в соответствии с указаниями ОС 92-0095-69 (раздел 3).

5. ШТЫРЕВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

5.I. Общие положения

5.I.I. Штыревое соединение состоит из проушин, штыря, соединяющего проушины (черт.5.I), и фиксирующих штырь деталей (гаек, шплинтов и т.п.), препятствующих выпаданию штыря*).

В зависимости от количества плоскостей среза штыря соединения разделяются на односрезные (черт.5.I а), двухсрезные (черт.5.I б) и многосрезные (черт.5.I б). Наиболее распространены двухсрезные соединения.

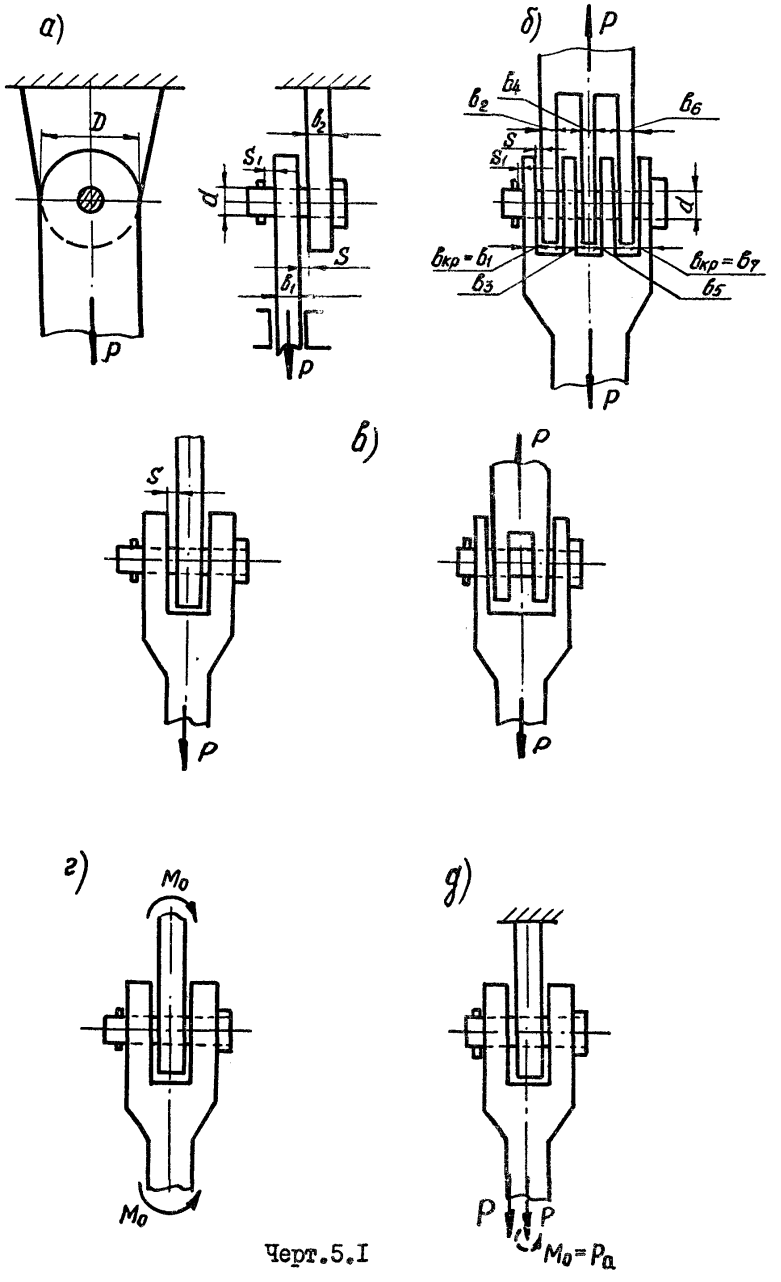
5.I.2. Рекомендации по конструированию и методики расчета на прочность приведены для многосрезных и двухсрезных соединений, нагруженных осевой силой, действующей по оси симметрии соединения (симметричное нагружение - черт.5.I б, в) и односрезных соединений, нагруженных продольной силой (черт.5.I а).

Методика расчета приведена также для двухсрезного соединения, нагруженного моментом (кососимметричное нагружение - черт.5.I г).

Методика расчета на прочность двухсрезных соединений, нагруженных эксцентрично приложенной силой P (черт.5.I д), отдельно не приведена, т.к. прочность такого соединения определяется суммированием напряжений, полученных от действия на соединение осевой силы P и от действия на соединение момента $M_0 = Pa$.

5.I.3. В разделе 5 рассмотрены двухсрезные соединения, как со сплошной средней проушиной (см.черт.5.I.б,д), так и соединения

*) Для свободы поворота проушин между ними обеспечивается осевой зазор (S на черт.5.Iа,б).


а)
D
P
S_1
b_2
d
S
b_1
P
б)
P
b_2
b_4
b_6
S
S_1
d
$b_{кр} = b_1$
b_3
$b_{кр} = b_7$
b_5
P
в)
S
P
P
г)
M_0
M_0
д)
P
P
$M_0 = Pa$

Черт.5.I

типа вилка-вилка (см.черт.5.I в).

К соединениям типа вилка-вилка можно отнести все двухсрезные соединения, имеющие в средней проушине выточки или проточки.

5.I.4. Рекомендации и методики расчета на прочность, приведенные ниже, распространяются на штыревые соединения, имеющие радиальные зазоры *), на превышающие 10% диаметра штыря.

5.2. Рекомендации по конструированию

5.2.I. Исходя из равнопрочности деталей и минимума веса соединения основные размеры двухсрезного соединения (черт.5.2) целесообразно вычислять по следующим формулам:

$$d = K\sqrt{\frac{P[n]}{\sigma_т}} \qquad (5.I.)$$

где $K = 1{,}35$ при $\frac{S}{d} \leq 0{,}1$ (случай малых зазоров);

$K = \sqrt{1{,}5 + \frac{3S}{d}}$ при $\frac{S}{d} > 0{,}1$ (случай больших зазоров);

$\sigma_т$ – меньший из пределов текучести штыря и проушины.

$$D_{ср} \approx D_{кр} \approx (2-2{,}5)d\ ; \qquad (5.2.)$$

$$b_{кр} \approx \frac{0{,}5}{\frac{D_{кр}}{d} - 1} \cdot \frac{\sigma_т^{ш}}{\sigma_т^{п}} \cdot d\ ; \qquad (5.3.)$$

$$b_{ср} \approx 1{,}7\, b_{кр}\ , \qquad (5.4.)$$

где d – диаметр штыря;

$b_{кр}$, $b_{ср}$ – ширина крайней и средней проушин соответственно;

*) Зазор между штырем и отверстием в проушине.

$\sigma_т^ш$, $\sigma_т^п$ – предел текучести штыря и проушины соответственно;

$D_{кр}$, $D_{ср}$ – диаметр внешнего контура крайней и средней проушин;

S – зазор между проушинами.

Зазор между проушинами назначается минимальным, исходя из конструктивных соображений (желательно $\frac{S}{d} < 0{,}1$).

В средней проушине целесообразно делать проточки (см. черт.5.1в), если конструктивно необходима широкая средняя проушина ($b_{ср} > 3d$).

Центр внешнего контура проушин целесообразно смещать от центра отверстия под штырь на величину С (черт.5.2б). Оптимальная величина $\frac{C}{d}$ дана в табл.5.1.

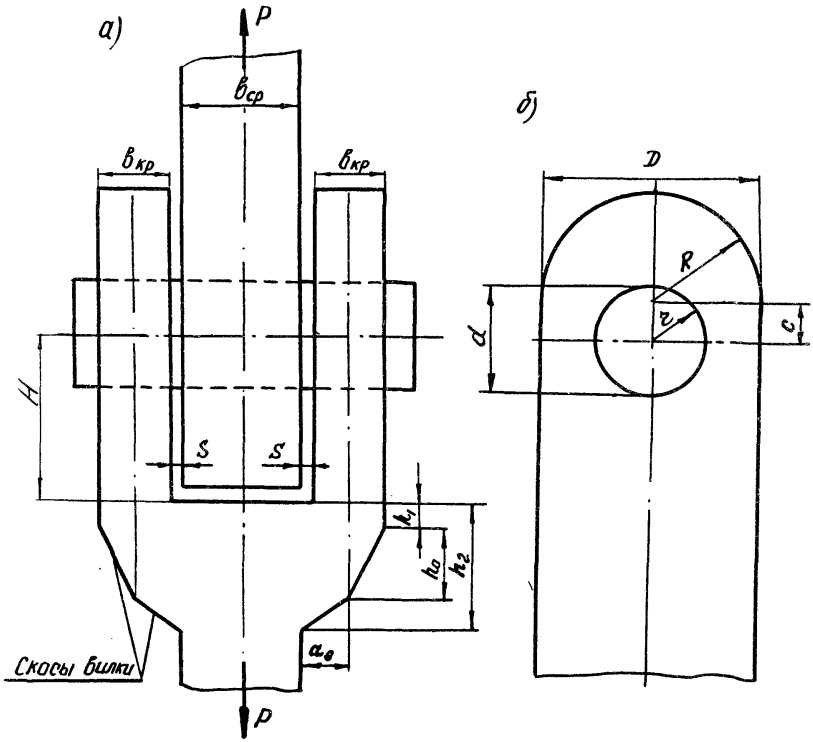
Увеличение С, сверх указанного в таблице, не приводит к увеличению несущей способности проушин, уменьшение С-уменьшает несущую способность и поэтому нежелательно. Минимально необходимые размеры вне зоны отверстия, определяющие внешний контур проушин, составляющих вилку (черт.5.2а), должны удовлетворять следующим условиям:

$$\left.\begin{aligned} h_0 &> b_{кр}; \\ h_1 &> 0{,}2\, b_{кр}; \\ h_2 &\geq 1{,}2\, b_{кр} + 1{,}8\, a_0. \end{aligned}\right\} \qquad (5.5)$$

Значения h_0, h_1, h_2, a_0 показаны на черт.5.2а. Для штыревых соединений рекомендуется применять посадки A_5/X_5 ; A_3/X_3.

Высота проушин (Н на черт.5.2а) должна быть минимальной.

Конец штыря, при $\frac{b_{кр}}{d} \geq 0{,}5$ для соединений из стали повышенной прочности, рекомендуется закреплять гайкой (для предотвращения отгиба крайних проушин).



Черт. 5.2

Таблица 5.I

Оптимальная величина относительного смещения $\frac{c}{d}$

$\frac{D}{d}$	3,00	2,50	2,00	I,75	I,50	I,25
$\frac{c}{d}$	0,60	0,37	0,20	0,I2	0,07	0,03

5.2.2. Основные размеры односрезных соединений рекомендуется вычислять по следующим формулам:

$$\left.\begin{aligned} d &\approx 1{,}6\sqrt{\frac{P[n]}{\sigma_т^{ш}}}\ ; \\ D &= D_1 = D_2 = (2-2{,}5)\,d\ ; \\ b &= b_1 = b_2 = \frac{0{,}5}{\frac{D}{d}-1}\cdot\frac{\sigma_т^{ш}}{\sigma_т^{п}}\cdot d\ , \end{aligned}\right\} \qquad (5.6)$$

где b_1, b_2 – ширина проушин;

D_1, D_2 – диаметры внешнего контура проушин.

Рекомендации по смещению C центра внешнего контура проушин от центра отверстия те же, что и для двухсрезных соединений (см.п.5.2.1.)

5.2.3. Основные размеры многосрезных соединений (см.черт. 5.1б) рекомендуется вычислять по следующим формулам:

$$\left.\begin{aligned} d &\approx 1{,}7\sqrt{\frac{P[n]}{m\cdot\sigma_т^{ш}}}\ ; \\ D &= D_1 = D_2 = \ldots = D_n = (2-2{,}5)\,d\ ; \\ b &= b_2 = b_3 = \ldots = b_{n-1} = \frac{0{,}85}{\left(\frac{D}{d}-1\right)}\cdot\frac{\sigma_т^{ш}}{\sigma_т^{п}}\cdot d\ ; \\ b_{кр} &= b_1 = b_n = \frac{b}{1{,}7}\ , \end{aligned}\right\} \qquad (5.7.)$$

где m – число плоскостей среза

$D_1, D_2, \ldots D_n$ – диаметры внешнего контура проушин;

b_1, b_n – ширина крайних проушин соединения;

$b_2; b_3, \ldots b_{n-1}$ – ширина i-ой проушины соединения.

n – число проушин соединения.

Остальные размеры соединения (– смещение "С" центра внешнего контура проушин и размеры скосов внешнего контура проушин – h_0, h_1, h_2) рекомендуются те же, что и для двухсрезных соединений (см.пп.5.2.1).

5.3. Расчет на прочность и деформативность соединений, нагруженных осевой силой

5.3.1. Расчет на прочность штыревых соединений производится в случае, когда какой-либо из размеров соединения меньше рекомендуемого в подразделе 5.2 или для выявления возможностей изменения размеров соединения.

Удовлетворение требованиям разборности соединения определяется деформативным расчетом (пп.5.3.11).

5.3.2. Прочность соединения определяется наименьшим запасом прочности по расчетам:

- штыря на срез;
- штыря на изгиб;
- проушин на растяжение в зоне отверстия;
- проушин со скосами (черт.5.2а) на изгиб и срез (если не выполняются условия 5.5).

5.3.3. Расчет штыря на срез производится по формуле

$$\frac{0{,}5\,\sigma_т}{\frac{P}{Fm}} \geqslant [n], \qquad (5.8)$$

где F – площадь сечения штыря;

m – число плоскостей среза.

5.3.4. Расчет штыря на изгиб необходимо проводить, если выполняются условия:

$$\left.\begin{aligned} \frac{\delta_{кр}}{d} &> \frac{0{,}3}{\sqrt{\frac{P}{d}-1}} \\ \frac{\delta_{ср}}{\delta_{кр}} &< 4. \end{aligned}\right\} \qquad (5.9)$$

Расчет на изгиб производится по формуле:

$$\frac{\sigma_т}{\frac{M}{W_{пл}}} \geqslant [n], \qquad (5.10)$$

где $W_{пл}$ – пластический момент сопротивления сечения штыря; (для сплошного круглого сечения $W_{пл}=\frac{d^3}{6}$);

M – максимальный изгибающий момент, вычисляемый по формуле

$$M=\frac{Pd}{m}\xi\,, \qquad (5.11)$$

где ξ – коэффициент, учитывающий характер распределения нагрузки по длине штыря (черт.5.3).

Значения ξ для двухсрезных и многосрезных соединений определяется в пп.5.3.6–5.3.7 в зависимости от величины α, характеризующей жёсткость соединения (п.5.3.5). Значения ξ для односрезных соединений определяется в п.5.3.8.

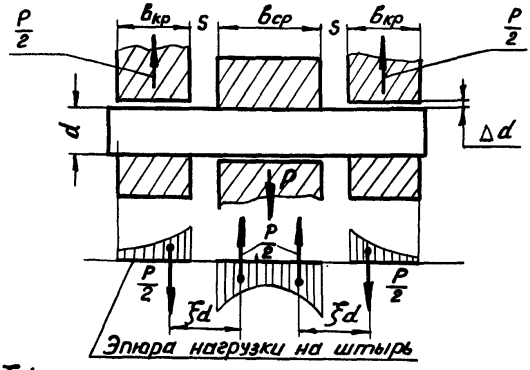
В запас прочности можно принимать

– $\alpha=1$ при $\frac{D}{d}\geq 2$ и $\frac{P}{d}>2{,}6$,

где P – нагрузка на соединение в т;

d – диаметр штыря в см;

– $\alpha=0{,}5$ при $\frac{D}{d}<2$ или $\frac{P}{d}\leq 2{,}6$.



ξd – расстояние между равнодействующими

Черт. 5.3

При расчете по формуле (5.10) за допустимый запас прочности принимается такой же запас статической прочности, как и для

других элементов данной конструкции.

5.3.5. Величина $\mathcal{K}$ зависит от геометрических и механических характеристик соединения и действующей на соединение нагрузки.

Значение $\mathcal{K}$ вычисляется по формуле

$$\mathcal{K}=\sqrt[4]{\frac{d^4}{4J}\cdot\frac{\mathcal{K}_0\mathcal{K}_1}{\mathcal{K}_0+\mathcal{K}_1}}\ , \qquad (5.12)$$

где $$\mathcal{K}_1=\sqrt{\frac{D}{d}-1{,}1} \qquad (5.13)$$

$$\mathcal{K}_0=\frac{d}{EC}\sqrt{\frac{1{,}5q}{\frac{\Delta d}{C\sqrt{1{,}5q}}+2{,}25}}\ , \qquad (5.14)$$

d – диаметр штыря, в см;

D – меньший из внешних диаметров проушин, в см;

J – момент инерции сечения штыря, в см;

$\Delta d=(d_0-d)_{max}$ – радиальный зазор в соединении;

q – удельная нагрузка на соединение.

q определяется по формулам

$$q=\begin{cases}\dfrac{P}{d\,b_{cp}} & \text{при } b_{cp}\le d\\[2ex] \dfrac{P}{d^2} & \text{при } b_{cp}\ge d\end{cases} \qquad (5.15)$$

P – действующая на соединение нагрузка; в кгс;

C – контактная податливость, принимаемая

$C=3\cdot10^{-5}\ \frac{см\cdot см}{кгс^{0,5}}$ – для радиальных зазоров, не превышающих зазоры при посадке A_3/X_3;

$C=2\cdot10^{-5}\ \frac{см\cdot см}{кгс^{0,5}}$ – для зазоров, не превышающих зазоры при посадке A_5/X_5;

$C=1\cdot10^{-5}\ \frac{см\cdot см}{кгс^{0,5}}$ – для зазоров, больших, чем при посадке A_5/X_5.

В частном случае стального круглого штыря

$$\mathcal{K}=1{,}5\sqrt[4]{\frac{\mathcal{K}_0\mathcal{K}_1}{\mathcal{K}_0+\mathcal{K}_1}}\ .$$

Значения $\mathcal{K}_0$ и формулы для определения $\mathcal{K}_1$ сведены в табл. 5.2 и 5.3.

Таблица 5.2

Значения α_0 для стального круглого штыря

Посадка	α_0
A/X	$\frac{d}{70}\sqrt{\frac{1,5q}{\frac{40d}{\sqrt{1,5q}}+2,25}}$
A_3/X_3 – – A_5/X_5	$\frac{d}{50}\sqrt{\frac{1,5q}{\frac{500d}{\sqrt{1,5q}}+2,25}}$
Зазор больше, чем при A_5/X_5	$\frac{d}{20}\sqrt{\frac{1,5q}{\frac{10000d}{\sqrt{1,5q}}+2,25}}$

Таблица 5.3

Значения α_1 для стального круглого штыря

D/d	α_1
3,00	1,38
2,00	0,95
1,75	0,81
1,50	0,63

В случае двухсрезного соединения типа вилка-вилка за $b_{ср}$ принимается суммарная ширина внутренних проушин (5.4).

5.3.6. Значения ξ для двухсрезного соединения принимаются следующими:

при $\alpha \leq 0,5$

$$\xi = \frac{S}{d} + \frac{b_{кр}}{2d} + \frac{b_{ср}}{4d}\ ; \qquad (5.16)$$

при $0,5 \leq \alpha \leq 1,5$

$$\xi = \xi_{гр} + \frac{S}{d}\ , \qquad (5.17)$$

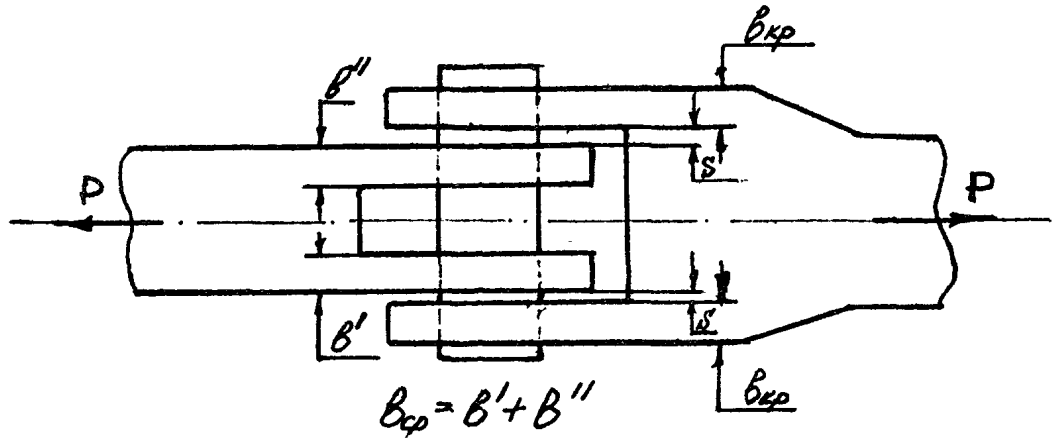
где $\xi_{гр}$ – значение, найденное по графикам (черт.5.5-5.9)*

при соответствующих значениях α, $\frac{b_{кр}}{d}$, $\frac{b_{ср}}{d}$

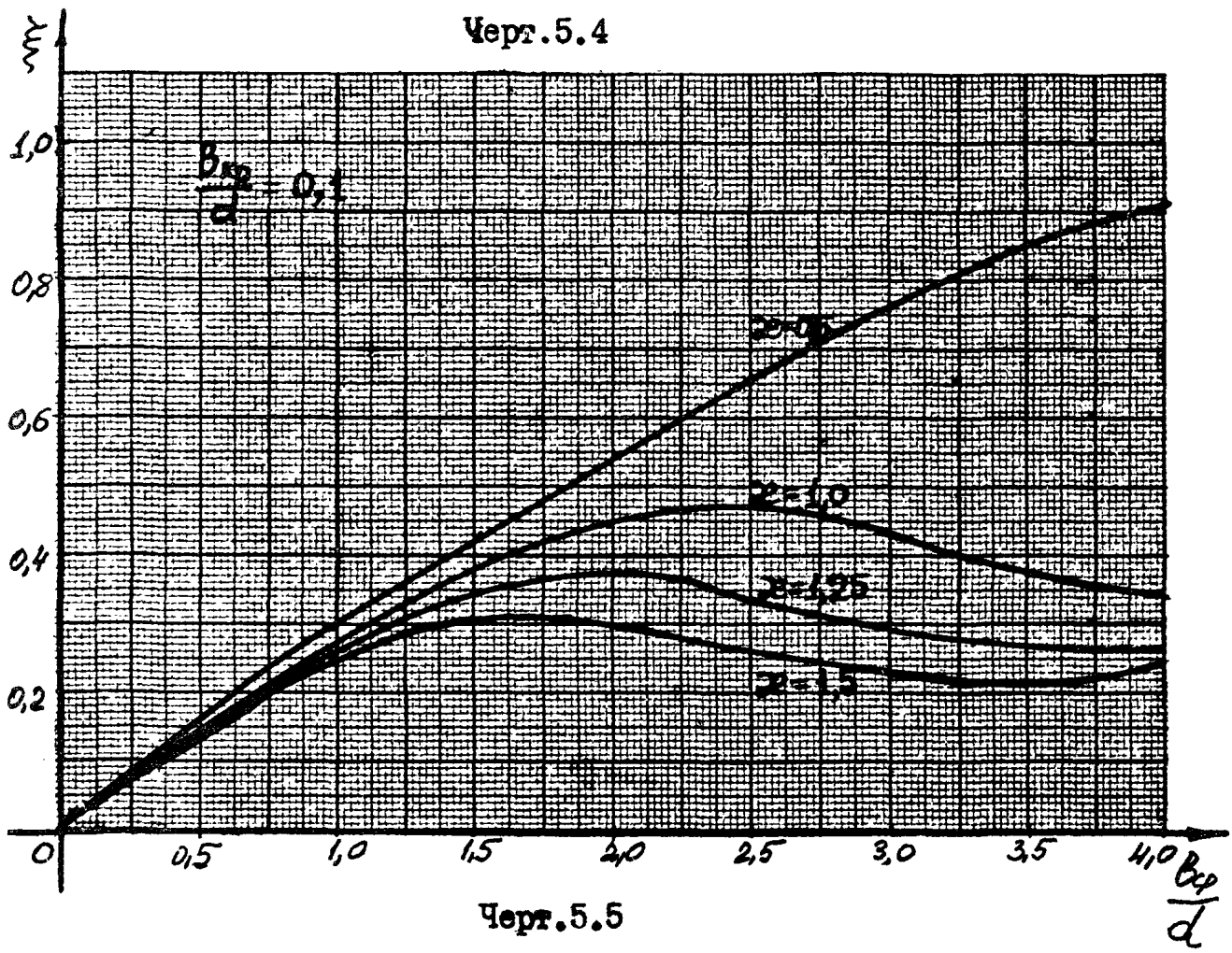
($\xi_{гр}$ находится линейной интерполяцией); для промежуточных значений α и $\frac{b_{кр}}{d}$).

При $\alpha > 1,5$

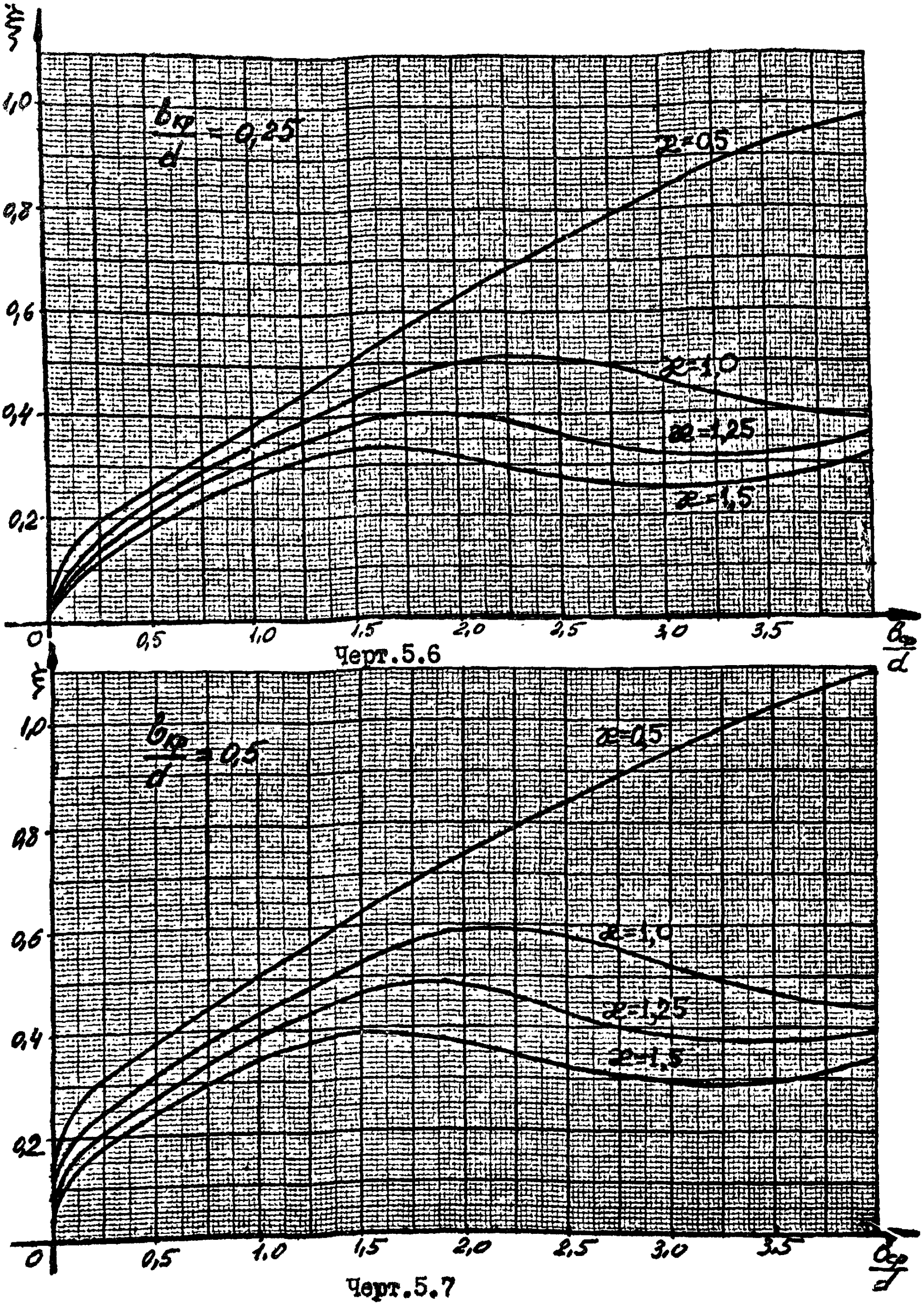
*) Графики 5.5-5.9 построены в предположении, что высота крайней проушины до отверстия (H на черт. 5.2а) не более $2,5d$.



Черт.5.4

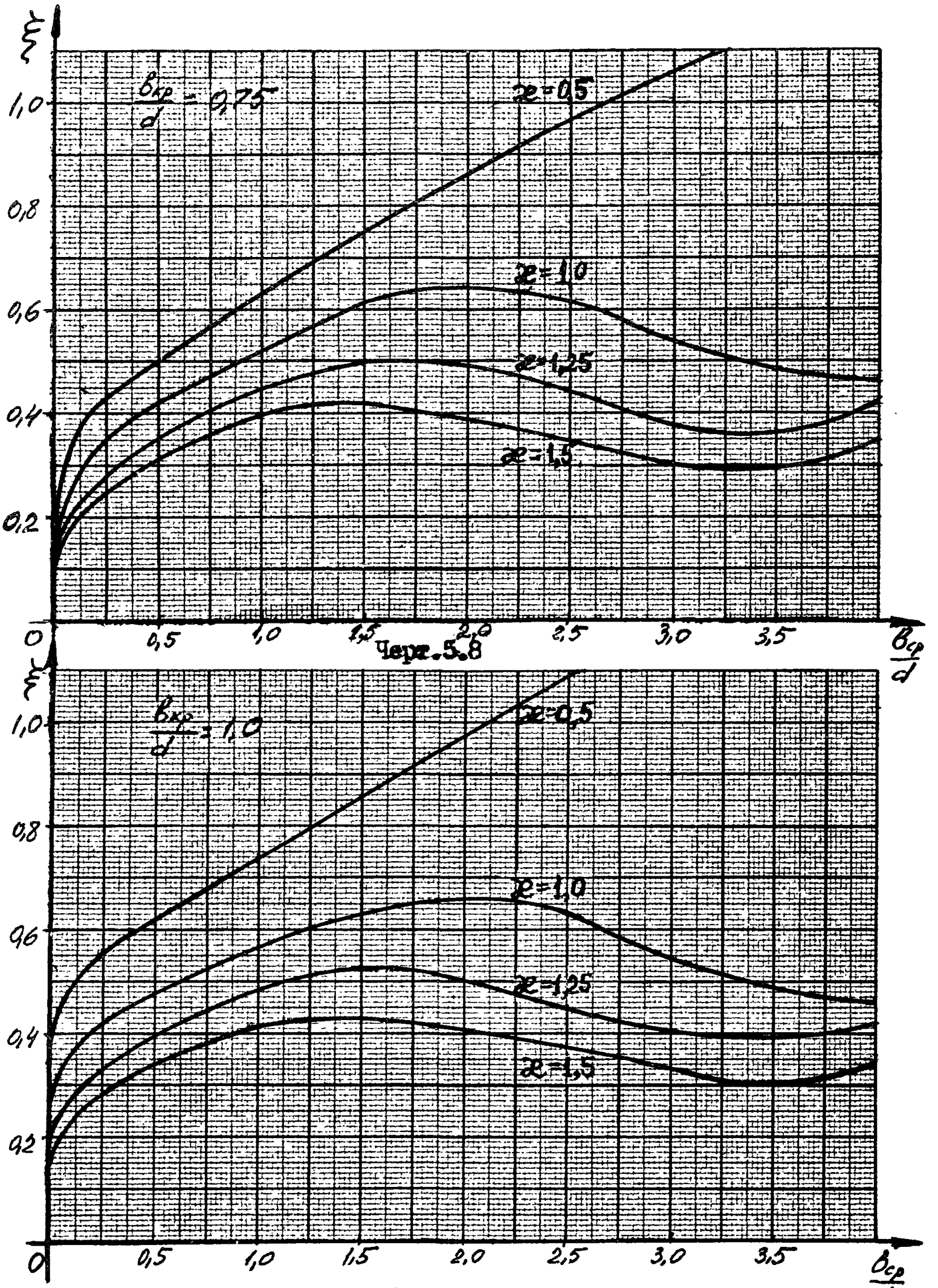


Черт.5.5



Черт.5.6

Черт.5.7



Черт.5.8

Черт.5.9

ξ принимаются тем же, что и при $\alpha=1,5$.

При $\frac{b_{ср}}{d}>3,5$ значения $\xi_{гр}$ принимаются теми же, что и при $\frac{b_{ср}}{d}=3,5$.

При $\frac{b_{кр}}{d}<0,1$ значения $\xi_{гр}$ определяются по формуле

$$\xi_{гр}=\xi_{0,1}+\frac{b_{кр}}{2d}-0,05, \qquad (5.18)$$

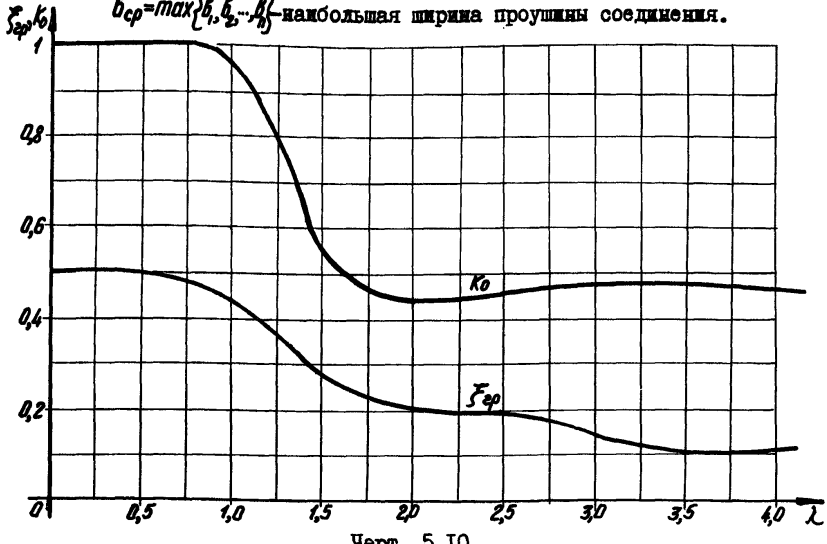
где $\xi_{0,1}$ значение $\xi_{гр}$ для $\frac{b_{кр}}{d}=0,1$.

5.3.7. Значение ξ для многосрезного соединения $m>2$ вычисляется по формуле

$$\xi=\xi_{гр}\frac{b_{ср}}{2d}+K_0\frac{s}{2d}, \qquad (5.19)$$

где $\xi_{гр}$, K_0 – коэффициенты, определяемые по графику 5.10 в зависимости от $\lambda=\alpha\frac{b_{ср}}{2d}$ (α –см. п.5.3.5.).

$b_{ср}=max\{b_1, b_2, \ldots, b_n\}$ – наибольшая ширина проушины соединения.



Черт. 5.10

5.3.8. Значение ξ для односрезного соединения (черт. 5.11) определяется по формуле

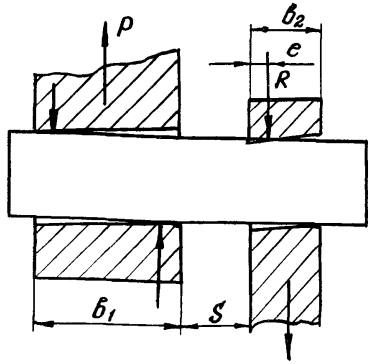
$$\xi = \frac{S}{d} + \xi_0 ,$$

где

$$\xi_0 = \begin{cases} 0,3 & \text{при } b_2 \geq 0,6d \\ \frac{b_2}{2d} & \text{при } b_2 < 0,6d \end{cases}$$

(5.20)

За b_2 в формуле (5.20) принята наименьшая ширина проушины односрезного соединения.



Черт.5.II.

5.3.9. Расчет проушин на растяжение в зоне отверстия производится по нормальным напряжениям σ, определяемым по формуле:

$$\sigma = \frac{P}{F} = \frac{P}{B(D-d)\cdot K_d} \leq \frac{\sigma_T}{[n]} ,$$

(5.2I)

где P - нагрузка, приходящаяся на одну проушину;

B - ширина рассматриваемой проушины;

D - диаметр внешнего контура проушины;

K - коэффициент, принимаемый равным:

- для двухсрезных и многосрезных соединений

$K=1$ - для средних проушин,

$K=0,9$ - для крайних проушин из стали,

$K=0,75$ - для крайних проушин из алюминиевых сплавов;

- для односрезных соединений

$K = \frac{1}{4,5 + \frac{2S}{\delta_1}}$ - для проушины большей ширины (см. черт.5.II);

$K = 0,35$ - для проушины меньшей ширины;

α - коэффициент снижения;

$\alpha = 1$ - если относительное смещение $\frac{c}{d}$ центра внешнего контура относительно центра отверстия не меньше величины, указанной в табл.5.I.

$$\alpha = 1,025 + 0,92\frac{c}{d} \cdot \frac{1}{\frac{D}{d} - 1} - 0,1\frac{D}{d}, \qquad (5.22)$$

если $\frac{c}{d}$ меньше величины, указанной в табл.5.I.

5.3.10. Проушины с внешними скосами (черт.5.2,5.I2) должны проверятся вне зоны отверстия на изгиб и срез, если при конструировании не соблюдены условия (5.5).

Проверка на изгиб проводится в двух сечениях А-А и Б-Б (черт.5.12).

Нормальные напряжения в сечении А-А равны

$$\sigma_a = \frac{M_A}{W_A} + \frac{N_A}{F_A} = \frac{P}{D \cdot \delta} \cdot \frac{4h_0^2 + 3\delta^2 - 4h_1 h_0}{(2h_0 + h_1)^2}. \qquad (5.23)$$

Напряжения в сечении Б-Б равны

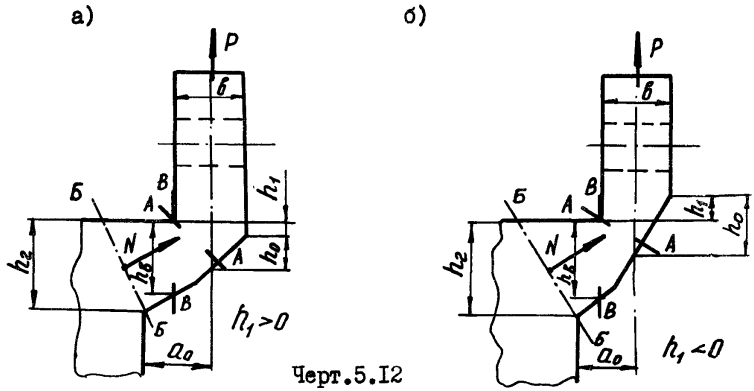
$$\sigma_б = \frac{M_б}{W_б} + \frac{N_б}{F_б} = \frac{P}{D \cdot h_2}\left(\frac{3a_0}{h_2} + \sqrt{\left(\frac{3a_0}{h_2}\right)^2 + 4}\right). \qquad (5.24)$$

Проверка на срез проводится в сечении В-В.

Касательные напряжения среза в этом сечении равны

$$\tau = \frac{3P}{2Dh_в}. \qquad (5.25)$$

Значения δ, h_0, h_1, h_2, $h_в$, a_0 показаны на черт.5.I2.



Черт.5.I2

5.3.II. Разборность соединения определяется величинами остаточных деформаций проушин и остаточных деформаций штыря.

Проверку разборности соединения производить не требуется, если условия (5.9) не выполняются, посадка менее плотная, чем A/X и $\frac{D}{d}<2{,}5$.

В этом случае деформации штыря упруги, а остаточная деформация проушин очень мала и не влияет на разборность соединения.

Если условия (5.9) не выполняются, но посадка более плотная, чем A/X или $\frac{D}{d}>2{,}5$, следует проверять разборность соединения по деформациям проушин. Ориентировочная величина нагрузки, при которой обеспечивается разборность соединения (-остаточная дефомация проушины составляет 0,03% диаметра штыря) может быть определена по ОСТ 92-0I37-70.

При выполнении условий (5.9) разборность соединения определяется остаточными деформациями штыря.

В этом случае условие разборности имеет вид

$$M_{расч.} < M_{пред.}\ , \qquad (5.26)$$

где $M_{расч.}$- расчетный момент, определяемый по формуле (5.II):,

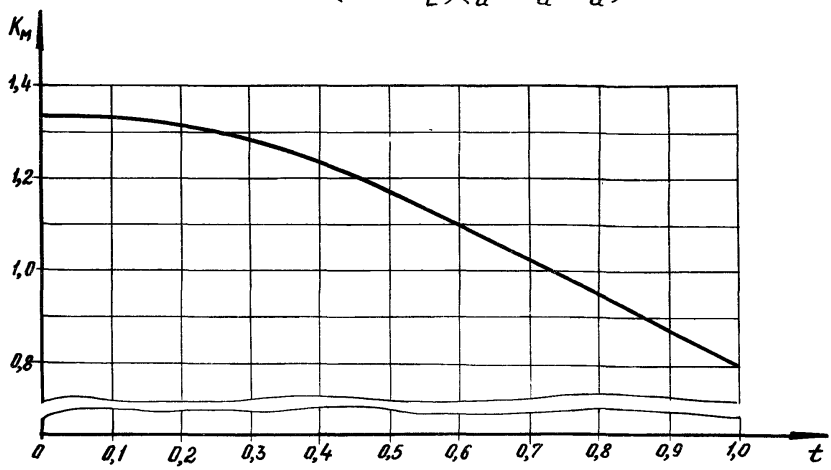
$M_{пред.}$- предельный момент, определяемый по формуле

$$M_{пред}=\frac{\sigma_т\, d^3}{8}\cdot K_м\ , \qquad (5.27)$$

где $K_м$ – коэффициент .

Коэффициент $K_м$ находится по графику 5.I3 в зависимости от величины

$$t = \frac{1}{1 + 12\frac{\Delta d}{d} \cdot \frac{1}{\left(0{,}002 + \frac{\sigma_т}{E}\right)\left(\frac{b_{кр}}{d} + \frac{b_{ср}}{d} + \frac{2S}{d}\right)^2}} \cdot \qquad (5.28)$$



Черт. 5.I3

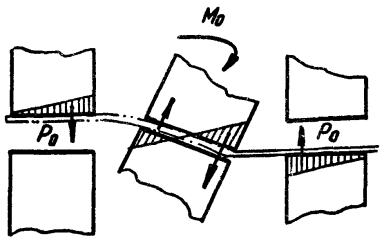
5.4. Прочность двухсрезных соединений, нагруженных моментом

5.4.I. Прочность двухсрезного соединения, нагруженного внешним моментом M_0 определяется теми же расчетными случаями, что и при действии осевой силы (см.пп.5.3.2).

Расчет штыря на срез производится по формуле (5.8); при этом сила, приходящая на одну плоскость среза берется равной

$$P_0 = \frac{P}{m} = \frac{M_0}{b_{ср} + 2S + \frac{2}{3}b_{кр}} \cdot \qquad (5.29)$$

Формула (5.29) получена, исходя из схемы работы штыря, показанной на черт.5.I4.

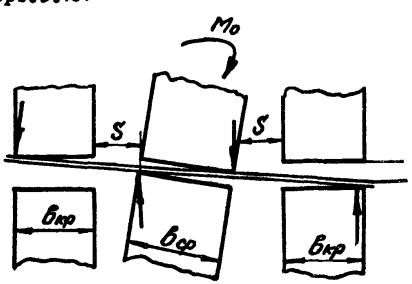


Черт.5.I4

Расчет штыря на изгиб производится по формуле (5.I0), при этом максимальный изгибающий момент определяется по формуле:

$$M = \frac{b_{кр} + 2S}{b_{ср} + 2S + 2b_{кр}} \cdot M_0 \qquad (5.30)$$

Формула (5.30) получена, исходя из схемы работы штыря, показанной на черт.5.I5.



Черт.5.I5

Проверка прочности средней проушины производится по формуле:

$$\sigma = \frac{3{,}5\ M_0}{b_{ср}^2\ (D-d)} \leq \frac{\sigma_т}{[n]} . \qquad (5.31)$$

Проверка прочности крайней проушины производится аналогично проверке прочности при осевом нагружении (см.пп.5.3,9., 5.3.I0); при этом нагрузка, приходящаяся на крайнюю проушину, определяется по формуле (5.29).

6. ОПОРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

6.I. Общие положения

6.I.I. К опорным соединениям, рассматриваемым в настоящем стандарте, относятся:

- цилиндрические шарниры;
- шарнирные подшипники;
- шаровые опоры;
- опорные катки;
- ходовые катки;
- опорно-поворотные устройства.

Особенностью работы этих соединений является то, что в зоне и вблизи силовых контактов, передающих концентрированные сжимающие нагрузки, действует система местных напряжений и деформаций, относящаяся к контактной задаче теории упругости.

6.I.2. По виду контакта опорные соединения можно разделить на две группы:

а) соединения, детали которых имеют большую номинальную площадь контакта (цилиндрические шарниры, шарнирные подшипники, шаровые опоры);

б) соединения, детали которых имеют начальное касание в точке или по линии (опорные катки, опорно-поворотные устройства, ходовые катки).

6.I.3. Критериями для оценки работоспособности и надежности опорных соединений в зависимости от той группы, к которой они относятся, служат величины:

p - удельное давление для соединений с большой площадью контакта;

$\sigma_к$ - контактное напряжение для соединений с точечным

или линейным контактом.

При проверочном расчете опорных соединений должны быть выполнены условия

$$p \leq [p] \qquad \text{или} \qquad \sigma_к \leq [\sigma_к].$$

6.2. Цилиндрические шарниры

6.2.I. Цилиндрические опорные шарниры (черт.6.I) применяются для соединения отдельных сборочных единиц металлоконструкций и элементов.

Цапфа и вкладыш шарнира в зависимости от режима и условий работы изготовляются из различных материалов.

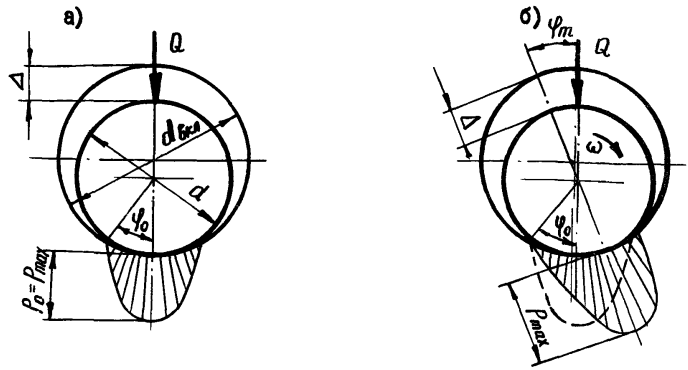
При малых скоростях и больших удельных давлениях, отсутствии постоянной смазки, а также возможности появления перекосов в шарнире рекомендуется применять вкладыши из неметаллических материалов (текстолита, капрона, полиамидных смол).

Отношение длины вкладыша в диаметру цапфы рекомендуется выбирать в пределах $\ell/d = 0{,}5 - I{,}0$.

Для ответственных конструкций предельные отклонения шарнирного соединения рекомендуется принимать по 3-му классу точности (посадки Аз/Сз и Аз/Хз).

Шероховатость цилиндрических поверхностей шарнира рекомендуется назначать не грубее $\sqrt{2{,}5}$ - $\sqrt{I{,}25}$.

6.2.2. Шарнирное соединение образуется охватывающей и охватываемой цилиндрическими поверхностями, диаметры которых d и $d_{вкл}$ почти равны.



Черт.6.I.

Диаметральный зазор $\Delta = d_{бкл} - d$ в соединении составляет величину, на несколько порядков меньшую, чем диаметры самих тел; дуга контакта под нагрузкой получается соизмеримой с радиусами контактирующих цилиндров.

6.2.3. Максимальное давление на рабочей поверхности для неподвижного состояния соединения ($\omega = 0$; черт.6.Iа) в направлении действия силы определяется по формуле

$$p_{max} = p_0 = K_0 \cdot p_{cp} \leq [p], \qquad (6.I)$$

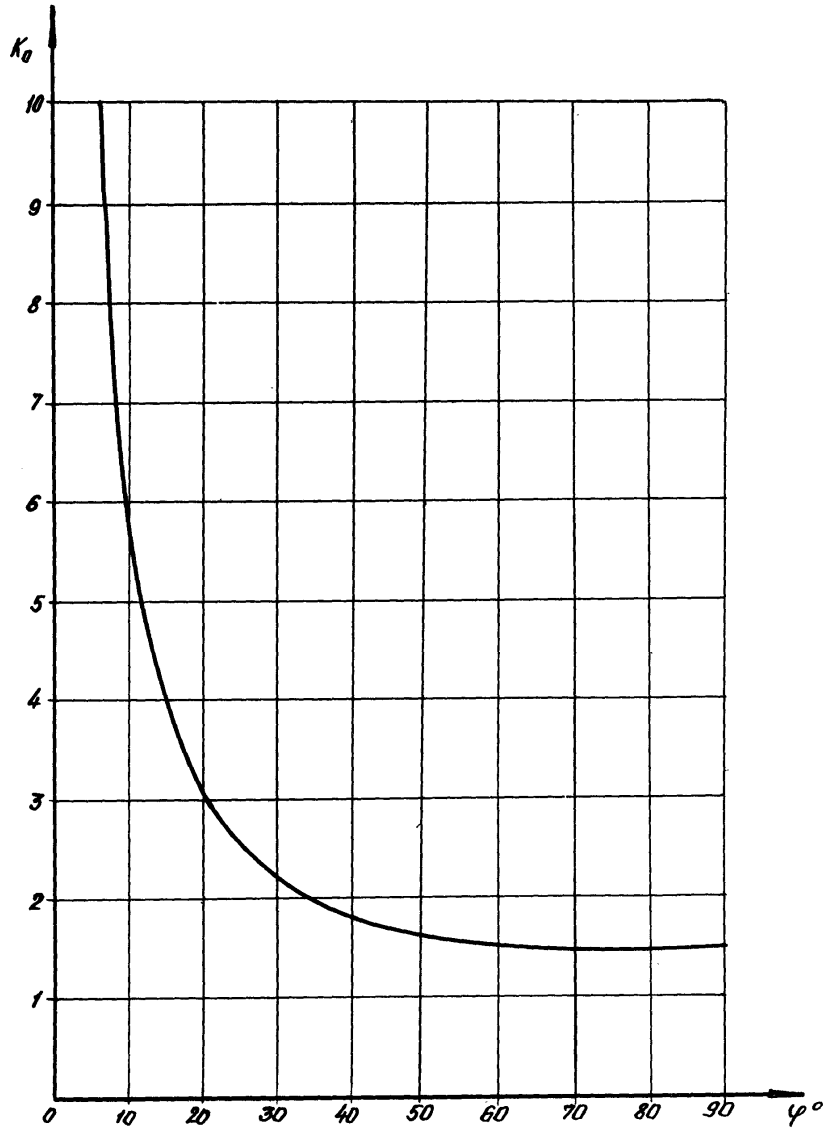
где $p_{cp} = \frac{Q}{d\ell}$ - среднее удельное давление, отнесенное к площади проекции цапфы;

p_0 - давление в точке $\varphi_0 = 0$ контактной поверхности (в случае неподвижной цапфы $p_0 = p_{max}$);

$K_0 = \frac{3}{\sin\varphi_0 (2 + \cos^2\varphi_0)}$; график зависимости

K_0 от угла φ_0 представлен на черт.6.2

График коэффициента K_0



Черт. 6.2

φ_0 - половина дуги контакта, определяемая по зависимости

$$\varphi_0 = 0{,}9\sqrt[4]{\frac{2p_{cp}}{E_{пр}\psi}} \text{ рад.} \qquad (6.2)$$

Для вкладышей из неметаллических материалов $\varphi_0 = \frac{\mathcal{F}}{2}$;

$E_{пр} = \frac{2E_1E_2}{E_1+E_2}$ - приведенный модуль нормальной упругости для материалов цапфы и вкладыша;

$\psi = \frac{\Delta}{d}$ - относительный зазор.

6.2.4. В случае вращения цапфы с относительно небольшой скоростью ($\omega \leq 0{,}1$ 1/сек , черт.6.I.б), при которой устанавливается режим полусухого трения, давление p_{max} определяется по формуле .

$$p_{max} \approx p_0' + 2f \cdot p_1, \qquad (6.3)$$

где $$p_0' = \frac{K_0}{1+f^2} \cdot p_{cp} ; \qquad (6.4)$$

$$p_1 = \frac{K_1 \cdot f}{1+f^2} \cdot p_{cp} ; \qquad (6.5)$$

K_0 - коэффициент (см.черт.6.2);

$K_1 = \frac{5}{2\sin^3\varphi_0\left(\frac{2}{3}+\cos^2\varphi_0\right)}$; график зависимости K_1 от угла φ_0 (см.формулу 6.2) представлен на черт6.3;

f - коэффициент трения. Значения f при полусухом трении приведены в табл.6.I.

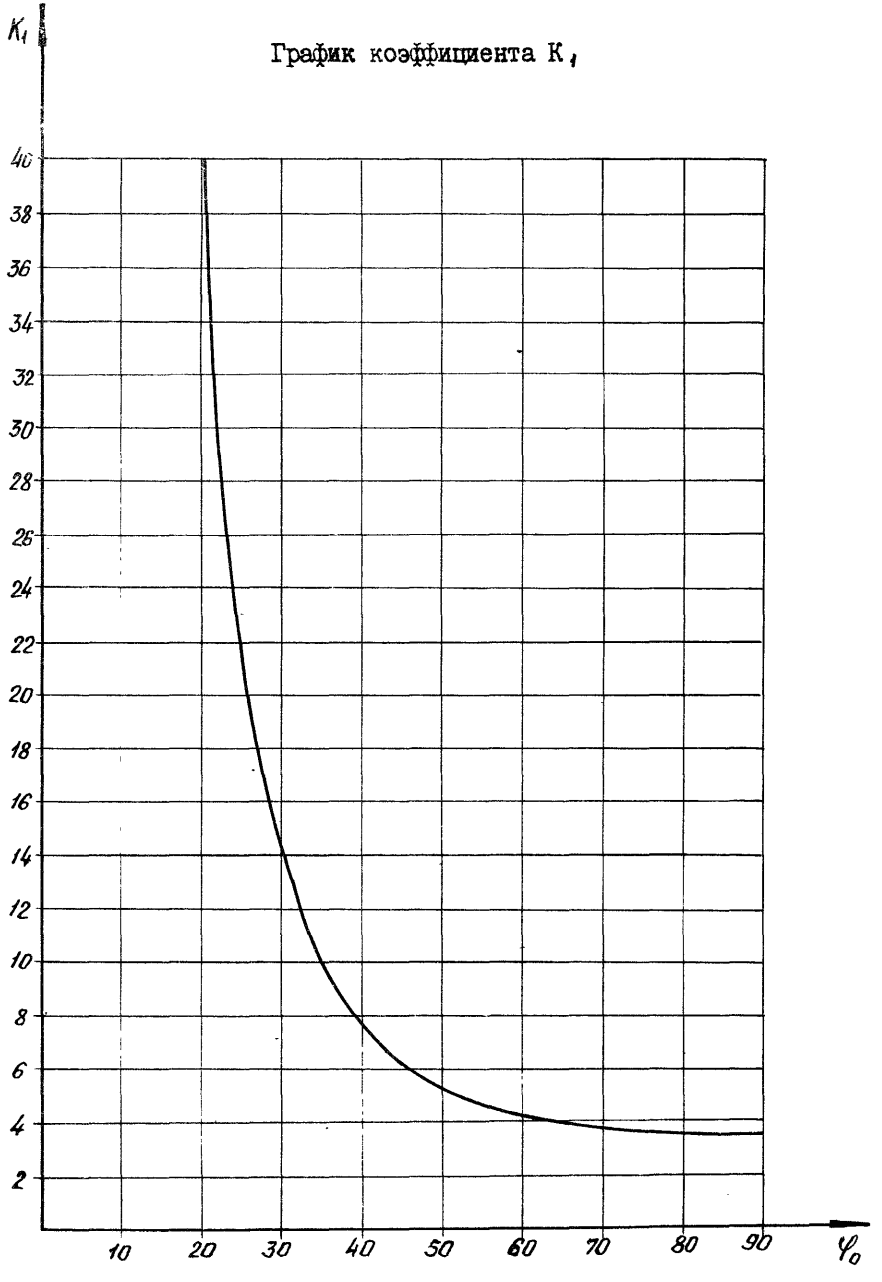


График коэффициента K_1

Черт. 6,3

Таблица 6.I

Коэффициент трения f

Материал	f
Сталь по стали, серому чугуну	0,I5-0,20
Сталь по антифрикционному чугуну	0,I5-0,I6
Сталь по бронзе, алюминиевым сплавам	0,I0-0,I5
Сталь по баббиту	0,08-0,I2
Сталь по текстолиту	0,I5-0,25
Сталь по полиамидам	0,I0-0,I6
Сталь по фторопласту	0,05-0,08

Примечание. Большие значения f относятся для опор, работающих с бедной смазкой.

6.2.5. Допускаемое удельное давление для вкладыша шарнирного соединения из стали определяется по формуле

$$[p] = \frac{K_{см} \cdot \sigma_т}{[n]}, \qquad (6.6)$$

где $K_{см}$ - коэффициент, учитывающий подвижность соединения (см.табл.4.7).

Допускаемые удельные давления для вкладышей из бронз и неметаллических материалов выбираются по табл.6.2.

Таблица 6.2

Допускаемые удельные давления $[p]$

Материал	$[p]$, кгс/см^2
Бронза Бр.АЖ9-4	650-450
Бронза Бр.ОФ10-1	900-500
Полиамидные смолы П68, П-68Т10	1000
Капрон	900
Текстолит ПТК	750

Примечания:

1. Для бронзы следует принимать большие значения удельных давлений для вкладышей, работающих в условиях обильной смазки.

2. Приведенные удельные давления для текстолита соответствуют следующим режимам термообработки:

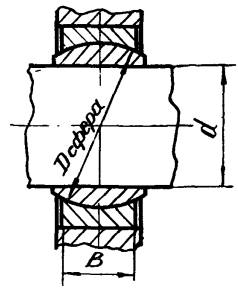
- для смазываемых вкладышей- сушка в течение 30-ти часов при температуре 100-111°С с последующей механической обработкой не более чем через 1-2 часа и густо смазать;

- для несмазываемых вкладышей- термообработка в течение трех часов в трансформаторном масле ГОСТ 10121-62 при температуре 95±5°С.

6.3. Шарнирные подшипники

6.3.1. Шарнирные подшипники (черт.6.4) применяются в подвижных и неподвижных соединениях для обеспечения нормальной

работы соединения при значительном перекосе оси внутреннего кольца относительно наружного в результате монтажа, а также при качании элементов соединения друг относительно друга на угол $\pm 8^0$ в плоскости, перпендикулярной продольной оси вала.



Черт.6.4

6.3.2. Параметрический ряд и нагрузочная способность шарнирных подшипников диаметром вала до 50 мм даны в ГОСТ3635-54.

При проектировании шарнирных подшипников диаметром вала больше 50 мм или необходимости применения своего типоразмера рекомендуется руководствоваться вышеупомянутым СТАНДАРТОМ при выборе соотношений между диаметрами вала и сферы и шириной сферы.

Так, отношение $\frac{d}{D_{сф}}$ рекомендуется брать в пределах 0,66-- 0,76, а $\frac{B}{D_{сф}} = 0,35 - 0,45$.

Диаметр корпуса, в который запрессовывается наружное кольцо подшипника, должен быть не менее двух диаметров наружного диаметра подшипника для подвижного соединения и не менее трех диаметров для неподвижного соединения.

6.3.3. Подшипники рекомендуется изготовлять из хромистой стали, твердость внутреннего и наружного колец должна быть в пределах *HRC* 58-64.

Осевой зазор между внутренним и наружным кольцами рекомендуется принимать в пределах:

а) для подшипников подвижных соединений с диаметром отверстия до 40 мм - 0,03 - 0,I0 мм под нагрузкой 5 кгс, для подшипников с диаметром от 40-70 мм - 0,05 - 0,I5 под нагрузкой I0 кгс и для подшипников с диаметром свыше 70 мм - 0,08 - 0,20 мм под нагрузкой I5 кгс;

б) для подшипников неподвижных соединений с диаметром отверстия до 40 мм - до 0,03 мм при измерении под нагрузкой 5 кгс, для подшипников с диаметром от 40 до 70 мм - до 0,05 мм при измерении под нагрузкой I0 кгс и для подшипников с диаметром свыше 70 мм - до 0,08 мм под нагрузкой I5 кгс.

Шероховатость сферических поверхностей рекомендуется назначать:

а) для подшипников, изготовленных на специализированных заводах, наружного кольца - не грубее $\overset{0,63}{\nabla}$, внутреннего - не грубее $\overset{0,I6}{\nabla}$;

б) для подшипников, изготовленных на неспециализированных заводах, наружного кольца - не грубее $\overset{2,5}{\nabla}$, внутреннего - не грубее $\overset{I,25}{\nabla}$.

6.3.4. Контактная прочность колец подшипников должна удовлетворять условию

$$P = \frac{Q}{D_{сф} \cdot B} \leq [P], \qquad (6.7)$$

где Q - сжимающая нагрузка;

$D_{сф}$ - диаметр сферической поверхности;

B - ширина наружного кольца подшипника.

6.3.5. Допускаемые удельные давления для шарнирных подшипников принимаются:

а) для подшипников, изготовленных на специализированных заводах,

- для подвижных соединений $[p] = 2500$ кгс/см^2;
- для неподвижных соединений $[p] = 5000$ кгс/см^2;

б) для подшипников, изготовленных на неспециализированных заводах,

- для подвижных соединений $[p] = 1000$ кгс/см^2
- для неподвижных соединений $[p] = 3000$ кгс/см^2.

6.4. Шаровые опоры

6.4.1. При расчете шаровых опор следует руководствоваться ОСТ 92-8448-74.

6.5. Опорные катки

6.5.1. Опорные катки и шары применяются как отдельные опорные элементы под металлоконструкции, так и в опорно-поворотных устройствах.

В зависимости от формы тел качения контакт в соединении может быть точечным или линейным.

6.5.2. Максимальное контактное напряжение рассчитывается по формуле, в основу которой положена теория Герца,

$$\sigma_к = \frac{3}{2} \cdot \frac{Q}{F \cdot ab} \leq [\sigma_к], \qquad (6.8)$$

где Q - нагрузка на каток;

a и b - полуоси эллиптической площадки контакта.

$$a = \gamma_1 \left[\frac{3}{8} \cdot \frac{Q}{\Sigma\rho} \left(\vartheta_1 + \vartheta_2 \right) \right]^{1/3}; \quad (6.9)$$

$$b = \gamma_2 \left[\frac{3}{8} \cdot \frac{Q}{\Sigma\rho} \left(\vartheta_1 + \vartheta_2 \right) \right]^{1/3} \quad (6.10)$$

$\Sigma\rho = (\rho_{11} + \rho_{12} + \rho_{21} + \rho_{22})$ - сумма величин, обратных радиусам кривизны $\rho = \frac{1}{R}$ контактируемых поверхностей; кривизна положительная, если её центр расположен внутри тела, ограниченного данной поверхностью;

ρ_{11} и ρ_{12} - главная кривизна первого тела (черт.6.5) в двух взаимно перпендикулярных плоскостях;

ρ_{21} и ρ_{22} - главная кривизна второго тела;

ϑ_1 и ϑ_2 - коэффициенты Кирхгофа, характеризующие упругие свойства материала каждого тела; определяются по формуле

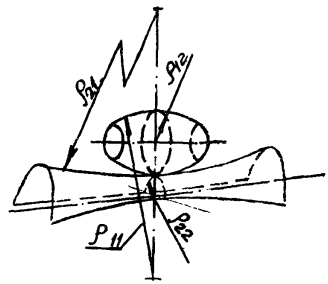
$$\vartheta = \frac{4(1-\mu^2)}{E}; \quad (6.11)$$

μ - коэффициент Пуассона для одного из тел (для стали $\mu = 0{,}3$);

γ_1 и γ_2 - коэффициенты, учитывающие кривизну поверхностей упругих тел в районе их касания; определяются в зависимости от угла τ

$$\cos\tau = \frac{-\rho_{11} + \rho_{12} - \rho_{21} + \rho_{22}}{\rho_{11} + \rho_{12} + \rho_{21} + \rho_{22}} \quad (6.12)$$

Значения γ_1 и γ_2 приведены в табл.6.3.



Черт.6.5

Таблица 6.3

Коэффициенты ν_1 и ν_2

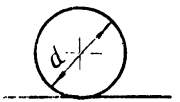
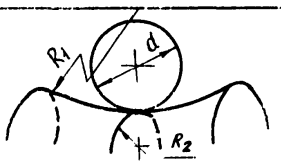
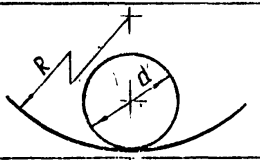
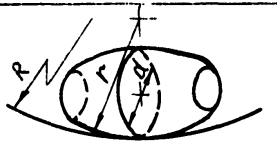
$Cos\tau$	ν_1	ν_2	$Cos\tau$	ν_1	ν_2
0,00	I,00	I,000	0,800	2,29	0,539
0,I0	I,07	0,93I	0,850	2,60	0,506
0,20	I,I5	0,87I	0,900	3,09	0,46I
0,30	I,25	0,82I	0,950	4,08	0,396
0,40	I,36	0,760	0,970	5,09	0,356
0,50	I,46	0,72I	0,990	7,88	0,290
0,60	I,66	0,666	0,997	I2,2I	0,224
0,70	I,89	0,6I0	I,000	-	0,000

В табл.6.4 приведены расчетные формулы размеров контактных площадок для часто встречающихся случаев контактирования деталей с учетом их одинаковых упругих свойств ($E_I=E_2=2,I\cdot I0^4$ кгс/мм^2; $\mu_1=\mu_2=0,3$; нагрузка в кг; размеры тел в мм).

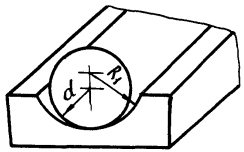
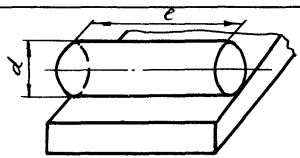
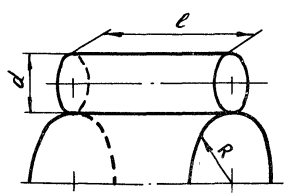
6.5.3. Допускаемое контактное напряжение зависит как от марки материала и твердости поверхностного слоя, так и от шероховатости поверхностей деталей соединения:

Таблица 6.4

Формулы для определения полуосей a и b и $\cos\tau$

Контактируемые детали	Эскиз	a и b, мм	$\cos\tau$
Шар с плоской плитой		$a = 0{,}0318\sqrt[3]{(Qd)}$	0
Шар с тороидальной поверхностью (знак минус берется для охватывающей поверхности радиусом R_2)		$a = 0{,}108\,v_1\left(\frac{Q}{\frac{4}{d} \pm \frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}}\right)^{1/3}$ $b = 0{,}108\,v_2\left(\frac{Q}{\frac{4}{d} \pm \frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}}\right)^{1/3}$	$\frac{\pm\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1}}{\frac{4}{d} + \frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}}$
Шар с охватывающей сферой		$a = b = 0{,}0856\left(\frac{Q}{\frac{2}{d} - \frac{1}{R}}\right)^{1/3}$	0
Бочкообразное тело с охватывающей сферой (знак плюс перед $\frac{1}{R}$ берется при контакте с выпуклой сферой		$a = 0{,}108\,v_1\left(\frac{Q}{\frac{2}{d} + \frac{1}{r} - \frac{1}{R}}\right)^{1/3}$ $b = 0{,}108\,v_2\left(\frac{Q}{\frac{2}{d} + \frac{1}{r} - \frac{1}{R}}\right)^{1/3}$	$\frac{\frac{2}{d} - \frac{1}{r}}{\frac{2}{d} + \frac{1}{r} - \frac{1}{R}}$

Продолжение табл. 6.4

Контактируемые детали	Эскиз	a и b, мм	$\cos\tau$
Шар с прямолинейным желобом		$a = 0{,}108\,\nu_1 \left(\frac{Q}{\frac{4}{d} - \frac{1}{R_1}}\right)^{1/3}$ $b = 0{,}108\,\nu_2 \left(\frac{Q}{\frac{4}{d} - \frac{1}{R_1}}\right)^{1/3}$	$\frac{\frac{1}{R_1}}{\frac{4}{d} - \frac{1}{R_1}}$
Цилиндр с плоскостью		$a = \ell$ $b = 0{,}0073 \left(\frac{Q}{\ell d}\right)^{1/2}$	0
Цилиндр с выпуклой (плюс) и охватывающей (минус) цилиндрическими поверхностями		$a = \ell$ $b = 0{,}01 \left[\frac{Q}{\ell\left(\frac{2}{d} \pm \frac{1}{R}\right)}\right]^{1/2}$	0

а) предельные значения контактных напряжений при расчете по Герцу для тел качения и колец, изготовленных на специализированных заводах из сталей, латуни и бронзы с шероховатостью поверхности $\sqrt{0,04}$, а также из пластмассы Р-6 с шероховатостью поверхности $\sqrt{0,32}$, приведены в табл.6.5.

Таблица 6.5

Допускаемое контактное напряжение

$[\sigma_к]$, кгс/мм^2	при твердости HRC *)	Рекомендуемый материал
670	70	Сталь легированная ШХ15,ШХ6, ШХ9,ШХ15СГ,12ХН3А,20ХН4А, 38ХМЮА, после цементации, азотирования,цианирования
520–600	60–65	
450–520	55–60	
390–450	50–55	Сталь среднеуглеродистая легированная 40Х,40ХН,40ХНМА после объёмной закалки или низкоуглеродистая легированная 15Х,20Х после цементации
320–390	45–50	
250–320	40–45	Сталь среднеуглеродистая с поверхностной закалкой ТВЧ
200–250	35–40 (НВ 320–370)	
120–200	30–35 (НВ 280–320)	Сталь среднеуглеродистая нормализованная или улучшенная 40,45,50,40Г,40Г2
60–120	25–30 (НВ 255–280)	
45–110	НВ 130–160	Латунь и бронза
18	НВ 20–30	Пластмасса Р-6

Для случаев линейного контакта величины допускаемых напряжений уменьшаются на 20–25%;

*) Приведенные величины твердости соответствуют РМО 1068-61.

б) предельные значения контактных напряжений для тел качения и колец, изготовленных на неспециализированных заводах с шероховатостью поверхностей $\sqrt{2,5}$ - $\sqrt{1,25}$, в зависимости от твердости поверхностного слоя HB или HRC, или предела прочности материала при сжатии приведены в табл.6.6.

Таблица 6.6

Допускаемое контактное напряжение

$[\sigma_к]$, кгс/мм^2		при *) твердости	рекомендуемый материал
расчетная формула	величина		
(0,29 - 0,33) HB или (0,72 - 0,84) $\sigma_{в сж}$	55-84	HB $\leq$ 250	Сталь среднеуглеродистая нормализованная или улучшенная 40,45,50,40Г,40Г2
(0,25 - 0,3I) HB или (0,66 -0,78) $\sigma_{в сж}$	66-I05	HB > 250	Сталь среднеуглеродистая нормализованная или улучшенная 40,45,50,40Г,40Г2
(2,00 -2,40) HRC	90-I32	HRC 45-55	Сталь среднеуглеродистая с поверхностной закалкой ТВЧ
(2,20 -2,60) HRC	II0-I46	HRC $\geq$ 50-55	Сталь среднеуглеродистая легированная 40Х, 40ХН, 40ХНМА после объёмной закалки или низкоуглеродистая легированная I5Х, 20Х после цементации
(2,40 -2,90) HRC	I45-200	HRC $\geq$ 60	Сталь легированная I2ХНЗА, 20ХНЗА, 38ХМЮА после цементации, азотирования, цианирование

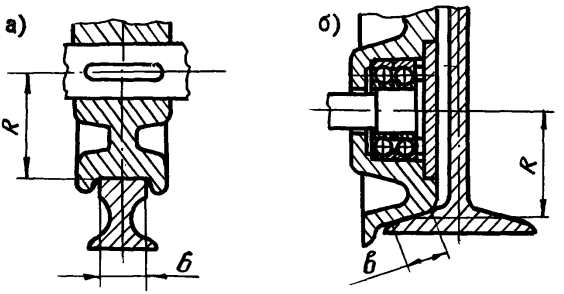
При более грубой шероховатости поверхностей значения снижаются на 5 - I5%.

*) Приведенные величины твердости соответствуют РМ0I068-6I.

6.6 Ходовые колеса

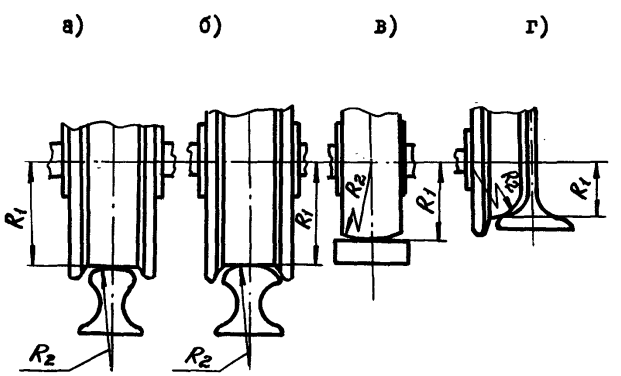
6.6.I. Расчет ободов ходовых колес производится в зависимости от сочетания их формы с формами головок рельсов:

а) с первоначальным линейным контактом (черт.6.6, а и б):



Черт. 6.6

б) с первоначальным точечным контактом (черт.6.7, а, б, в и г)



Черт.6.7.

6.6.2. При линейном контакте расчет контактного напряжения смятия обода колеса проводится в зависимости от способа закрепления колеса на оси:

а) в случае, когда колесо неподвижно закреплено на оси и не может поворачиваться относительно плоскости, перпендикулярной к оси (см.черт.6.6,а), контактное напряжение определяется по формуле

$$\sigma_к = 0{,}418\sqrt{\frac{Q \cdot E_{пр}}{b R}} \leq [\sigma_к], \qquad (6.13)$$

где Епр - приведенный модуль упругости

$$E_{пр} = \frac{2E_1 \cdot E_2}{E_1 + E_2};$$

E_1 и E_2 - модули упругости материала колеса и рельса;

R - радиус колеса;

b - ширина рабочей поверхности обода колеса.

Для стальных колёс Епр = $2{,}1 \cdot 10^6$ кгс/см^2;

формула для определения контактного напряжения примет вид

$$\sigma_к = 600\sqrt{\frac{Q}{b \cdot R}}; \qquad (6.15)$$

б) в случае, когда колесо свободно вращается на оси и может поворачиваться на некоторый угол относительно плоскости, перпендикулярной к оси (см.черт.6.6,б), то в результате проскальзывания возникает работа сил трения.

Напряжение в этом случае определяется по формуле

$$\sigma_к = 0{,}342\sqrt{\frac{Q E_{пр}}{b \cdot R\,(0{,}5 - f\frac{R}{b})}}, \qquad (6.16)$$

где f - коэффициент трения поперечного скольжения колеса по рельсу (для стали по стали и чугуна по стали $f = 0{,}1$).

Для стальных колес

$$\sigma_к = 500\sqrt{\frac{Q}{BR(0{,}5-0{,}1\frac{R}{b})}}\,. \qquad (6.17)$$

Для линейного контакта отношение $\frac{R}{b}$ рекомендуется брать не более 3,5. В случае, когда $\frac{R}{b} > 3{,}5$ расчет напряжения смятия проводить как для точечного контакта.

6.6.3. При точечном контакте напряжение определяется по формуле

$$\sigma_к = m\sqrt[3]{\frac{Q\cdot E^2_{пр}}{R^2}}\,, \qquad (6.18)$$

где R - наибольший из двух радиусов соприкасающихся поверхностей;

m - коэффициент, зависящий от отношения наименьшего радиуса к наибольшему из двух радиусов соприкасающихся поверхностей, принимается по табл.6.7.

Таблица 6.7.

Коэффициент m

$\frac{R_{min}}{R_{max}}$	1,00	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0,15	0,10	0,05
m	0,39	0,40	0,42	0,44	0,47	0,49	0,57	0,60	0,72	0,80	0,97	1,28

Для стальных колес

$$\sigma_к = 16500m\sqrt[3]{\frac{Q}{R^2}}\,. \qquad (6.19)$$

6.6.4. Допускаемые контактные напряжения смятия с учетом возможности нагружений колес нормальными и осевыми касательными нагрузками приведены в табл.6.8.

Таблица 6.8.

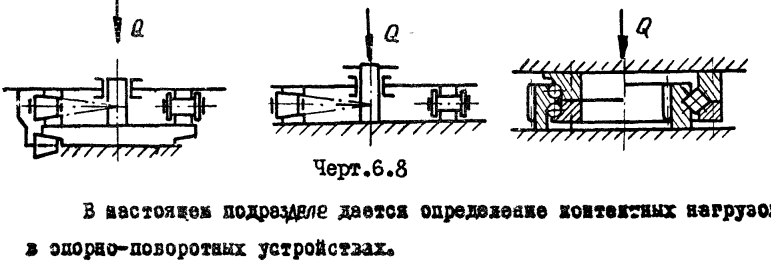
Допускаемые контактные напряжения

$[\sigma_к]$, кгс/мм^2		При твердости поверхности обода НВ*)	$E_{пр}$, кгс/мм^2	Рекомендуемый материал
при линейном контакте	при точечном контакте			
45	II0	2I7	$2,I0 \cdot I0^4$	Сталь 45
75	I80	300-400		
55	I30	24I		Сталь 75
85	220	300-400		
60	I40	269		Сталь 65Г
85	220	300-400		
55	I30	255		Сталь 40ХН
85	220	300-400		
45	II0	2I7		Сталь 55ЛП
75	I70	300-400		
50	I20	202		Сталь 33ХГС-Л
80	200	300-400		
25	60	I63-229	$I,25 \cdot I0^4$	Чугун СЧ15-32
35	80	2I7-272	$I,60 \cdot I0^4$	Чугун СЧ35-56

*) Приведенные величины твердости соответствуют РМ0I068-6I.

6.7. Опорно-поворотные устройства

6.7.1. Опорно-поворотные устройства делятся на устройства каткового типа (черт. 6.8, а и б) и устройства подшипникового типа (черт. 6.8,в)



Черт.6.8

В настоящем подразделе дается определение контактных нагрузок в опорно-поворотных устройствах.

6.7.2. Опорно-поворотные устройства каткового типа делятся на малоопорные и многокатковые:

а) нагрузка на опорный каток или балансир малоопорного устройства (черт. 6.9), в котором центральная цапфа не передает осевых отрывающих нагрузок (черт. 6.8,в), определяется по формуле

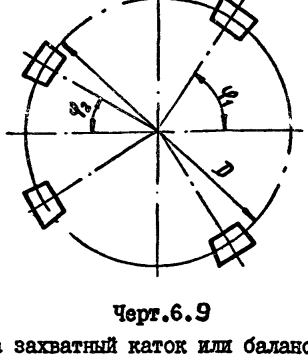
$$P = \frac{M}{D(\cos\varphi_1 + \cos\varphi_2)} + \frac{Q\cos\varphi_2}{2(\cos\varphi_1 + \cos\varphi_2)}, \quad (6\ 20)$$

где M - опрокидывающий момент, действующий в плоскости подвеса груза;

Q - осевая нагрузка;

D - диаметр средней линии качения опорных катков (для захватных приближенно принимается тем же);

φ_1 и φ_2 - угловые координаты катков, отсчитываемые от плоскости подвеса груза.



Черт.6.9

Нагрузка на захватный каток или балансир определяется по формуле

$$P' = \left(\frac{M}{D} - \frac{Q\cos\varphi_1}{2}\right)\frac{1}{\cos\varphi_1 + \cos\varphi_2}, \quad (6.21)$$

При одном катке следует принимать $\varphi_2 = 0$.

В случае, если отрывающие нагрузки передаются центральной цапфой (см.черт. 6.8,б), нагрузка на опорный каток и на цапфу определяется соответственно по формулам

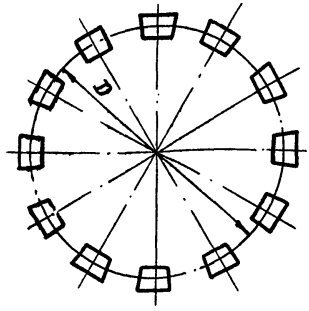
$$P = \frac{M}{D\cos\varphi_1}; \quad (6.22)$$

$$P' = \frac{2M}{D\cos\varphi_1} - Q; \quad (6.23)$$

б) в многокатковой конструкции (черт.6.10) при соотношении $\frac{2M}{DQ} \leq 0{,}5$, т.е. в случае, когда удерживающие устройства не нагружены, максимальная нагрузка на каток выражается зависимостью

$$P = \frac{4M}{D \cdot n} + \frac{Q}{n}, \quad (6.24)$$

где n – количество опорных катков.



Черт.6.10

При соотношении $\frac{2M}{DQ} > 0{,}5$ принимается, что вступают в действие цапфа или захватный каток. При передаче отрывающих нагрузок цапфой наибольшая нагрузка на опорный каток определится зависимостью

$$P = \frac{8M}{Dn}, \qquad (6.25)$$

а вертикальная нагрузка на цапфу

$$P' = \frac{8M}{Dn} - Q. \qquad (6.26)$$

При передаче отрывающих нагрузок двумя захватными катками максимальная нагрузка на опорный каток определяется по формуле

$$P = \frac{2\pi M}{nD\left(\frac{\pi}{4} + \cos\varphi_2\right)} + \frac{2Q\cos\varphi_2}{2 + \pi\cos\varphi_2}, \qquad (6.27)$$

при этом нагрузка на захватный каток

$$P' = \frac{M}{D\left(\frac{\pi}{4} + \cos\varphi_2\right)} - \frac{Q}{2 + \pi\cos\varphi_2}. \qquad (6.28)$$

В случае применения конических катков значения нагрузок P и P′ следует умножить на $\frac{1}{\cos\alpha}$, где α – угол контакта между образующей направляющей катка и плоскостью вращения устройства.

Определение расчётных и выбор допускаемых контактных напряжений см. в подразделе 6.6

6.7.3. Величина максимальной контактной нагрузки в устройствах подшипникового типа (см. черт. 6.8,в) определяется по формулам:

а) в двухрядном шариковом опорно-поворотном устройстве

$$P = \frac{4,5M}{DZ\sin\alpha} + \frac{Q}{Z\sin\alpha} + \frac{2,5R}{Z\cos\alpha}; \qquad (6.29)$$

б) в однорядной конструкции с крестообразно расположенными роликами

$$P = \frac{8M}{DZ\sin\alpha} + \frac{2Q}{Z\sin\alpha} + \frac{5R}{Z\cos\alpha}, \qquad (6.30)$$

где Z - число тел качения в одном ряду;

α - угол контакта, образованный направлением реакции тела качения и плоскостью, перпендикулярной к оси вращения;

R - радиальная нагрузка.

Определение расчетных и выбор допускаемых контактных напряжений см. в подразделе 6.5.

7. ТРОСОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

7.I. Общие положения

7.I.I. Одним из видов соединений металлоконструкции, нагруженных растягивающей силой, может быть тросовое соединение, которое состоит из стального каната и концевых элементов.

7.I.2. Концевые крепления канатов по способу заделки делятся на разъемные и неразъемные.

К разъемным концевым соединениям относятся крепления в виде зажимных винтов, скоб, конических гильз и т.д. Существенным недостатком разъемных концевых соединений является трудность предохранения их от расшатывания при динамических нагрузках, громоздкость и неспособность выдерживать большие нагрузки.

Заделка концов канатов в неразъемных соединениях может осуществляться различными способами:

а) заплетка на коуш (двойное крепление);

б) гильзо-клиновое соединение (двойное крепление);

в) обжатие наконечников и гильз (одинарное и двойное крепление);

г) заливка легкоплавким сплавом в стальной, штампованной или литой втулке (одинарное крепление).

Заделка концевого крепления может быть механической и ручной. При выборе концевого крепления всегда следует отдавать предпочтение механической заделке, как обеспечивающей более постоянное качество и высокую прочность крепления (поэтому предпочтительнее заделки: гильзо-клиновые, обжатие втулкой, заливка).

7.2. Рекомендации по конструированию

7.2.I. Рекомендации по выбору конструкции заделки и ее параметров приведены в табл.7.I.

7.3. Расчет на прочность канатов

7.3.1. Проверка прочности каната производится по формуле

$$n_к = \frac{S_{разр} \cdot K_{изг}}{S_к} \geq [n_к], \qquad (7.1.)$$

где $S_{разр}$ - разрывное усилие каната в целом, принимаемое в соответствии с нормативными документами;

$S_к$ - расчётное усилие в канате;

$[n_к]$ - минимально допустимый коэффициент запаса прочности, определяемый нормативным документом, регламентирующим нормы прочности;

$K_{изг}$ - коэффициент, учитывающий уменьшение разрывного усилия каната на криволинейном участке;

$K_{изг} = 1$ - для прямолинейного участка каната;

$$K_{изг} = 1 - \beta \cdot \frac{\delta}{D} \cdot \frac{E}{\sigma_в}, \qquad (7.2.)$$

где β - коэффициент, зависящий от типа каната, значения коэффициента β даны в табл.7.2.;

δ - максимальный диаметр проволоки наружного слоя пряди каната;

$\sigma_в$ - предел прочности материала проволок каната, принимаемый в соответствии с нормативными документами;

D - диаметр огибаемой канатом поверхности (по средней линии каната);

E - модуль упругости проволоки.

Таблица 7.1

Рекомендации по выбору конструкции заделки, её параметров и прочности

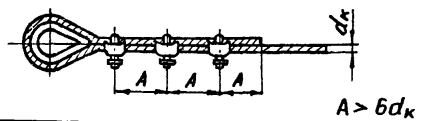
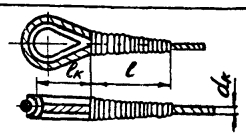
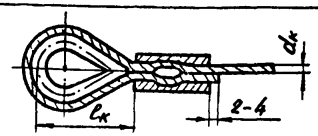
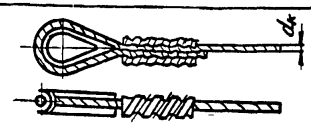
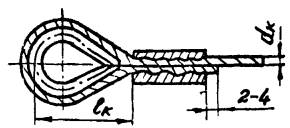
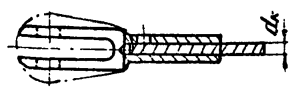
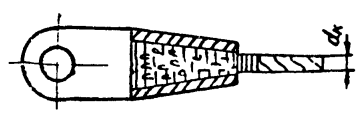
Вид соединения	Способ заделки		Вид крепления	Способ выполнения заделки	Диаметр каната $d_к$, мм	Коэффициент К	Эскиз	Источник
Разъемное	Зажимы		двойное	крепление винтами	5,0-62,0	≥0,85		Конструктивные размеры зажимов, их количество и места расположения выбираются по ГОСТ 13186-67
Неразъемные	Заплетка		двойное	ручной	9,1-43,0 6 ,3-24,0	≥0,70		Выбор материала и параметров заплетки, а также типа и размеров коушей производится по ГОСТ 19144-73 и ОСТ 92-0871-72
	Гильзоклиновой		двойное	механический	6,3-21,5	≥0,90		Выбор конструкции и размеров гильзы и вкладышей производится поГОСТ 19144-73
	Обжимные гильзы	Обкатка роликом	двойное	механический	6,3-38,0	≥0,90		Выбор конструкции и размеров обжимных гильз производится по ГОСТ 19144-73.
		Продавливание через валок	двойное	механический	6,3-38,0	≥0,90		Ориентировочные размеры заготовки гильзы определяются расчетом(см. п. 7.5)
		Обжатие	одинарное	механический	1,8-9,5	≥0,90		Ориентировочные размеры заготовки гильзы определяются расчетом (см. п. 7.6)
	Заливка втулки легкоплавким металлом		одинарное	механический, частично ручной	7,6-55,0	≥1,00		Выбор материала, конструкции и размеров втулки производится по ОСТ 92-0872-72

Таблица 7.2.

Значение коэффициентов β для различных типов канатов

Тип канатов	ТК	ТК,ТЛК,ЛК-РО, ТЛК-РО	ЛК-О, ТЛК-О, ЛК-3, ЛК-Р
Источник	ГОСТ 3068-74 ГОСТ 3071-74	ГОСТ 3067-74 ГОСТ 3070-74 ГОСТ 7668-69 ГОСТ 7669-69	ГОСТ 2688-69 ГОСТ 3077-69 ГОСТ 3081-69 ГОСТ 3078-69 ГОСТ 3079-69 ГОСТ 7665-69 ГОСТ 7667-69 ГОСТ 7670 -69 ГОСТ 3062-69
β	0,052	0,075	0,090

7.3.2. При проверке прочности каната, огибающего вращающийся блок, необходима еще проверка правильности выбора диаметра огибаемого блока. Диаметр блока, при котором обеспечивается заданный срок службы каната (N – полное число перегибов за срок службы каната до браковки по нормам технадзора) определяется по формуле

$$D = A B_1 \left(d_к + a \frac{S_к}{d_к} \right), \qquad (7.3)$$

где $S_к$ – в кгс; $d_к$ – в мм.

A, a – коэффициенты, зависящие от числа перегибов каната; значения коэффициентов приведены в табл.7.3;

B_1 – коэффициент, отражающий влияние условий эксплуатации подъёмных устройств и их конструктивные особен-

ности; значения коэффициента приведены в табл.7.4.

Примечания.

1. Для канатов с металлическим сердечником (7х7 или подобным). Значение D увеличивается на 15÷20%.
2. Для канатов $d_к > 30$мм диаметр блоков увеличивается на 5%, для канатов $d_к > 40$мм – на 10%.
3. Футеровка блоков капроном позволяет уменьшить диаметр блоков на 15%.
4. Во всех случаях должно быть $D/d_к > 14$ для канатов 6х36 и $D/d_к > 20$ для канатов 6х19.

Таблица 7.3.

$N/10^3$	3	5	10	20	30	40	50	60	80	100	120	160
A	2,0	2,5	3,6	5,1	6,2	7,2	8,0	8,8	10,0	11,2	12,3	14,2
a	0,15	0,15	0,16	0,17	0,18	0,18	0,19	0,19	0,20	0,21	0,21	0,22

Примечание. Значения А в таблице соответствуют применению рациональных конструкций канатов, крестовой свивки, нераскручивающихся, из проволоки марки В. Для канатов односторонней свивки значения А могут быть уменьшены на 15%.

Таблица 7.4.

Краны	B_1
Мостовые краны	1,1–1,3
Башенные краны	1,1–1,3
Железнодорожные краны	1,2–1,4
Автомобильные краны	1,3–1,6
Портальные краны в морских портах	1,4–1,6

7.4. Прочность концевого крепления

7.4.1. Прочность концевого крепления выражается формулой

$$P^{к}_{разр.} = S_к \cdot K , \qquad (7.4.)$$

где $P^{к}_{разр}$ – разрывное усилие концевого крепления;

K – коэффициент, показывающий какую часть разрывного усилия каната в целом составляет разрывное усилие концевого крепления; значения коэффициента см. табл.7.1.

7.5. Определение размеров заготовки обжимной гильзы при двойном закреплении каната

7.5.1. Ориентировочные размеры заготовки гильзы при двойном креплении каната можно определить по формулам:

$$d_г = 1{,}41\, d_к + (2-3)\ мм \qquad (7.5.)$$

$$D_г = d_г + 2t + \delta_{обж.} \qquad (7.6.)$$

$$L_г = 2{,}8\, \frac{3\, S_{разр}}{19\, d_к \cdot \tau_{сц}} \qquad (7.7.)$$

$$t = 0{,}11\, d_к \qquad (7.8.)$$

$$\delta_{обж.} = 0{,}45\, \frac{d_к}{3} + (3 \div 5)_{мм} , \qquad (7.9.)$$

где $d_г$ – внутренний диаметр заготовки гильзы;

$D_г$ – наружный диаметр заготовки гильзы;

$\delta_{обж.}$ – величина обжатия гильзы;

$\tau_{сц}$ – напряжение среза при упругопластическом деформировании для стали 20, из которой изготовляются гильзы;

$$\tau_{сц} = 4{,}5 - 5\ кгс/мм^2 .$$

$L_г$ – длина заготовки обжимной гильзы.

7.5.2. Пример определения размеров заготовки гильзы для каната с диаметром $d_к$ = 43 мм, разрывное усилие каната в целом $S_{разр}$ = 100000 кгс

$$d_г = 1{,}4 \cdot 43 = 61 \text{ мм}$$

$$t = 0{,}11 \cdot 43 = 5 \text{ мм}$$

$$\delta_{обж} = 0{,}45 \frac{43}{3} + 5 = 10 \text{ мм}$$

$$D_г = 61 + 2 \cdot 5 + 11 = 82 \text{ мм}$$

$$L_г = 2{,}8 \cdot \frac{3 \cdot 100000}{19 \cdot 43 \cdot 4{,}5} = 230 \text{ мм}$$

7.6. Определение размеров заготовки обжимной гильзы при одинарном креплении.

Ориентировочные размеры наконечника определяются по формуле

$$d_0 = 1{,}05\, d_к \qquad (7.10)$$

$$\ell = \frac{S_к}{\alpha \pi d_0} + 15 \text{ мм} \qquad (7.11.)$$

$$D = \sqrt{\frac{D_1^2}{C_0} - \frac{F_ж}{0{,}785\, C_0} + d_0^2} \qquad (7.12.)$$

$$D_1 = \sqrt{\frac{1{,}11\, S_к}{\sigma_б} + 1{,}27\, F_ж} \qquad (7.13.)$$

где d_0 – диаметр отверстия наконечника;

D – наружный диаметр наконечника;

ℓ – длина засверловки наконечника;

C_0 – степень обжатия $C_0 = 0{,}7 - 0{,}8$;

$F_ж$ – живое сечение каната;

α – удельная прочность крепления, значения приведены в табл. 7.5.

Таблица 7.5.

Удельная прочность крепления

$d_к$	1,8	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	8,0	9,0	9,5
α	1,75	1,38	2,09		2,57		2,70	2,79	2,92	2,93	3,17	3,23	3,38		3,25

8. КЛЕЕВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

8.1. Общие положения

8.1.1. Основные виды клеев, применяемые в отрасли, их основные свойства и рекомендации по выбору клеев для различных склеиваемых материалов приведены в ОСТ 92-0948-74.

8.1.2. Механические свойства клеевых соединений в зависимости от материалов склеиваемых деталей и температуры, при которой испытывалось данное соединение, соответствующие ОСТ 92-0948-74, приведены в приложении 8.

8.1.3. Данные по тепло- и морозостойкости отвержденной клеевой прослойки и величины коэффициента снижения прочности под действием влаги (K_c) в % от $\sigma_в$ испытанного клея, приведенные в приложении 8, соответствуют нормативным документам, регламентирующим условия поставки клея (см. ссылки в графе "Условия поставки" приложения 8).

8.1.4. Методики расчета клеевых соединений справедливы при условии выполнения технологических процессов склеивания по ОСТ 92-0949-74.

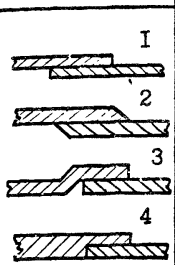
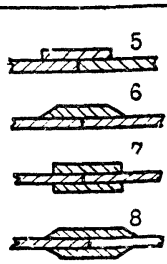
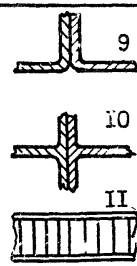
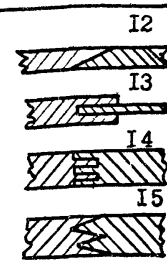
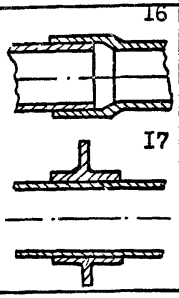
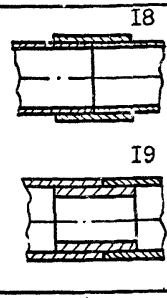
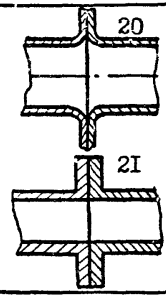
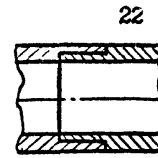
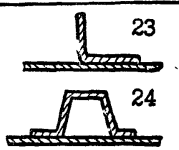
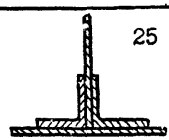
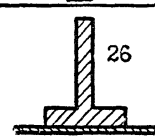
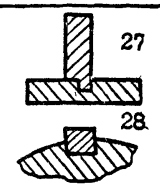
8.1.5. Основные виды клеевых соединений, их наименования и условная нумерация видов соединений, применяемая в методиках расчета клеевых соединений приведены в табл.8.1.

8.2. Рекомедации по конструированию

8.2.1. Клеевые соединения рекомендуется применять в тех случаях, когда необходимо осуществить соединение разнородных материалов, обеспечить равномерность распределения напряжений, повысить вибростойкость соединения, соединить тонкие металлические листы, исключая необходимость сверления отверстий под болты и заклепки.

8.2.2. Наиболее рациональным видом клеевого соединения является такое, при котором клеевой шов воспринимает напряжения сдвига.

Таблица 8.I

Тип соединяемых деталей	Вид соединения	внахлестку	с накладкой	встык	врезные
	плоскостные				
	трубные				
	элементы конструкций				

Примечание.

I-простая нахлестка; 2-нахлестка со скошенными кромками; 3-нахлестка с подсечкой; 4-врезная нахлестка; 5-односторонняя накладка; 6-накладка со скошенными кромками; 7-двусторонняя накладка; 8-двухсторонняя накладка со скошенными кромками; 9-встык с отбортовкой; I0-встык с двойной отбортовкой; II-соединение сот и обшивки; I2 - усовое соединение; I3-шиповое соединение; I4,I5-шлицевые соединения; I6-соединение с развальцовкой; I7-соединение вала со ступицей; I8-внешняя муфта; I9-внутренняя муфта; 20,2I-фланцевые соединения; 22-врезное соединение труб; 23,24,25,26,27-соединения обшивок с элементами каркаса; 28-соединение шпонок с валом.

8.2.3. Прочность при сдвиге клеевого соединения повышается, если кромки скрепляемых элементов скошены. Наибольшей прочностью обладает соединение путем двойной накладки со скошенными кромками.

8.2.4. Использовать клеевое соединение для деталей, работающих на отрыв, не рекомендуется. Особенно нежелательной является работа клеевого соединения на неравномерный отрыв. В случае необходимости применения клеевых соединений, испытывающих неравномерный отрыв, следует концы клеевых швов закреплять заклепками, болтами, точечной или роликовой сваркой для повышения сопротивления шва отдирающим усилиям.

8.2.5. Прикрепление клеевым швом жестких элементов к тонким листам, не подкрепленным ребрами жесткости или диафрагмами, при действии отрывающей нагрузки нежелательно.

8.2.6. При склеивании тонких листов из алюминиевого сплава, длину нахлестки (накладки) необходимо ограничивать: до 30 мм при толщине листа менее 0,5 мм, до 40 мм при толщине листа до I мм, до 50 мм при толщине листа до I,5 мм. Для более толстых листов из стали и алюминиевых сплавов длину нахлестки (накладки) делать более 80-I00 мм не рекомендуется.

8.2.7. Зазор между склеиваемыми поверхностями, прижатыми друг к другу до склейки, не должен превышать 0,I мм.

8.2.8. Конструкция клеевого соединения должна обеспечивать возможность свободного двухстороннего подхода к местам расположения клеевых швов.

8.2.9. Применение клеевых соединений в элементах конструкций двойной кривизны нежелательно, т.к. требует применения специальной дорогостоящей оснастки.

8.2.I0. Число типов клеев, применяемых в одной конструкции должно быть минимальным.

8.3. Расчёт клеевых соединений на прочность при сдвиге.

8.3.1.Методика расчёта клеевых соединений на сдвиг дана для всех типов соединений деталей (см.табл. 8.1) кроме соединений встык и соединений элементов конструкций (тип с 23 по 28), которые обычно на сдвиг не рассчитываются.

При составлении методики расчёта введены допущения:

- прочность соединения не зависит от толщины клеевой прослойки;
- на соединение не действуют изгибающие моменты;
- касательные напряжения постоянны по всей толщине клеевого шва.

8.3.2.Расчёт на прочность при сдвиге производится по формуле

$$\frac{\tau_в}{\tau} m \geq [n], \qquad (8.1.)$$

где $\tau_в$ - предел прочности клеевого соединения при сдвиге(п.8.3.3.)

$\tau = \frac{P}{F}$ - напряжение, действующее в клеевом соединении;

$m = \sqrt{\frac{\sigma_{т_1}}{\sigma_{в_1}} \cdot \frac{\sigma_{т_2}}{\sigma_{в_2}}}$ - коэффициент, учитывающий, что допустимый запас прочности $[n]$ конструкции определяется не по пределу прочности, а по пределу текучести соединяемых материалов;

P - нагрузка на соединение;

F - площадь склейки (для соединения с накладкой и врезных соединений учитывается общая площадь склейки);

$\sigma_{т_1}; \sigma_{т_2}; \sigma_{в_1}; \sigma_{в_2}$ - соответственно величины пределов текучести и пределов прочности двух склеиваемых материалов.

8.3.3.Величина предела прочности при сдвиге клеевого соединения ($\tau_в$) зависит от марки клея, материалов склеиваемых деталей, технологии склеивания и подготовки поверхностей под склейку, температуры , влажности и радиактивности среды, в которой работает данное соединение.

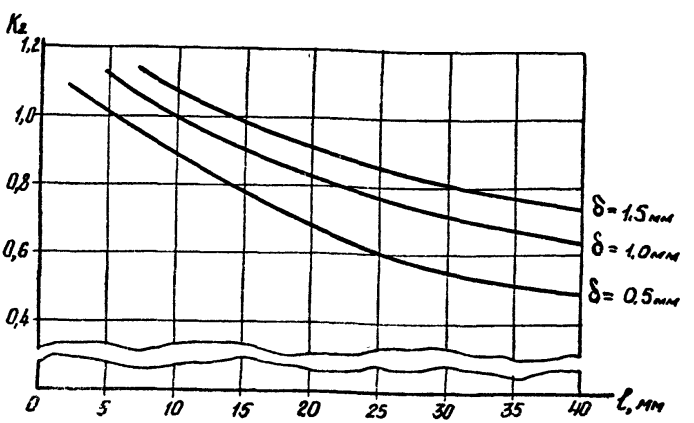
Для каждого конкретного соединения величина $\tau_б$ определяется по формуле

$$\tau_б = \tau_б^0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 , \qquad (8.2)$$

где $\tau_б^0$ - значение предела прочности при сдвиге для данного клея и известных склеиваемых материалов, определяемое по результатам испытаний образцов - свидетелей в соответствии с ГОСТ I4759-69. Значение $\tau_б^0$ выбирается по приложению 8, в зависимости от температуры окружающей соединение среды. В случае отсутствия данных о прочности применяемого в конструкции клея или данных о прочности клеевого соединения применяемых в конструкции материалов необходимо провести испытания образцов-свидетелей по методике ГОСТ I4759-69;

K_1= 0,9 для соединений листов
K_1= I,0 для соединений труб
} - коэффициент изменения предела прочности при сдвиге;

K_2 - коэффициент изменения величины предела прочности соединения при сдвиге в зависимости от длины нахлёстки и минимальной толщины склеиваемых материалов. Значение коэффициента K_2 определяется по графику (черт. 8.I);



Черт. 8.I

K_3 - коэффициент, учитывающий вид конструкции соединения. Значения коэффициента K_3 для различных соединений приведены в табл. 8.2. Порядковый номер типа соединения указан в пояснениях к табл. 8.I.

Значения коэффициента K_3

Таблица 8.2.

Тип соединения	соединения внахлестку				соединения с накладкой			
	I	2	3	4	5	6	7	8
K_3	I,00	I,25	I,50	I,55	I,05	I,25	0,75	0,94

Продолжение

Тип соединения	врезные соединения				соединение трубных деталей				
	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	22
K_3	I,63	0,90	0,95	0,95	I,00	I,05	I,05	I,05	I55

Примечание. Для остальных типов соединений (см. табл. 8.I) расчет на сдвиг обычно не проводится.

8.3.4. При расчете на прочность клеевых соединений необходимо учитывать снижение прочности соединения при длительной выдержке соединения под нагрузкой или без нагрузки. Допустимые значения напряжений (τ_ε° и σ_ε°) умножаются на коэффициент

снижения прочности $K_{вр}$, который указан в приложении 8. Значение коэффициента снижения прочности $K_{вр}$, приведенное в приложении 8, дано для соединений, хранящихся в течение I000 часов.

8.4.Расчет клеевых соединений на прочность при отрыве

8.4.I. При работе клеевого соединения на отрыв различают три варианта напряженного состояния:

а) равномерный отрыв - напряжения, перпендикулярные плоскости склейки, равномерно распределены по всей площади склеивания;

б) неравномерный отрыв - напряжения, перпендикулярные плоскости склейки, распределены неравномерно по всей (или по большей части) площади склеивания;

в) расслаивание (раздирание, отдирание) - напряжения, перпендикулярные плоскости склейки, сконцентрированы около зоны приложения нагрузки (линии кромки клеевого шва).

8.4.2. Расчет клеевых соединений на прочность при равномерном отрыве производится по формуле

$$\frac{\sigma_{\delta}^{\circ}}{\sigma} \cdot m \geqslant [n], \qquad (8.3)$$

где σ_{δ}° - предел прочности клеевого шва при отрыве для данного клея и известных склеиваемых материалов. Значение σ_{δ}° находится по приложению 8 в зависимости от температуры окружающей соединение среды. В случае отсутствия данных о прочности клеевого соединения применяемых в конструкции материалов необходимо провести испытания образцов по методике ГОСТ I4760-69;

m - коэффициент (см.п. 8.3.2);

σ - действующее в соединении нормальное напряжение.

8.4.3. Расчет клеевых соединений на прочность при неравномерном отрыве производится по формуле

$$\frac{\sigma_в}{\sigma_{max}} \cdot m \geqslant [n], \qquad (8.4)$$

где $\sigma_в$ - предел прочности клеевого шва при отрыве, (см. п. 8.4.1.);

m - коэффициент (см. п. 8.3.2.);

σ_{max} - максимальное значение напряжений, действующих в клеевом шве.

Значение σ_{max} определяется в каждом конкретном случае конструктивного решения клеевой конструкции экспериментально в зависимости от характера распределения напряжений в клеевом шве.

8.4.4. Расчет клеевых соединений на прочность при расслаивании производится по формуле

$$\frac{q_в}{q} \cdot m \geqslant [n], \qquad (8.5)$$

где $q_в$ -погонная разрушающая нагрузка при расслаивании (см. прилож. 8);

m - коэффициент (см. п. 8.3.2.);

q - действующая на соединение погонная нагрузка.

Приведенные в приложении 8 значения погонной разрушающей нагрузки получены при расслаивании тонких (до 0,2мм) листовых деталей. При отсутствии данных о прочности используемых в кон-

струкции материалов и клеев при расслаивании, необходимо провести экспериментальное определение погонной разрушающей нагрузки.

9. РАСЧЕТ НА ВЫНОСЛИВОСТЬ

9.I. Общие положения

9.I.I. Конструкции, воспринимающие многократнодействующие, вибрационные и другого вида переменные нагрузки, которые могут привести к усталостному разрушению, необходимо расчитовать на выносливость и проектировать их с применением таких решений, которые не вызывают значительной концентрации напряжений.

9.I.2. Расчет на выносливость производить не требуется:

а) если число циклов нагружения N не превышает 10^5; в особоответственных конструкциях отдельные элементы их в местах концентрации напряжений не требуется проверять на выносливость, если число циклов нагружения не превышают значения, указанные табл. 9.I;

б) если коэффициент асимметрии цикла N превышает значения, указанные в табл. 9.I.

Таблица 9.I

Эффективный коэффициент концентрации напряжений β	I	2	3	4
Коэффициент асимметрии цикла $\gamma = \frac{\sigma min}{\sigma max}$	0,5	0,7	0,8	0,9
Число циклов нагружения в 10^4	-	3,0	I,5	I,0

9.I.3. Режимы нагружения переменными нагрузками могут быть двух видов: стационарные и нестационарные.

При стационарном режиме все циклы нагружения одинаковы по величине наибольших и наименьших напряжений.

При нестационарном режиме циклы нагружения могут различаться между собой как величиной максимальных напряжений, так и коэффициентами асимметрии цикла.

В дальнейшем рассматриваются стационарный режим и нестационарный режим с двумя различными ступенями нагружения (двухступенчатый режим).

9.2. Стационарный режим нагружения

9.2.1. Запас выносливости при стационарном режиме нагружения определяется по формуле

$$n_в = \frac{\alpha \sigma_{-1\rho}}{\sigma} \geq [n_в], \qquad (9.1)$$

где $\sigma_{-1\rho}$ - предел выносливости на базе $2 \cdot 10^6$ циклов нагружения при коэффициенте асимметрии цикла r и эффективном коэффициенте концентрации β определяется в подразделе 9.3;

α - коэффициент, учитывающий количество циклов нагружения, определяется в п.9.2.2 ;

σ - максимальное расчетное напряжение, определяемое согласно указаниям ОСТ 92-8581-74 и настоящего стандарта;

$[n_в]$ - допустимый коэффициент запаса выносливости, принимаемый по ГОСТ В 17418-72.

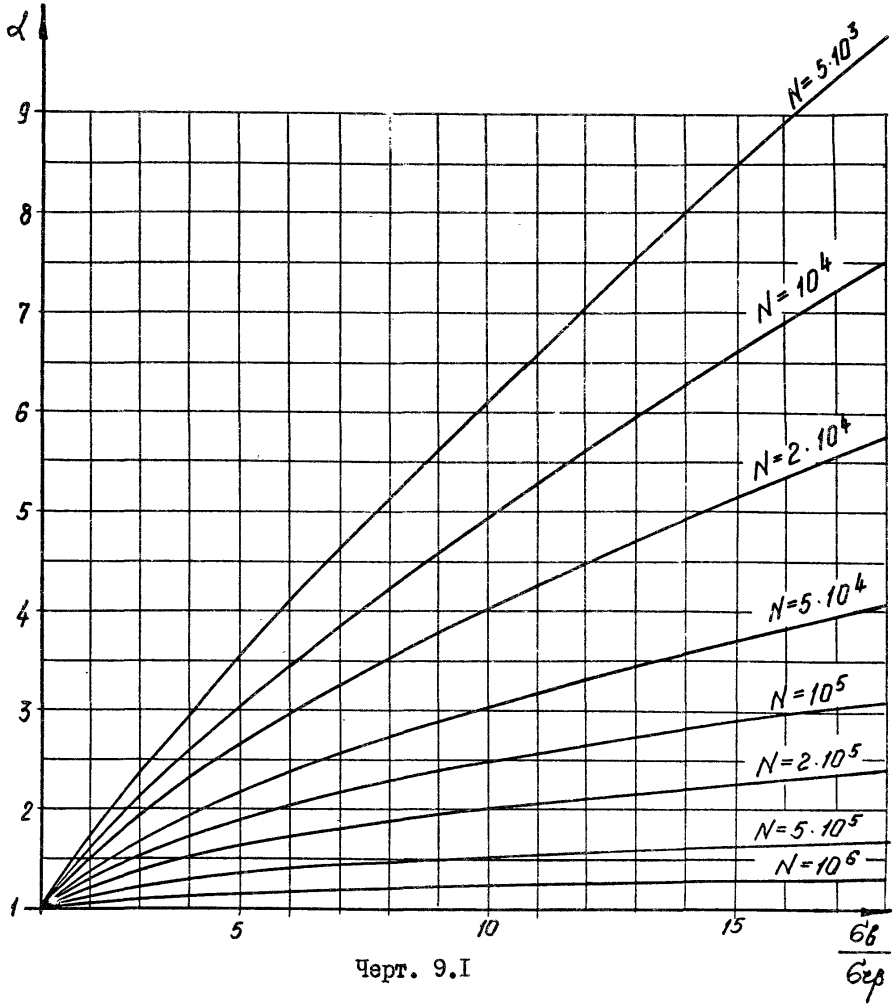
9.2.2. Коэффициент α определяется:

а) для конструкций из стали:

- при $N \geq 2 \cdot 10^6$ $\alpha = 1$,
- при $N < 2 \cdot 10^6$ по графикам черт.9.1;

Значение коэффициента α

для стальных конструкций



Черт. 9.I

б) для конструкций из алюминиевых сплавов по табл.9.2.

Таблица 9.2

Значение коэффициента α для конструкций из алюминиевых сплавов

Тип соединения (см. схемы в приложении 10)	Количество циклов нагружения в 10^6							
	0,1	0,3	0,5	1,0	2,0	3,0	5,0	10,0
1,2	1,4	1,15	1,10	1,05	1,0	0,98	0,96	0,94
3, 4, 5, 6, 7	1,6	1,20	1,15	1,10	1,0	0,96	0,94	0,92
8, 9	1,7	1,25	1,20	1,15	1,0	0,95	0,93	090

9.3. Предел выносливости.

9.3.1. Предел выносливости определяется в зависимости от вида материала конструкции и от типа применяемых в конструкции соединений с учетом концентрации напряжений, асимметрии цикла нагружения и количества циклов.

9.3.2. Для конструкций из стали предел выносливости определяется по формуле

$$\sigma_{rв} = \gamma \sigma_r . \qquad (9.2)$$

При определении коэффициента γ различают три группы сталей:

I группа - малоуглеродистые стали

$$\frac{\sigma_r}{\sigma_в} \leq 0,65$$

и $\sigma_в < 5000$ кгс/см^2.

IIгруппа - низколегированные стали

$$0{,}65 < \frac{\sigma_т}{\sigma_в} < 0{,}75,$$

$$\sigma_в < 6000 \text{ кгс/см}^2;$$

III группа - термически обработанные легированные стали

$$0{,}75 < \frac{\sigma_т}{\sigma_в} \leq 0{,}85$$

$$6000 < \sigma_в < 14000 \text{ кгс/см}^2.$$

Применение сталей с отношением $\frac{\sigma_т}{\sigma_в} > 0{,}85$ в конструкциях, работающих на выносливость, не рекомендуется.

9.3.3. Коэффициент γ определяется по формуле

$$\gamma = \frac{1}{(a\beta \pm b) - (a\beta \mp b)r} \leq 1, \qquad (9.3)$$

где β - эффективный коэффициент концентрации напряжений, определяемый по указанию п.9.3.4.;

a и b - коэффициенты, определяемые по указанию п.9.3.5.;

r - коэффициент асимметрии цикла

$$r = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}},$$

σ_{min} и σ_{max} наименьшее и наибольшее по абсолютной величине напряжения в рассчитываемом сечении, вычисленное (каждое со своим знаком) без учета случайных нагрузок.

Верхние знаки в знаменателе формулы (9.3) принимаются в случае, когда наибольшее по абсолютной величине напряжение является растягивающим; нижние знаки в противоположном случае.

9.3.4. Эффективный коэффициент концентрации β выбирается:

а) для сталей I и II групп из табл.I приложения 9 ,

б) для сталей III группы по формуле

$$\beta_3 = 1 + 1{,}5\,(\beta_2 - 1), \qquad (9.4)$$

где β_2 - эффективный коэффициент концентрации для стали II группы;

в) для стыкового соединения, выполненного контактной сваркой, из табл.2 приложения 9 ;

г) для точечных сварных соединений при работе точек на срез в табл.3 приложения 9 ;

д) для соединений роликовой сваркой в табл.4 приложения 9.

9.3.5. Коэффициенты a и b в формуле (9.3) берутся по табл.9.3 или вычисляются по формулам:

$$\left.\begin{aligned} a &= \frac{\sigma_T}{2\sigma_{-1}}; \\ b &= \frac{\sigma_T}{2\sigma_B}, \end{aligned}\right\} \qquad (9.5)$$

где σ_{-1} - предел выносливости при симметричном цикле переменных напряжений и при отсутствии концентрации напряжений.

Таблица 9.3

Группа стали	a	b
I	0,90	0,30
II	0,95	0,35
III	I,I0	0,40

9.3.6. Для алюминиевых конструкционных сплавов (АМг-М, АМг6-М, Д16Т, АД33Т1, АВ-Т1, АМг6Т-М, В92-Т) предел выносливости определяется по формуле

$$\sigma_{r\beta}=\frac{1000}{a-b\,r}\,, \qquad (9.6)$$

где a и b -коэффициенты, принимаемые по приложению 10 в зависимости от типа конструкции и соединения;

$r=\frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}$ - коэффициент асимметрии цикла.

9.3.7. Для клеевых соединений предел выносливости при сдвиге определяется экспериментально. Для сплава Д16 его значение приведено в приложении 11.

9.4. Двухступенчатый режим нагружения

9.4.1. При двухступенчатом режиме нагружения принимаем, что действуют последовательно в первой ступени максимальное напряжение σ_1 количеством циклов N_1 и во второй ступени максимальное напряжение σ_2 количеством циклов N_2. В качестве первой ступени может быть выбрана любая из ступеней нагружения. Когда напряжения первой и второй ступеней имеют одинаковый коэффициент асимметрии цикла, запас выносливости вычисляется по формулам, приведенным в табл. 9.4, и расчетным будет меньший из двух, для первой или второй ступени.

Коэффициент снижения предела выносливости $\eta_1\,(\eta_2)$ после нагружения напряжениями $\sigma_2(\sigma_1)$ в количестве $N_2(N_1)$ циклов определится из графиков приложения 12 или по формуле

$$\eta_1=\sqrt[m]{1-\frac{N_2}{2\cdot10^6}\left(\frac{\sigma_2}{\sigma_{r\beta}}\right)^m}\,, \qquad (9.7)$$

где m - показатель степени, определяемый по табл. 9.5.

9.4.2. В случае, если ступени имеют разные коэффициенты асимметрии цикла, то запас выносливости определяется по формулам табл. 9.4, но коэффициент η_1 определяется по графикам приложения 12 в зависимости от числа циклов N_2, отношений $\frac{\sigma_{r2}}{\sigma_\beta}$ и $\frac{\sigma_\beta}{\sigma_{r\beta}}$,

Таблица 9.4

Определение запаса выносливости при двухступенчатом режиме нагружения

Максимальное напряжения		Запас выносливости	
первой ступени σ_1	второй ступени σ_2	первой ступени	второй ступени
$< \sigma_{-1\beta}$	$< \sigma_{-1\beta}$	$\frac{\alpha_1 \sigma_{-1\beta}}{\sigma_1}$	$\frac{\alpha_2 \sigma_{-1\beta}}{\sigma_2}$
$< \sigma_{-1\beta}$	$> \sigma_{-1\beta}$	$\frac{\eta_1 \alpha_1 \sigma_{-1\beta}}{\sigma_1}$	$\frac{\alpha_2 \sigma_{-1\beta}}{\sigma_2}$
$> \sigma_{-1\beta}$	$> \sigma_{-1\beta}$	$\frac{\alpha_1 \eta_1 \sigma_{-1\beta}}{\sigma_1}$	$\frac{\alpha_2 \eta_2 \sigma_{-1\beta}}{\sigma_2}$

Примечания:

1. α_1 (α_2) берется для стали из графика на черт. 9.1, а для алюминиевых сплавов из табл. 9.2 для числа циклов N_1(N_2) и отношения $\frac{\eta_1 \sigma_{-1\beta}}{\sigma_1}$ $\left(\frac{\eta_2 \sigma_{-1\beta}}{\sigma_2}\right)$.

2. Проверка по формулам последней строки производится лишь при условии $N_1 + N_2 < 2 \cdot 10^6$, в противном случае выносливость не обеспечена.

Таблица 9.5

Показатель степени m

$\sigma_в/\sigma_{-1\beta}$	2	3	4	5	6
m	10,96	6,92	5,48	4,72	4,24
					Продолжение табл. 9.5
$\sigma_в/\sigma_{-1\beta}$	8	10	12	15	18
m	3,65	3,30	3,06	2,81	2,63

а l_2 – в зависимости от N_1, отношений $\frac{\sigma_{э1}}{\sigma_в}$ и $\frac{\sigma_в}{\sigma_{r_2\beta}}$.

Эквивалентное напряжение второй ступени определяется по формуле

$$\sigma_{э2} = \sigma_{r_1\beta} \cdot \varkappa, \qquad (9.8)$$

где $\sigma_{r_1\beta}$ – предел выносливости первой ступени с коэффициентом асимметрии цикла r_1;

$\varkappa$ – коэффициент, определяемый по таблицам приложения I3 или по формуле

$$\varkappa = \left(\frac{\sigma_2}{\sigma_{r_2\beta}}\right)^{\frac{lg\frac{\sigma_в}{\sigma_{r_1\beta}}}{lg\sigma_в/\sigma_{r_2\beta}}}, \qquad (9.9)$$

$\sigma_{r_2\beta}$ – предел выносливости второй ступени с коэффициентом асимметрии цикла r_2.

Эквивалентное напряжение первой ступени $\sigma_{э_1}$ определяется аналогично $\sigma_{э_2}$ по формуле (9.8)

$$\sigma_{э1} = \sigma_{r_2\beta} \cdot \varkappa$$

и $\varkappa$ по таблицам приложения I3 или по формуле (9.9)

$$\varkappa = \left(\frac{\sigma_1}{\sigma_{r_1\beta}}\right)^{\frac{lg\,\sigma_в/\sigma_{r_2\beta}}{lg\,\sigma_в/\sigma_{r_1\beta}}}.$$

ПРИЛОЖЕНИЕ I

УСЛОВНЫЕ БУКВЕННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Наименование величин	Обозначение, размерность	
I. Геометрические величины		
Длина	ℓ	см
Высота сечения	h	см
Ширина сечения	b	см
Толщина стенки, пояса	$\delta, \delta_{ст}, \delta_{п}$	см
Диаметр	D	см
Радиус	R	см
Площадь сечения	F	$см^2$
Момент сопротивления при изгибе	W	$см^3$
Осевой момент инерции сечения	J	$см^4$
2. Силовые факторы		
Продольная сила	N	кгс
Поперечная сила	Q	кгс
Распределенная нагрузка	q	кгс/см
Изгибающий момент	M	кгс.см
Крутящий момент	$M_к$	кгс.см

Наименование величин	Обозначение, размерность,	
3. Упругие и прочностные характеристики		
Модуль упругости.....	E	кгс/см^2
Модуль сдвига.....	G	кгс/см^2
Предел текучести.....	$\sigma_т$	кгс/см^2
Предел временного сопротивления..	$\sigma_в$	кгс/см^2
Нормальное напряжение.....	σ	кгс/см^2
Касательное напряжение.....	τ	кгс/см^2
Контактное напряжение.....	$\sigma_к$	кгс/см^2
Удельное давление.....	p	кгс/см^2
Коэффициент запаса прочности.....	n	
Коэффициент запаса выносливости...	$n_в$	

Примечание. В тех случаях, когда указанные величины являются нормируемыми, они заключаются в квадратные скобки (например, $[n]$, $[p]$, $[\sigma]$).

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

КОЭФФИЦИЕНТ K_I ДЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ СВАРКОЙ ПЛАВЛЕНИЕМ

Таблица I

Коэффициент K_I для сталей

Марка металла	Толщина, мм	Состояние металла до сварки	Способ сварки (электрод или присадочная проволока)	K_I
Ст.3, 10 20,25Л	—	Нормализованное	РЭ (УОНИ 13/45)	1,00
			УП (Св-08ГС, Св-08Г2С)	
			А (Св-08А, Св-08АА)	0,90
			ИНУП (Св-08Г2С)	
			Г*) (Св-12ГС)	
30Л, 35Л	—		РЭ (УОНИ 13/45)	0,85
			А (Св-08А, Св-08АА)	0,90
			УП (Св-08Г2С)	1,00
45Л	—		РЭ (УОНИ 13/55)	0,90
			А (Св-18ХМА)	
			А (Св-08А, Св-08АА)	0,80
			УП (Св-08Г2С)	1,00
09Г2С	—		РЭ (УОНИ13/45)	0,90
			А (Св-08ГА)	
			УП (Св-08Г2С)	1,00
10ХСНД	—		РЭ (УОНИ 13/45)	0,80
			РЭ (УОНИ 13/55)	0,90
			А (Св-08А, Св-18ХМА)	1,00
			УП (Св-08Г2С)	
20Х	до 15мм	Термообработанное $\sigma_в$ = 80кгс/мм²	РЭ (УОНИ 13/45)	0,50
			А (Св-08А, Св-08АА)	0,80
			А (Св-18ХМА)	0,90

*) Здесь и далее знаком Г обозначена газовая сварка.

Продолжение табл.I

Марка металла	Толщина, мм	Состояние металла до сварки	Способ сварки (электрод или присадочная проволока)	K_I
40Х*)	до 25мм	Термообработанное $\sigma_в$ =100кгс/мм^2	РЭ (УОНИ I3/55)	0,50
			А (Св-08А,Св-08АА)	0,70
			А (Св-I8ХМА)	0,90
I2XI3*)	—	Термообработанное $\sigma_в$ =66кгс/мм^2	РЭ (ЛМЗ-I)	0,90
			ИП (Св-I2XI3)	
			УП (Св-I2xI3)	0,80
I4XI7H2*)	—	Термообработанное $\sigma_в$ =II0кгс/мм^2	РЭ (ЦЛ-II)	0,50
			УП (Св-06XI9H9T, Св-07XI9HIOБ)	
			УП (Св-06XI4)	0,60
			ИП (Св-06XI9H9T, Св-07XI9HIOБ)	0,90
I2XI8HIOT*) 08XI8HIOT	—	Термообработанное $\sigma_в$ = 52 – – 55 кгс/мм^2	РЭ (ЦЛ-II)	I,00
			УП (Св-07XI9HIOБ, Св-06XI9H9T)	
			А (Св-05Х20Н9ФБС, Св-04XI9H9)	0,90
			ИП (Св-07XI9HIOБ, Св-06XI9H9T)	0,70
I5XI8HI2C4TO		Термообработанное $\sigma_в$ =70 кгс/мм^2	РЭ (03Л-8)	0,75
			ИП (I5XI8HI2C4TO)	0,90
			УП (I5XI8HI2C4TO)	I,00

*) После сварки рекомендуется термообработка.

Продолжение табл.I

Марка металла		Толщина, мм	Состояние металла до сварки	Способ сварки (электрод или присадочная проволока)	K_I
I2Х2НВФА*) 23Х2НВФА		до 4мм	Термообработанное $\sigma_в$=I00—I20 кгс/мм^2	РЭ (НИАТ-5)	0,50
				РИНп(Св-I0XI6H25M6)	
				РЭ (УОНИ I3/85)	0,85
				РЭ (ВИИО-6)	0,95
				ИП (Св-I8ХМА)	
				А (СВ-I8ХМА)	
				УП (Св-I0Г2)	
				Г (Св-I8ХМА)	0,90
08XI8HI0T	ст.3 20	—	—	РЭ (03Д-6-Р, ЭА-395/9)	I,40
	I0ХСНД				I,00
	I5XI8HI2C4T			РЭ (ЦЛ-II)	0,80
I0ХСНД	08ГДНФЛ	-	-	РЭ (УОНИ I3/45)	0,90
				РЭ (УОНИ I3/55)	I,I0
	I2ДН2ФЛ	-	-	РЭ (УОНИ I3/45)	0,80
				РЭ (УОНИ I3/55)	0,90
08ГДНФЛ		-	-	РЭ (УОНИ I3/45)	0,90
				РЭ (УОНИ I3/55)	I,00
I2ДН2ФЛ		-	-	РЭ (УОНИИ I3/55)	0,80

*) Для термообработанных после сварки соединений коэффициент K_I = 0,95

Таблица 2

Коэффициент K_I для цветных металлов и сплавов

Марка металла	Толщина, мм	Состояние металла до сварки	Способ сварки	Термообработка после сварки	K_I
АД1	0,8-1,5	Отожженное	РИНп	Без термообработки	0,55
			ИНп		0,80
Амц АМцА	1-6	Отожженное	ИНп	Без термообработки	0,85
	0,8-4,0	Полунагартованное			0,60
АМг АМгА	1-3	Отожженное	ИНп	Без термообработки	0,90
АМг3	0,5-4,5	Отожженное	ИНп	Без термообработки	0,95
АМг6	0,5-10,0	Отожженное	РИНп ИНп	Без термообработки	1,0
		Полунагартованное			0,90
		Нагартованное			0,80
Д20	0,5-10,0	Закаленное	ИНп	Искусственное старение	0,70
				Закалка и искусственное старение	1,00
	2-15	Закаленное и искусственно состаренное		Без термообработки	0,60
				Закалка и искусственное старение	0,90
АД31, АД33	—	Закаленное и естественно (искусственно) состаренное	ИНп	Без термообработки	0,70
				Закалка и искусственное старение	0,95
АД33	—	Отожженое	ИНп	Без термообработки	1,00

Продолжение табл.2

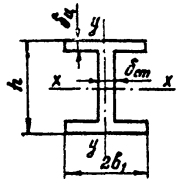
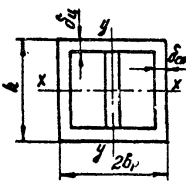
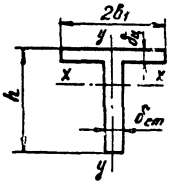
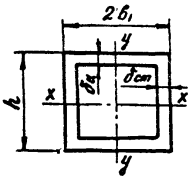
Марка металла	Толщина, мм	Состояние металла до сварки	Способ сварки	Термообработка после сварки	K_I
В92 В92А	I-I0	Закаленное и естественно состаренное	ИНп	Естественное старение	0,80
МА8	-	Отожженное	РИНп ИНп	Без термообработки	0,60
ОТ4	0,8-5	Отожженное и травленное	ИНп	Без термообработки	0,95
ВТ5, ВТ5-I	0,8-I0	Отожженное и травленное	ИНп	Без термообработки	I,00
ВТ6	0,8-I0	Отожженное и травленное	РИНп ИНп	Без термообработки	0,90

Примечание. Для титановых сплавов ОТ4, ВТ5, ВТ5-I, ВТ6, после сварки рекомендуется отжиг.

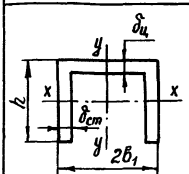
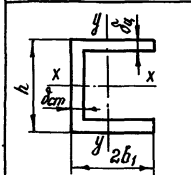
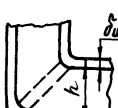
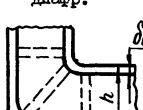
ПРИЛОЖЕНИЕ 3

К РАСЧЕТУ СВАРНЫХ ШВОВ ВО ВХОДЯЩИХ УГЛАХ БАЛОК

Коэффициенты $K_ц$ и $K_{шв}$ для расчёта напряжений в сварных швах. Таблица I

Сечение А–А (черт. 2.12)	$K_ц$	$K_{шв}$
	$\frac{1}{K}\cdot\frac{sh\,2k\delta_1+\sin 2k\delta_1}{2+ch\,2k\delta_1+\cos 2k\delta_1}$; при $k\delta_1 \geq 3$ $\frac{1}{k\delta_1}$; $K=\frac{1{,}285}{\sqrt{\rho\delta_ц}}$	$\frac{2\delta_ц}{k\rho}\cdot\frac{1}{m\beta h_ш}$
	$\frac{3}{2k\delta_1}\left[1+\frac{1}{(k\delta_1)^2}\right]$; при $k\delta_1 \geq 4$ $\frac{3}{2k\delta_1}$	$\frac{\delta_ц}{2k\rho}\cdot\frac{1}{m\beta h_ш}$ – для швов приварки пояса к стенке $\frac{2\delta_ц}{k\rho}\cdot\frac{1}{m\beta h_ш}$ – для швов приварки пояса к диафрагме
	$\frac{1}{k\delta_1}\cdot\frac{sh\,2k\delta_1+\sin 2k\delta_1}{2+ch\,2k\delta_1+\cos 2k\delta_1}$; при $k\delta_1 \geq 3$ $\frac{1}{k\delta_1}$	$\frac{2\delta_ц}{k\rho}\cdot\frac{1}{m\beta h_ш}$
	$\frac{1}{k\delta_1}\cdot\frac{1+\lambda k\delta_1}{1+2\lambda k\delta_1}$; $\lambda=\frac{h\,\delta_ц^3}{2\delta_1\,\delta_{ст}^3}$; при $k\delta_1 \geq 3$ $\frac{1}{2k\delta_1}\left[1+\frac{1}{(k\delta_1)^2}\right]$	$\frac{\delta_ц}{2k\rho}\cdot\frac{1}{m\beta h_ш}$

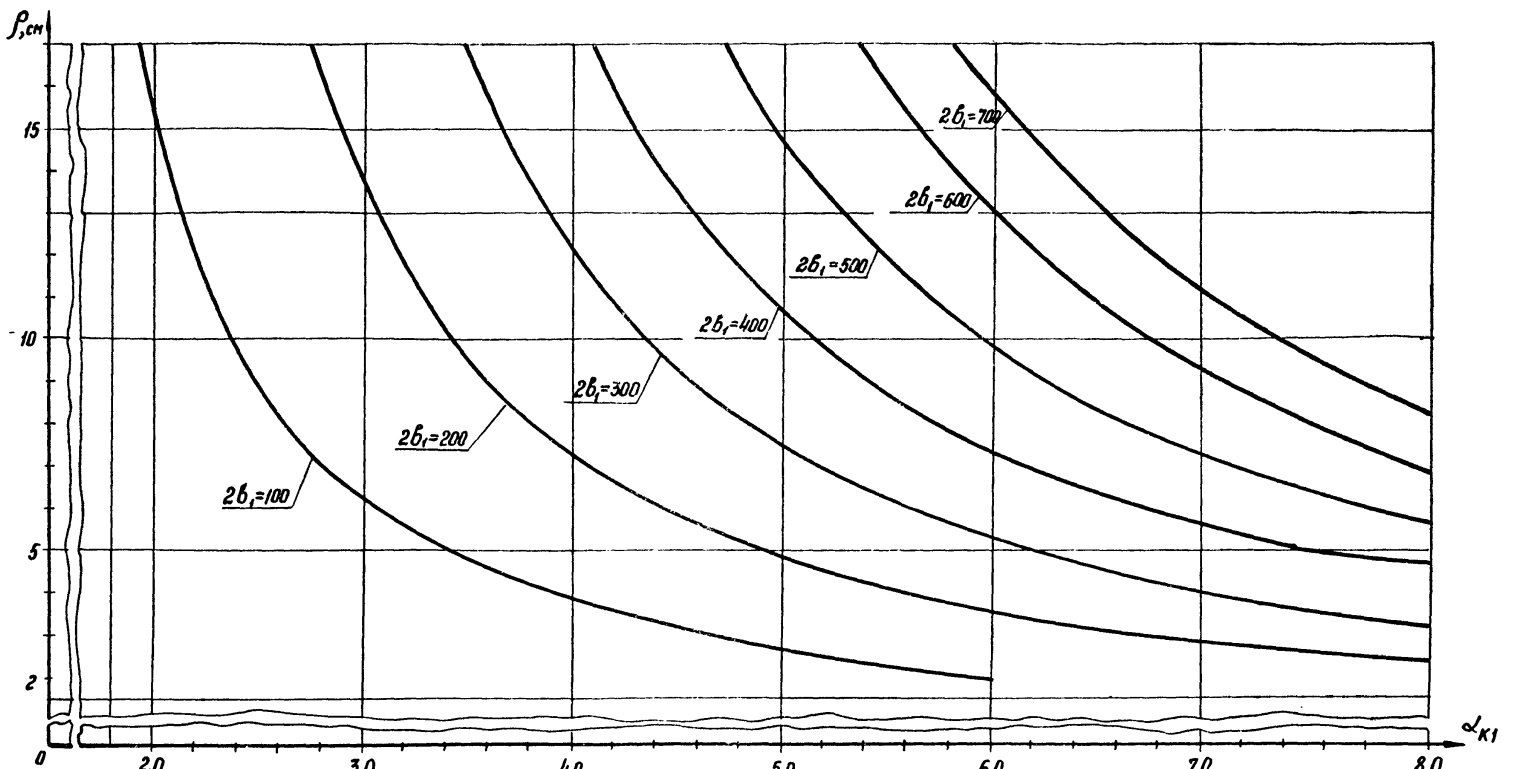
Продолжение табл. 1

Форма сечения А–А (черт. 2)	$K_ц$	$K_{шв}$
	$\frac{1}{2\kappa b_1}\cdot\frac{sh\,2\kappa b_1+\sin 2\kappa b_1}{ch\,2\kappa b_1+\cos 2\kappa b_1}$, при $\kappa b_1 \geqslant 3$ $\frac{1}{2\kappa b_1}$	$\frac{\delta_ц}{kp}\cdot\frac{1}{m\beta h_ш}$
	$\frac{1}{\kappa b_1}\cdot\frac{sh\,2\kappa b_1+\sin\cdot 2\kappa b_1+}{2+ch\,2\kappa b_1+\cos 2\kappa b_1+}$ $\frac{+\lambda\kappa b_1(ch\,2\kappa b_1+\cos 2\kappa b_1-2)}{+2\lambda\kappa b_1(sh\,2\kappa b_1-\sin 2\kappa b_1)}$	$\frac{\delta_ц}{kp}\cdot\frac{1}{m\beta\cdot h_ш}$
Коробчатое сечение с поперечной диафр. 	$0{,}5+\frac{1}{(\kappa b_1)^2}$	$\frac{\delta_ц}{2kp}\cdot\frac{1}{m\beta h_ш}$ для швов приварки пояса к стенке $\frac{\delta_ц^3}{10{,}9}\cdot\frac{1}{m\beta h_ш}\cdot\frac{1}{f}$ для швов приварки пояса к диафрагме f – см. черт. 4 приложения 3
Коробчатое сечение с тремя полереч. диафр. 	$0{,}85-0{,}90$	$\frac{\delta_ц}{2kp}\cdot\frac{1}{m\beta h_ш}$ для швов приварки пояса к стенке $\frac{\delta_ц^3}{10{,}9}\cdot\frac{1}{m\beta h_ш}\cdot\frac{1}{f}$ для швов приварки диафрагмы f – см. черт. 4 приложения 3

Зависимость $\alpha_{к1}$ от ρ

для h=100-700 мм; $\delta_ц$=4-12 мм; $\delta_{ст}$=4 мм; $2b_1$=100 - 700 мм.

(коробчатая балка без подкрепления)



Черт. 1

Таблица 2

Коэффициент α_{k2}

(коробчатая балка без подкрепления)

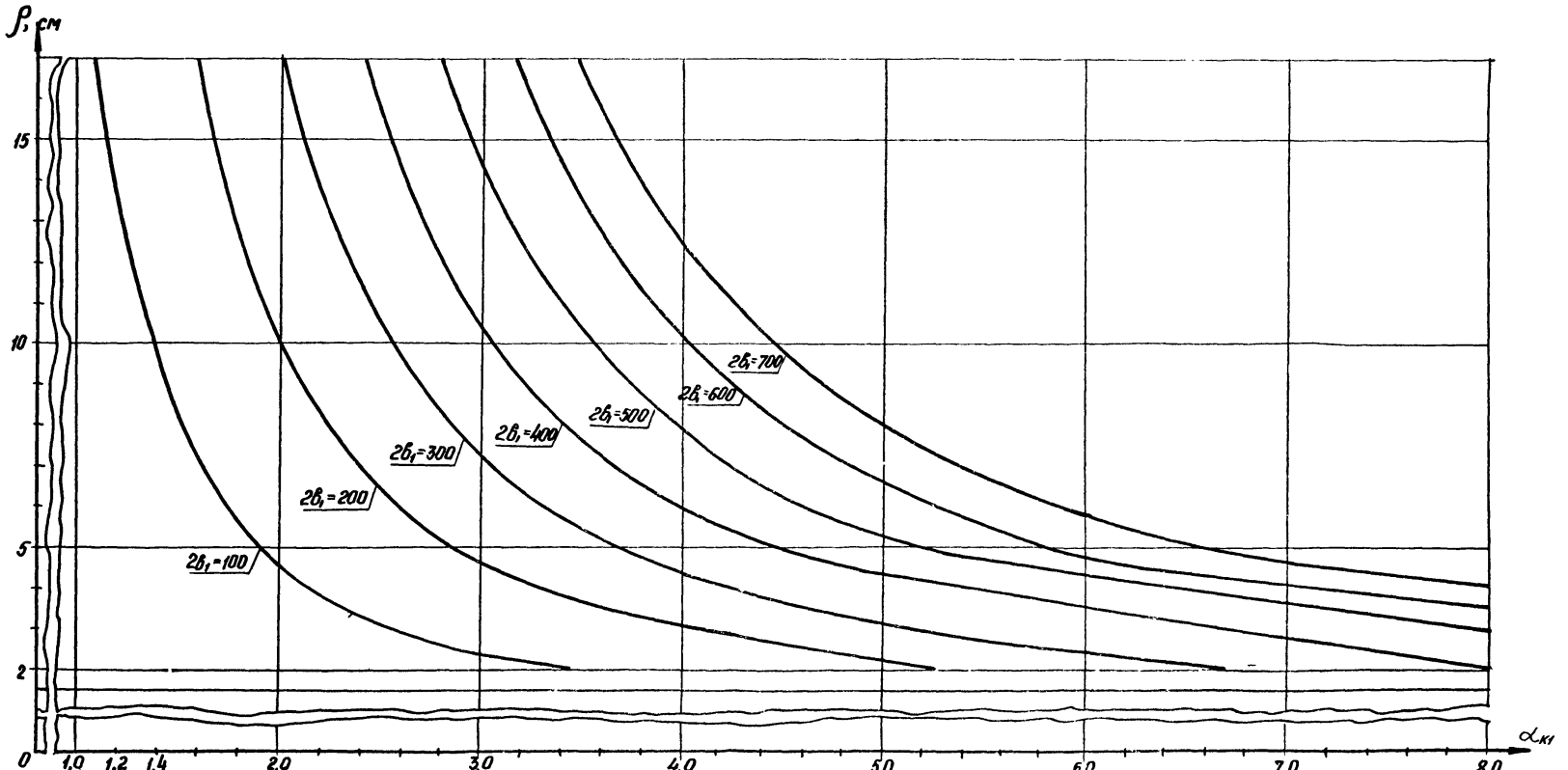
$2b_1$ см	$\delta_{ст}$, см	ρ, см					
		2	5	8	II	I4	I7
I0	0,4	I,00	I,00	I,00	I,00	I,00	I,00
	0,6	0,94I	0,932	0,93I	0,93I	0,932	0,933
	0,8	0,908	0,890	0,887	0,887	0,887	0,889
	I,0	0,887	0,860	0,855	0,854	0,855	0,856
	I,2	0,873	0,838	0,830	0,828	0,828	0,829
20	0,6	0,9I9	0,909	0,907	0,907	0,908	0,908
	0,8	0,874	0,856	0,852	0,85I	0,852	0,852
	I,0	0,847	0,820	0,8I4	0,8I3	0,8I3	0,8I3
	I,2	0,829	0,794	0,786	0,784	0,784	0,784
30	0,6	0,900	0,890	0,889	0,889	0,889	0,890
	0,8	0,846	0,827	0,824	0,823	0,823	0,824
	I,0	0,8I2	0,786	0,78I	0,779	0,779	0,779
	I,2	0,789	0,757	0,749	0,746	0,746	0,746
40	0,6	0,895	0,884	0,882	0,882	0,882	0,882
	0,8	0,838	0,8I9	0,8I4	0,8I3	0,8I3	0,8I4
	I,0	0,803	0,777	0,770	0,768	0,768	0,768
	I,2	0,780	0,747	0,738	0,735	0,734	0,734

Продолжение табл. 2

$2b_1$, см	$\delta_{ст}$, см	ρ, см					
		2	5	8	11	14	17
50	0,4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	0,6	0,885	0,875	0,872	0,872	0,872	0,872
	0,8	0,822	0,804	0,800	0,798	0,798	0,798
	1,0	0,784	0,759	0,752	0,750	0,749	0,750
	1,2	0,759	0,727	0,719	0,716	0,714	0,714
60	0,6	0,877	0,867	0,864	0,864	0,864	0,864
	0,8	0,810	0,792	0,788	0,787	0,786	0,787
	1,0	0,770	0,745	0,738	0,736	0,735	0,735
	1,2	0,743	0,711	0,703	0,700	0,699	0,698
70	0,6	0,875	0,865	0,863	0,862	0,862	0,862
	0,8	0,809	0,799	0,786	0,784	0,784	0,784
	1,0	0,768	0,743	0,736	0,734	0,733	0,732
	1,2	0,742	0,710	0,702	0,698	0,697	0,696

Зависимость $\alpha_{к1}$ от ρ

для h = 100–700 мм; $\delta_{ц}$ = 4–12 мм; $\delta_{стг}$ = 4 мм; $2B_1$ = 100–700 мм:
(коробчатое сечение с продольной диафрагмой)



Черт. 2

Таблица 3

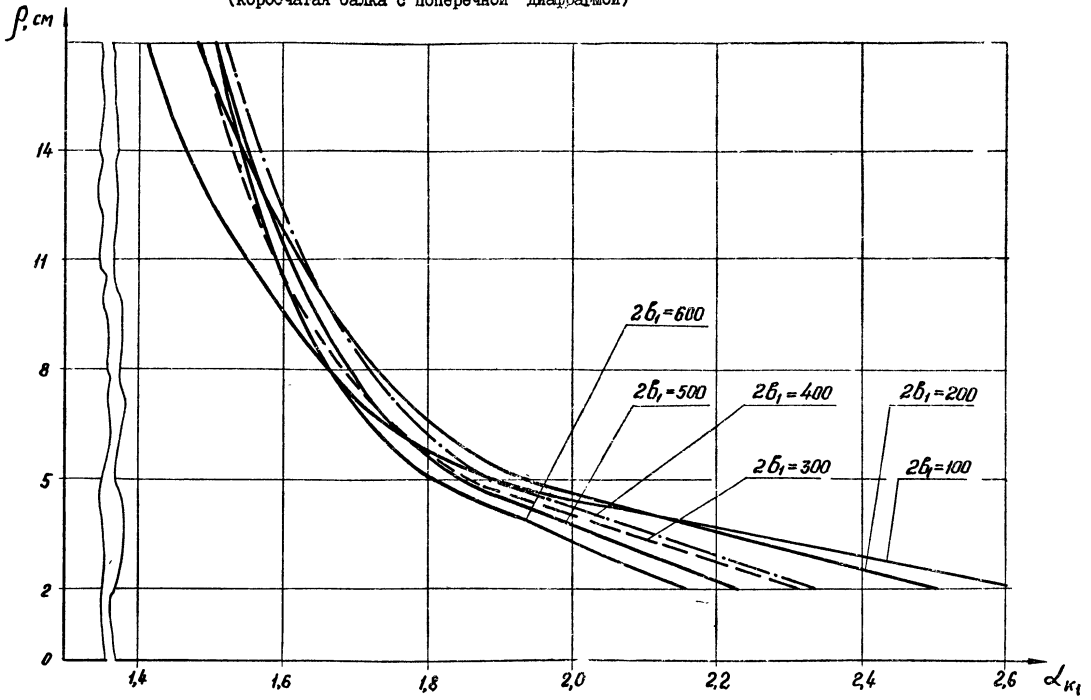
Коэффициент α_{k2}
(коробчатое сечение с продольной диафрагмой)

$2b_y$, см	$\delta_{ст}$, см	ρ, см					
		2	5	8	II	I4	I7
I0	0,4	I,000	I,000	I,000	I,000	I,000	I,000
	0,6	0,964	0,953	0,952	0,95I	0,953	0,954
	0,8	0,939	0,920	0,9I7	0,9I6	0,9I8	0,9I9
	I,0	0,924	0,894	0,889	0,888	0,889	0,89
	I,2	0,807	0,790	0,793	0,797	0,802	0,806
20	0,6	0,945	0,934	0,928	0,927	0,927	0,930
	0,8	0,908	0,888	0,883	0,882	0,886	0,886
	I,0	0,878	0,853	0,847	0,848	0,845	0,848
	I,2	0,8II	0,790	0,789	0,792	0,795	0,799
30	0,6	0,927	0,9I5	0,9I4	0,9I5	0,9I2	0,9I5
	0,8	0,884	0,864	0,859	0,860	0,857	0,860
	I,0	0,855	0,827	0,820	0,820	0,8I9	0,820
	I,2	0,835	0,798	0,790	0,788	0,778	0,789
40	0,6	0,9I7	0,906	0,904	0,904	0,905	0,904
	0,8	0,868	0,848	0,844	0,843	0,844	0,864
	I,0	0,835	0,807	0,80I	0,798	0,800	0,80I
	I,2	0,8I2	0,777	0,770	0,770	0,780	0,790

Продолжение табл.3

$2b_1$, см	δ_{em}, см	ρ, см					
		2	5	8	II	I4	I7
50	0,4	I,000	I,000	I,000	I,000	I,000	I,000
	0,6	0,9I4	0,902	0,900	0,900	0,900	0,900
	0,8	0,864	0,843	0,838	0,837	0,837	0,838
	I,0	0,830	0,802	0,795	0,793	0,792	0,793
	I,2	0.808	0,770	0,760	0,760	0,759	0,760
60	0,6	0,908	0,896	0,894	0,893	0,894	0,894
	0,8	0,853	0,832	0,828	0,827	0,827	0,828
	I,0	0,8I8	0,789	0,783	0,78I	0,78I	0,78I
	I,2	0,794	0,758	0,749	0,747	0,745	0,746
70	0,6	0,906	0,894	0,89I	0,890	0,89I	0,89I
	0,8	0,85I	0,830	0,825	0,824	0,824	0,824
	I,0	0,8I6	0,787	0,779	0,777	0,777	0,777
	I,2	0,79I	0,755	0,746	0,743	0,742	0,742

Зависимость $\alpha_{к_1}$ от ρ
для h = 100-700 мм; δ_4 = 4-12 мм; $\delta_{ст}$ = 4мм:
(коробчатая балка с поперечной диафрагмой)



Черт. 3

Таблица 4

Коэффициент α_{K2}
(коробчатое сечение с поперечной диафрагмой)

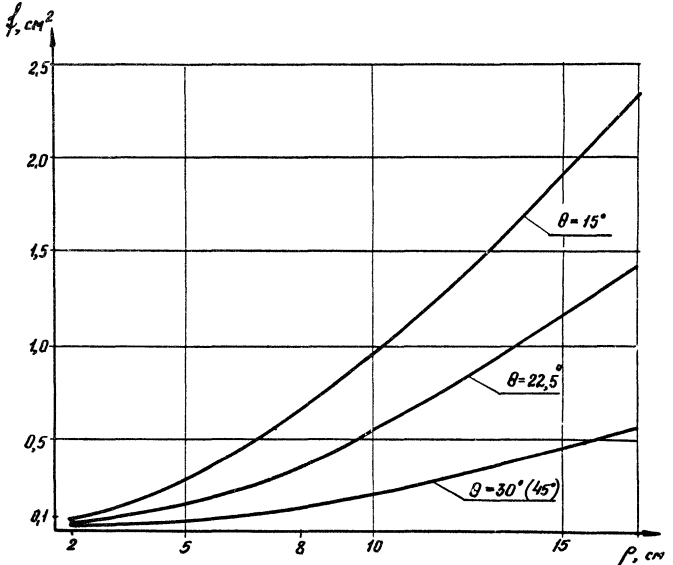
$2b_1$, см	$\delta_{ст}$, см	ρ, см					
		2	5	8	II	I4	I7
I0	0,4	I,000	I,000	I,000	I,000	I,000	I,000
	0,6	I,056	I,0I7	I,003	0,995	0,989	0,986
	0,8	I,096	I,026	I,00I	0,988	0,979	0,973
	I,0	I,I28	I,03I	0,998	0,980	0,969	0,96I
	I,2	I,I54	I,034	0,993	0,972	0,959	0,950
20	0,6	I,066	I,029	I,0I5	I,006	I,000	0,996
	0,8	I,II7	0,048	I,022	I,008	I,998	0,99I
	I,0	I,I58	I,062	I,027	I,007	0,994	0,985
	I,2	I,I94	I,073	I,029	I,005	0,990	0,979
30	0,6	I,063	I,030	I,0I6	I,008	I,003	0,999
	0,8	I,II3	I,05I	I,026	I,0I2	I,003	0,996
	I,0	I,I55	I,067	I,033	I,0I4	I,00I	0,992
	I,2	I,I9I	I,079	I,037	I,0I4	0,998	0,988
40	0,6	I,067	I,035	I,022	I,0I4	I,0I3	I,004
	0,8	I,I2I	I,06I	I,037	I,022	I,0I3	I,006
	I,0	I,I68	I,08I	I,047	I,028	I,0I4	I,005
	I,2	I,208	I ,097	I,055	I,03I	I,0I5	I,004

Продолжение табл. 4

$2B_1$, см	$\delta_{эп}$, см	ρ, см					
		2	5	8	II	I4	I7
50	0,4	I,000	I,000	I,000	I,000	I,000	I,000
	0,6	I,064	I,034	I,022	I,0I4	I,009	I,005
	0,8	I,II6	I,060	I,037	I,023	I,0I4	I,007
	I,0	I,I6I	I,080	I,048	I,029	I,0I6	I,007
	I,2	I,20I	I,096	I,056	I,033	I,0I8	I,007
60	0,6	I,06I	I,033	I,02I	I,0I4	I,009	I,005
	0,8	I,III	I,058	I,036	I,023	I,0I4	I,005
	I,0	I,I54	I,078	I,047	I,030	I,0I8	I,009
	I,2	I,I94	I,094	I,056	I,034	I,0I9	I,009
70	0,6	I,3487	I,3I6	I,298	I,286	I,277	0,92I
	0,8	I,4I6	I,352	I,32I	I,302	I,288	0,926
	I,0	I,476	I,38I	I,339	I,3I3	I,295	0,929
	I,2	I,528	I,405	I,353	I,32I	I,300	0,930

Зависимость коэффициента ℓ от ρ
для h = 100-700мм; $2\delta_1$ = 100-700 мм;
$\delta_ц$ = 4 - 12 мм; δ_{cm} = 4 - 12 мм;

(коробчатое сечение с поперечной диафрагмой)



Черт. 4

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

РАЗРУШАЮЩАЯ НАГРУЗКА НА ОДНУ ТОЧКУ (ЭЛЕКТРОЗАКЛЕПКУ)

Таблица I

Значения разрушающей нагрузки электрозаклепочных соединений из стали Ст.3 при статическом срезе

кгс

Толщина свариваемых листов, мм		Способ сварки		
верхнего	нижнего	РННи	А	УП
0,5	0,5	I20	—	350
	2,0	—	—	550
I,0	I,0	—	550	960
	I,5	I50	600	900
	2,0	240	—	980
I,5	I,5	460	700	880
	2,0	500	850	—
2,0	2,0	600	II00	I500
	6,0	—	—	3I50
3,0	3,0	—	—	2500
	6,0	—	2750	3850
4,0	4,0	—	2600	I900
	6,0	—	2700	2I00
6,0	6,0	—	—	4I50

Таблица 2

Значения разрушающей нагрузки на контактную точку для сталей при статическом срезе кгс

Толщина листов, мм	Марки сталей										
	08,10 *) 20	10Г2А *) 12Г2А	12Х2НВФА	23Х2НВФА	15Н9Ю Х17Н5М3	36Н2МВФ	12Х13 *) 20Х13 12Х18Н10Т	13Х12НВМФА 13Х14НВФРА 10Х12НВМФА	20Н80Т ХН70Ю ХН75МБТЮ ХН77ТЮР	14Х17Н2	12Х20Т3Р ХН60Ю ХН38ВТ
0,3	75	–	–	–	140	120	90	130–140	120	–	110
0,5	180	220	190	230	240	220	180	240	220	240	200
0,8	350	440	370	460	480	440	350	480	440	480	400
1,0	400	600	500	700	750	630	440	750	630	750	550
1,2	550	1000	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,5	700	1100	1000	1300	1350	1200	950	1350	1200	1350	1100
2,0	1000	1600	1450	1800	1900	1650	1350	1900	1650	1900	1500
2,5	1500	2100	1850	2200	2300	2100	1750	2300	2100	2300	1900
3,0	1900	2500	2200	2700	2900	2450	2100	2900	2450	2900	2300
3,5	23000	3300	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4,0	3100	3800	–	–	–	–	–	–	–	–	–

*) Данные взяты по ОСТ 92-1114-71.

Таблица 3

Значения разрушающей нагрузки на контактную точку для легких сплавов при статическом срезе *)

кгс

Толщина листов, мм	Алюминиевые сплавы			Титановые сплавы		Магниевые сплавы	
	АМг5В, АМг6, Д16, В95	АМг3, АМг	АМц	ВТ1-1	ОТ4	МА2-1	МА8
0,5	70	60	35	-	-	-	-
1,0	120	105	90	700	750	120	110
1,2	150	110	100	-	-	-	-
1,5	250	220	150	1100	1250	250	240
2,0	550	420	235	1700	1800	350	340
2,5	620	500	315	-	-	450	400
3,0	750	600	360	2800	3000	550	500
3,5	850	-	-	-	-	-	-
4,0	950	850	650	-	-	800	700
4,5	1050	-	-	-	-	-	-
5,0	1600	-	-	-	-	-	-
5,5	2000	-	-	-	-	-	-
6,0	2600	-	-	-	-	-	-
7,0	3000	-	-	-	-	-	-

*) Данные взяты по ОСТ 92-1114-71.

Таблица 4

Значения разрушающей нагрузки на контактную точку при отрыве *)

кгс

Толщина листов, мм	Сталь		Алюминиевый сплав		Титановый сплав		Магниевый сплав	
	12Х18Н9Т 12Х18Н10Т	12Х21Н5Т	АМг3 АМг	АМг5В АМг6 Д16Т В95	ВТ-1	ОТ4	МА2-1	МА8
0,5	180 *)	–	25 *)	25	–	125	–	–
1,0	600 *)	–	60	65	200	200	50	35
1,2	–	–	65	75	–	–	–	–
1,5	1000 *)	400 *)	85	110	320	350	100	90
2,0	1400 *)	700 *)	190	250	530	550	170	140
2,5	2000 *)	1000 *)	250 *)	280	–	–	250	210
3,0	3000 *)	–	–	480	1100	1100	300	280
3,5	–	–	–	550	–	–	–	–
4,0	–	–	–	650	–	–	370	350
4,5	–	–	–	700	–	–	–	–
5,0	–	–	–	800	–	–	–	–
5,5	–	–	–	1000	–	–	–	–
6,0	–	–	–	1200	–	–	–	–

*) Данные взяты по ОСТ 92-1114-71.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСНОВНЫХ ЗАКЛЕПОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Марка материала заклепки	$\sigma_в$, кгс/мм^2	$\tau_в$, кгс/мм^2	$\sigma_т$, кгс/мм^2	$\tau_т$, кгс/мм^2	Основной металл конструкции
Стальные заклепки					
Ст.2 ГОСТ 380-71	34	24	23	16,0	Малоуглеродистые стали
Ст.3 ГОСТ 380-71	38	27	25	17,0	
09Г2 ГОСТ 19281-73	44	30	30	21,0	Низколегированные и легированные конструкционные стали
12Х18Н9Т ГОСТ 5949-61	55	44	20	16,0	Нержавеющие и жаропрочные стали
Заклепки из алюминиевых сплавов					
В94 ГОСТ 14838-69	-	29	-	24,0	Высокопрочные алюминиевые стали типа В95 (система Al-Zn-Mg-Cu)
В65 ГОСТ 14838-69	-	25	-	14,0	Сплавы типа дюралюмин
Д18 ГОСТ 14838-69	-	19	-	11,0	
АМг5 ГОСТ 14838-69	-	16	-	9,5	Алюминиевомагниевые сплавы
АВ ГОСТ 14838-69	-	17	-	13,0	Коррозионностойкие сплавы типа АВ, АД31 АД33 (системы Al-Mg-Si)
АД33 ГОСТ 14838-69					

Примечания:

1. Стальные заклепки диаметром более 18 мм ставятся в горячем состоянии, а диаметром менее 10 мм и заклепки из алюминиевых сплавов ставятся в холодном состоянии.

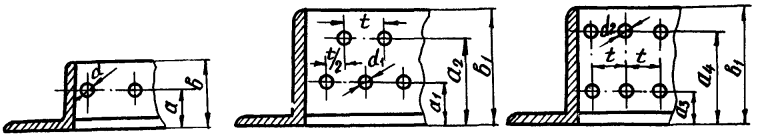
2. Заклепки из АМг5П ставятся в отожженом состоянии, из остальных алюминиевых сплавов - в закаленном и состаренном состоянии.

3. Значения $\sigma_в$ и $\sigma_т$ для сталей и $\tau_в$ для алюминиевых сплавов соответствуют указанным ГОСТам.

ПРИЛОЖЕНИЕ *б*

РИСКИ ПРОКАТНЫХ ПРОФИЛЕЙ

I. Нанесение рисок для отверстий под заклепки в уголках по ГОСТ 8509-72 и ГОСТ 8510-72 производится в соответствии с черт.I и табл.I



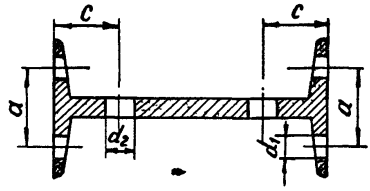
черт.I

Таблица I

мм

Отверстия в один ряд			Отверстия в два ряда						
б	*а*	*d*	$б_I$	$а_I$	$а_2$	d_I	$а_3$	$а_4$	d_2
45	25	II	I25	55	90	23	45	I00	I5
50	30	I3	I40	60	I00	23	45	II5	20
56	30	I3	I60	60	I30	24	55	I30	23
63	35	I7	I80	65	I40	25	65	I40	25
70	40	20	200	80	I60	26	80	I60	26
75	45	2I	220	90	I80	26	90	I80	26
80	45	2I	250	I00	I90	29	I00	I90	29
90	50	23							
I00	55	23							
II0	60	25							
I25	70	25							

2. Нанесение рисок для отверстий под заклепки в двутаврах по ГОСТ 8239-72 производится в соответствии с черт.2 и табл.2



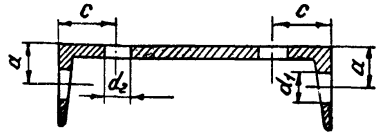
черт.2

Таблица 2

мм

№ профиля	I0	I2	I4	I6	I8	20	22	24	27	30	33	36	40	45	50	55	60	65	70
a	32	36	40	45	50	55	60	60	70	75	80	80	80	90	I00	I00	II0	II0	I20
d_1	9	II	II	I3	I5	I7	I9	I9	2I	23	23	23	23	23	25	25	26	26	29
c	30	35	40	40	50	50	60	60	60	65	65	70	70	70	80	80	90	90	90
d_2	II	I3	I3	I5	I7	I7	2I	2I	2I	23	23	23	23	23	25	25	26	26	29

3. Нанесение рисок для отверстий под заклепки в швеллерах по ГОСТ 8240-72 производится в соответствии с черт.3 и табл.3.



Черт. 3

Таблица 3

мм

№ профиля	5	6,5	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	33	36	40
a	20	20	25	30	30	35	40	40	45	50	60	60	60	60	70	70
d_1	9	11	11	13	17	17	19	21	23	23	25	25	26	26	26	26
c	-	-	-	33	40	45	50	55	60	65	65	70	70	70	75	75
d_2	-	-	-	11	13	15	17	19	23	23	25	25	26	26	26	26

4. Приведенные в табл.1 значения диаметров отверстий d (при однорядном расположении), d_1 (при шахматном двухрядном расположении) и d_2 (при цепном двухрядном расположении) являются максимальными.

Приведенные в табл.2 и 3 значения диаметров отверстий d_1 и d_2 являются максимальными.

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

РАСЧЕТНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ БОЛТОВ С МЕТРИЧЕСКОЙ РЕЗЬБОЙ

Размеры в мм

d	p	d_1	F_1, см^2	V, кгс
10	1,50	8,2	0,5	
	1,25	8,5	0,6	2500
	1,00	8,8	0,6	
	1,75	9,9	0,8	
12	1,50	10,2	0,8	2500
	1,25	10,5	0,9	
	2,00	11,5	1,0	
14	1,50	12,2	1,2	2500
	1,25	12,5	1,2	
	2,00	13,5	1,4	
16	1,50	14,2	1,6	2800
	1,00	14,8	1,7	
	2,50	14,9	1,7	
18	2,00	15,5	1,9	2900
	1,50	16,2	2,1	
	2,50	16,9	2,2	
20	2,00	17,5	2,4	2900
	1,50	18,2	2,6	

Размеры в мм

d	p	d_1	F_1, см^2	V, кгс
	2,5	I8,9	2,8	
22	2,0	I9,5	3,0	3200
	I,5	20,2	3,2	
	3,0	20,3	3,2	
24	2,0	2I,5	3,6	3700
	I,5	22,2	3,9	
	3,0	23,3	4,3	
27	2,0	24,5	4,7	4000
	I,5	25,2	5,0	
	3,5	25,7	5,2	
30	3,0	26,3	5,4	4400
	2,0	27,5	5,9	
	4,0	3I,I	7,6	
36	3,0	32,3	8,2	5200
	2,0	33,5	8,8	
	4,5	36,5	I0,5	
42	4,0	37,I	I0,8	5800
	3,0	38,3	II,5	
	5,0	4I,9	I3,8	
48	4,0	43,I	I4,6	7000
	3,0	44,3	I5,4	

ПРИМЕЧАНИЕ. В таблице приняты следующие обозначения:

d - наружный диаметр резьбы;

P - шаг резьбы;

d_1 - внутренний диаметр резьбы;

F_1 - площадь сечения болта по внутреннему диаметру;

Y - максимальное расчетное усилие при неконтролируемой затяжке.

Справочное

Основные свойства клеев

Основа клея	Марка клея	Условия поставки	Тепло и морозостойкость (°С)	$K_б$	Склеиваемые материалы	Прочность клеевых соединений сдвиг кгс/см²			Отрыв кгс/см²			Расслаивание кг/см			$K_{бр}$
						-60	+20	+60	-60	+20	+60	-60	+20	+60	
Фенолоформальдегидные связующие	БФ-2	ГОСТ 12172-66	-60+180	0	АМг6	70	200	107							1,0
					Д16АТ	90	220	110	250	350	110	20	30	20	
					ВТ5*)	130	220	180		280					
					Сталь 25		350								
					40Х	130	400	150							
	БФ-2Н	ВТУ-УХ-Д27-61	-60+180	0	Сталь 25		180								1,0
					ВТ5		220			280					
					Сталь 25 СТКТ-В**)								2		
					Феррит СТКТ-II		43								
	ВС-10Т	ГОСТ 5.581-70	-60+200	-45	ВТ5		180	100							0,8
					Сталь 25		150			300			11		
					Д16АТ Д16АТ	120	130						8		

*) ВТ5 – титановый сплав;

**) СТКТ-В – стеклоткань.

Основа клея	Марка клея	Условия поставки	Тепло и морозостойкость (°С)	$K_б$	Склеиваемые материалы	Прочность клеевых соединений в зависимости от температуры (°С)									$K_{ф}$
						Сдвиг кгс/см²			Отрыв кгс/см²			Расслаивание кгс/см			
						-60	+20	+60	-60	+20	+60	-60	+20	+60	
Фенолоформальдегидные связующие	ВС-10Т	ГОСТ 5.581-70	-60+200	-45	АМг6		110								
					Сталь 25 АТ-I*)		50								
					40Х	140	170	160		380					0,8
					Сталь Ст.3	135	160	150							
	ВС350	МРТУ6-05-1216-69	-60+350	-20	ВТ5		180								
					Сталь 25		150			300			14		
					АМг6		100								
					Фторопласт-4					100					
					40Х	140	180			360			10		0,7
					Д16		80								
					Д16 Свинец					25					

*) АТ-I – асботекстолит

Вид клея	Марка клея	Условия поставки	Тепло и морозостойкость (°С)	$K_б$	Склеиваемые материалы	Прочность клеевых соединений в зависимости от температуры (°С)									$K_{бр}$
						Сдвиг кгс/см²			Отрыв кгс/см²			Расслаивание кгс/см			
						-60	+20	+60	-60	+20	+60	-60	+20	+60	
Феноло - формальдегидные связующие	ВК-32-200		-60+300	0	АМг6 СТКТ-В		60			85					
					40Х	200	I80	I60	250	I70			30		0,9
					Сталь 25		I20								
					ЭИ-962*)		I47								
					ВТ-1Д**)		2I0								
					Д16АТ	I80	I70	I50	320	I70			30		
					Сталь 25 АТ-I		70								0,8
					Сталь 25					34					
					АМг6 АТ-I		70			90					

*) ЭИ-962 – легированная сталь; **) ВТ-1Д – титановый сплав.

Основа клея	Марка клея	Условия поставки	Тепло и морозостойкость (°С)	$K_б$	Склеиваемые материалы	Прочность клеевых соединений в зависимости от температуры (°С)									$K_{бр}$
						Сдвиг кгс/см²			Отрыв кгс/см²			Раскалывание кгс/см			
						-60	+20	+60	-60	+20	+60	-60	+20	+60	
Феноло - формальдегидные связующие	ВК-32-200		-60+300	0	АМг6 СТЛАЭ*)		42								
					АМг6		I00			30					
					АТ-I		34								
					АТ-I					30					
					МА-2-I АТ-I-Р		55			83					
	ВК-I		-60+I50	0	40Х	I70	200	I60	790	900	770	I5	24	I3	
					ОТ-4		220								
					Д16АТ	I64	I96	I50	790	740	590	20	20	I6	
					Д16	I60	I50	I46	790	740	600	20	20	I6	
	ФФК		-60+300	-20	АМг6 СТКТ-В		40								
					МСП-3**)		20								

*) СТЛАЭ - теплоизоляционный материал; **) МСП-3 - огнеупоры.

Основа клея	Марка клея	Условия поставки	Тепло и морозостойкость (°С)	$K_б$	Склеиваемые материалы	Прочность клеевых соединений в зависимости от температуры (°С)									$K_{ср}$
						Сдвиг кгс/см²			Отрыв кгс/см²			Расслаивание кгс/см			
						-60	+20	+60	-60	+20	+60	-60	+20	+60	
Феноло-формальдегидные св	ФФК		-60+300	-20	Х18Н9Т		80								
					Сталь 25		85								
					АМг6		70			100					
					АМг6 АТ-1В		40								
					Сталь 25 АТ-1В		45								
					Сталь 25 СТКТ-1В		50								
	К300-61		-60+200	0	Сталь 25		120								
					АМг6		118			219					
					АМг6 АТ-1В		52								
					АМг6 СТКТ-В		70								

Основа клея	Марка клея	Условия поставки	Тепло и морозостойкость (°С)	$K_б$	Склеиваемые материалы	Прочность клеевых соединений в зависимости от температуры (°С)									$K_{бр}$
						Сдвиг кгс/см²			Отрыв кгс/см²			Расслаивание кгс/см			
						-60	+20	+60	-60	+20	+60	-60	+20	+60	
Фенолс - формальдегидные связующие	ВК-3	МРТУ6-I7-289-68	-60+200	-20	40Х	460	I90	I28	500	200	I25	38	65	50	I,0
					ДI6АТ	360	200	I30	500	200	I25	37	60	55	
					ДI6	350	I90	I25	500	200	I25	32	50	28	I,0
					АМг6		64								
					АМг6 АТ-I		75								I,0
					АМг6 СТКТ-В		64								
					АМг6		80			I6					
					ТК-I*) Графит		II0								
					ВТ-I-Д		I85	I28							

*) ТК-I - асоостеклотекстолит.

Основа клея	Марка клея	Условия поставки	Тепло и морозостойкость (°С)	$K_б$	Склеиваемые материалы	Прочность клеевых соединений в зависимости от температуры (°С)									$K_{бр}$
						Сдвиг кгс/см²			Отрыв кгс/см²			Расслаивание кгс/см			
						-60	+20	+60	-60	+20	+60	-60	+20	+60	
Феноло-формальдегидные связующие	КВК-15С		-196+300	0	Латунь					70					
	ВК13М	ТУ6-17-366-70	-60+200	-10	40Х		220								0,9
					Х18Н9Т		190								
					ВТ-1Д		250								
					Д16Т		200								
					Д16		200								
	МХТИ-4Н		-60+500	0	АТ-1В		17								
					МСП-23		23								
					АТ-1В ТИМ-1 *)		2,5								
					ТИМ-1 ТЭМКХТ1		3								

*) ТИМ-1 – теплоизоляционный материал.

Основа клея	Марка клея	Условия поставки	Тепло и морозостойкость (°С)	$K_б$	Склеиваемые материалы	Прочность клеевых соединений в зависимости от температуры (°С)									$K_{вр}$
						Сдвиг кгс/см²			Отрыв кгс/см²			Расслаивание кгс/см			
						-60	+20	+60	-60	+20	+60	-60	+20	+60	
Эпоксидные связующие	ЭПК-I		-253+I25	0	АМг6 ТИМ-I		9								
					ПУ-I0I*) Фторопл4					I0					
					ПУ-I0I ТП-4**)					2I	4				
					АМг6 АТ-IВ		98								
					Сталь 25		200			400					
					АМг6		I50	30							
					АМг6 СТКТ-В		I25	20							
	К-400		-60+200	0	Сталь 25		I80								
					АМг6		I40								
					АМг6 АТ-IВ		50			I70					

*) ПУ-I0I – пенопласт;

**) ТП-4 – теплозащитный материал.

Основа клея	Марка клея	Условия поставки	Тепло и морозостойкость (°С)	$K_б$	Склеиваемые материалы	Прочность клеевых соединений в зависимости от температуры (°С)									$K_{бр}$
						Сдвиг кгс/см²			Отрыв кгс/см²			Расслаивание кг/см			
						-60	+20	+60	-60	+20	+60	-60	+20	+60	
Эпоксидные связующие	К-400		-60+200	0	СТКТ-В Феррит					I00					
					МСП-3	50	45								
	К-600		-60+450	-80	ХI8Н9Т		40								
					ХI8Н9Т АМг6		50								
					АМг6		68			7I					
	ВК9		-253+I25	0	40Х	206	220								
					Д16	I50	I40								
					АМг6		I05			300					
					ВТ5-I МСП-3		44								
					Латунь СТКТ-В								2,6		
					МСП-3		38								

Основа клея	Марка клея	Условия поставки	Тепло и морозостойкость (°С)	$K_б$	Склеиваемые материалы	Прочность клеевых соединений в зависимости от температуры (°С)									$K_{ф}$
						Сдвиг кгс/см²			Отрыв кгс/см²			Расслаивание кгс/см			
						-60	+20	+60	-60	+20	+60	-60	+20	+60	
Эпоксидные связующие	ВК9		-253+125	0	СТКТ-8 МСП-3		31								
					СТКТ-8 ПУ-101					21					
					СТКТ-11		25								
					АМг6 АТ-1В		72								
					АТ-1В ПУ-101					2,4					
					Сталь 25		170			380					
					Д16АТ		140								
	РФТЭ		-50+80	0	АМгЗМ СП-33*)		66			70					
					АМгЗМ ЭДТ-10П**)		60			90					
	К139	ТУП-313-62	-60+60		Сталь ИРЛП2025***)								4		

*) СП-33 – сталь;

**) ЭДТ-10П – стеклотекстолит;

***) ИРЛП2025 – резина.

Основа клея	Марка клея	Условия поставки	Тепло и морозостойкость (°С)	$K_б$	Склеиваемые материалы	Прочность клеевых соединений в зависимости от температуры (°С)									$K_{бр}$
						Сдвиг кгс/см²			Отрыв кгс/см²			Расслаивание кгс/см			
						-60	+20	+60	-60	+20	+60	-60	+20	+60	
Эпоксидные связующие	ОК-72Ф	ГОСТ 14887-69	-170+130		Металл стекло					100					
	Д-86		-60+100	0	Сталь 25		420			775					
					Д16		390			725					
					ВТ5		430			730					
	ВКМ ВКМ-БТ		-60+200		АМг6		90	30							
					АМг6 ФФЭ-70ТСП *)		52	20							
					АМг6 Х18Н9Т		99								
					СТКТ-II АМг6		27								
					АМг6 АТ-2I4ФЭ **)		36								
	К-153	ТУ-05-1584-72	-60+60	0	Сталь 25		150	40							

*) ФФЭ-70ТСП – стеклотекстолит;

**) АТ-2I4ФЭ – асботекстолит.

Основа клея	Марка клея	Условия поставки	Тепло и морозостойкость (°С)	$K_б$	Склеиваемые материалы	Прочность клеевых соединений в зависимости от температуры (°С)									$K_{бр}$
						Сдвиг кгс/см²			Отрыв кгс/см²			Расслаивание кгс/см			
						-60	+20	+60	-60	+20	+60	-60	+20	+60	
Эпоксидные связующие	К-153	ТУ6-05-1584-72	-60+60	0	АМг6 СТКТ-В		50			60					
					АМг6 АТ-1В		53								
					АТ-1		48								
					АТ-1В ПУ-101					20					
					АМг6		120			424					
	Д-96		-60+150	0	Сталь 25		300			900					
Минеральные связующие	Контактолы К-8 К-12Б		-60+125		Латунь					35					
	КМ-41 КМ-41М		+1200 кратко временно	70	Х18Н9Т		25–40								
	АФК-11		+1200	70	ВТ1-2					93					
	АФК-12				ЭОШ и ШТ-50					12					

Основа клея	Марка клея	Условия поставки	Тепло и морозостойкость (°С)	$K_б$	Склеиваемые материалы	Прочность клеевых соединений в зависимости от температуры (°С)									$K_{вр}$
						Сдвиг кгс/см²			Отрыв кгс/см²			Расслаивание кгс/см			
						-60	+20	+60	-60	+20	+60	-60	+20	+60	
минеральные связующие	АФК-12		+1200	70	ЗОПГ*)					7,5					
					ПГ-50**)					12					
					ПГ-50 и АФТ					10					
					АФТиАФТ***)					14					
кремнийорганические и минеральные связующие	СК10ИК СК-101М		кратковременно до 700 до 1000	70	Сталь 25					20					
					Д16					20					
					АМг6					20					
					Пористые керамические материалы					5					
	МОК51		-60+1100 кратковременно	70	Х18Н9Т		45								
					АМг6		30								
	КТ 30	ВТУП63-64	-60+350	9	40Х резина					12					
	КТ-25	ТУ-6-02-760-73	-60+250	0	40Х резина		40								

*) ЗОПГ – графит; **) ПГ-50 – графит; ***) АФТ – асботекстолит.

Основа клея	Марка клея	Условия поставки	Тепло и морозостойкость (°С)	$K_б$	Склеиваемые материалы	Прочность клеевых соединений в зависимости от температуры (°С)									$K_{бр}$
						Сдвиг кгс/см²			Отрыв кгс/см²			Расслаивание кгс/см			
						-60	+20	+60	-60	+20	+60	-60	+20	+60	
клеи на основе каучуков	9М35Ф	ТУ38-5-2I6-67	-40+200		Сталь Резина					40					
	Кр-5-I8р	ТУ38-005I2-70	-60+I70		Резина								2,4		
					Сталь Резина								2,4		
	4НБув	ТУ38-I05236-7I	-60+I20	0	Миткаль								0,8		
	7ВБЦС	ТУ38-I05470-72	-60+I00	0	Резина56 Сталь Ст.3					I3			2,5		
	4508	ТУ38-I05480-72	-60+I00	0	Миткаль								0,6		
	СН57	МРТУ38-I05I54-70	-40+80	0	Резина56 сталь Ст.3					8			I,0		
	88Н 88НП	МРТУ38-5-880-66 ТУ38-I05540-73	-50+50	0	Резина56 сталь 25			200	200	II			2,0		
					Сталь 25 СТКГ-В								I,5		
					Резина56 ДI6АТ					II			2,0		
					Сталь 25 Перкаль					60					

Основа клея	Марка клея	Условия поставки	Тепло и морозостойкость (°С)	$K_б$	Склеиваемые материалы	Прочность клеевых соединений в зависимости от температуры (°С)									$K_{бр}$
						Сдвиг кгс/см²			Отрыв кгс/см²			Расслаивание кгс/см			
						-60	+20	+60	-60	+20	+60	-60	+20	+60	
клеи на основе каучука	НТ-150	ТУ38-5-274-67	-60+50		Резина Сталь								1,2		
	3-100	ТУ36-5-372-68	-30+50	0	Резина*)								2,4		
					ИРП1074								2,0		
	Термопрен	ТУ38-6-78-70	-60+50	0	Сталь Резина**)					5					
	С-425-1	ТУ38-105211-71	-30+50	0	Резина Сталь Ст.3								0,5		
					Резины								0,5		
полиуретановые и перхлорвиниловые смолы	КН-15	ТУ38-Л40571-72	-50+50	0	Сталь 20 Резина БІ-2058								4,5		
	Лейконат	МРТУ6-14-235-69	-50+150	0	Резина Сталь 20					40					
					Резина Д16					30					
	СВ-1		-50+100	0	Миткаль								5,0		
	ЛН		-60+120	0	Полиамид		20								
					Винипл.***)		40								
					Серебро		10								
					Д16Т капрон					8					

*) Резина на основе СКН;

**) Резина вулканизированная;

***) винипласт полиамидный.

Основа клея	Марка клея	Условия поставки	Тепло и морозостойкость (°С)	$K_б$	Склеиваемые материалы	Прочность клеевых соединений в зависимости от температуры (°С)										$K_{бр}$
						Сдвиг кгс/см²			Отрыв кгс/см²			Расслаивание кгс/см				
						-60	+20	+60	-60	+20	+60	-60	+20	+60		
полиуретановые и перхлорвиниловые смолы	ЛН		-60+120	0	Сталь 20 Резина					8						
	ЦИАКРИН ЭПЗ-2	ТУ6-09-1455-72	-50+50	-1	Сталь 20 Фольга					220						
					Д16		90			200						
	ПУ-2		-60+80	-15	Сталь 25	140	150	160								
					Н16	160	147									
					АМг6 АТ-1В		50									
					АМг6 СТКТ-В								1,0			
					Сталь 25 АТ-1В		80									
					СТКТ-В								1,3			
					СТКТ-II ПУ-101								0,8			
	ВК-11		-183+60	70	СТКТ-В поролон	р а з р у ш е н и е п о р о л о н а										
					АТ-1В поролон	р а з р у ш е н и е п о р о л о н а										

Марка клея	Условия поставки	Тепло и морозостойкость (°С)	$K_б$	Склеиваемые материалы	Прочность клеевых соединений в зависимости от температуры (°С)									$K_{бр}$
					Сдвиг кгс/см²			Отрыв кгс/см²			Расслаивание кгс/см			
					-60	+20	+60	-60	+20	+60	-60	+20	+60	
ВК-11		-183+60	70	АМг6 поролон	разрушение поролона									
ВК-14		-150+150		Оргстекло		200								
К-13а, К-13б		-60+100	0	Латунь					25					
ТМ-60		-60+60		Полиэтиленовая пленка								0,8		
ХВК-2а	МРТУ6-10-463-66	-40+60	0	Винипл.*)		30								
АК20А	ТУ6-10-1293-72	-50+50	-20	Ткань М Фанера								1,0		
Полистирол		-50+60	0	ПЛС**)		70								
Эмульсия поливинацетатная		-50+50	0	ПАП***)								0,1		
Эпоксид ПР			0	40Х	312	342	350	500	486	451		10		
				Д16	97	123	136	500	445	443		10		0,8
ФХ6-63	ТУ-02-226-72			Д16	131	175	94	482	318	137	36	65	42	

Примечание. В случае, когда в графе "Склеиваемые материалы" указана одна марка, склеиваются детали из одного материала.

*) Винипл. – винипласт полиамидный;

**) ПЛС – полистирол;

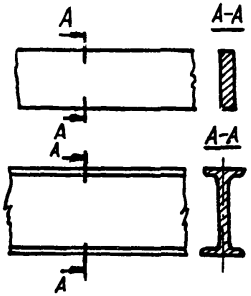
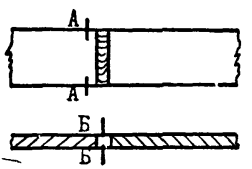
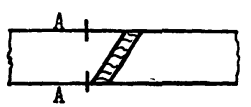
***) ПАП – поливинилацетатная пленка.

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

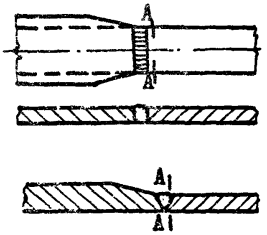
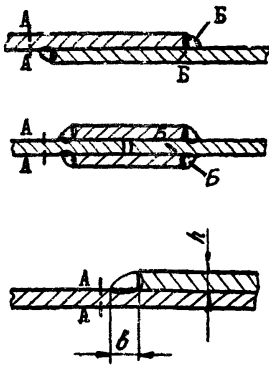
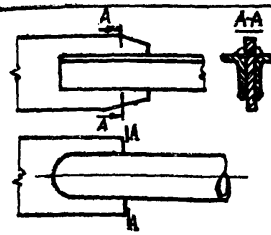
РАСЧЕТНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ЭФФЕКТИВНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ КОНЦЕНТРАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ

Таблица I

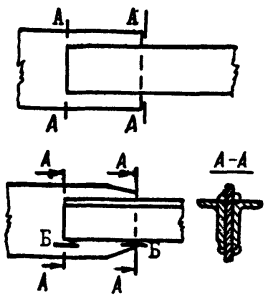
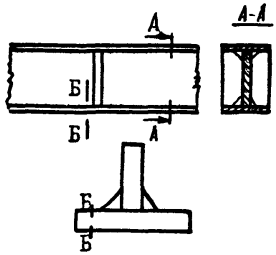
Коэффициент β для стали

Схема соединения и расположения расчетного сечения	Характеристика сечения	Группа стали	
		I	II
	I. Основной металл с необработанной прокатной поверхностью и прокатными, обрезанными или обработанными механическим путем кромками в сечениях вне сварных швов, заклепок и болтов (сечение А-А)	I,0	I,0
	2. То же, но с кромками, обрезанными газовой резкой:		
	а) машинной	I,I	I,2
	б) ручной	I,4	I,8
	3. Основной металл в месте перехода к стыковому шву с усилением, имеющим достаточно плавный переход:		
	а) при прямом шве	I,4	I,8
	б) при косом шве (сечение А-А)	I,3	I,5
	4. Стыковые швы (по оси шва, сечение Б-Б) с полным проваром корня шва:		
	а) при автоматической (а также ручной) сварке и просвечивании	I,0	I,0
	б) при автоматической сварке без просвечивания	I,I	I,2
	в) при ручной сварке без просвечивания	I,2	I,4

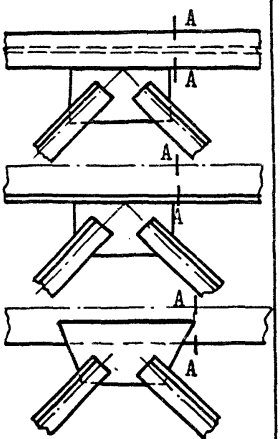
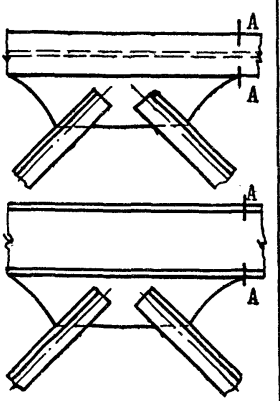
Продолжение табл.I

Схема соединения и расположения расчетного сечения	Характеристика сечения	Группа стали	
		I	II
	5. Основной металл в месте перехода к стыковому шву механически обработанному (сечение А-А):		
	а) при стыковании листов одинаковой толщины и ширины,	1,0	1,0
	б) при стыковании листов разной ширины,	1,2	1,4
	в) при стыковании листов разной толщины.	1,3	1,6
	6. Основной металл в месте перехода по поперечному (лобовому) угловому шву в рабочих соединениях (сечение А-А):		
	а) без механической обработки при отношении катетов $b:h=1,5$ (при направлении большого катета вдоль усилия),	2,7	3,7
	б) то же, но с отношением катетов $b:h=1$,	3,0	-
	в) при механической обработке и отношении катетов $b:h=1,5$.	1,5	1,9
	7. Поперечные (лобовые) швы по расчетному сечению шва (сечение Б-Б):		
	а) при ручной сварке,	2,3	3,2
	б) при автоматической сварке.	1,7	2,4
	8. Основной металл у присоединения комбинированным швом (сечение А-А).	3,0	-

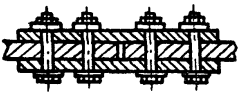
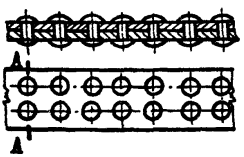
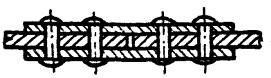
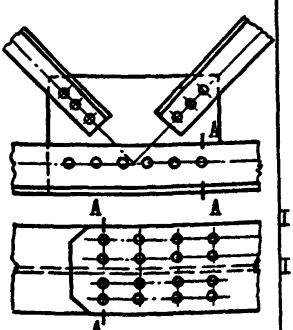
Продолжение табл.I

Схема соединения и расположения расчетного сечения	Характеристика сечения	Группа стали	
		I	II
	9. Основной металл в соединениях с фланговыми швами, работающими на срез от осевой силы, в местах перехода от элемента к концам фланговых швов, независимо от наличия обработки швов (сечение А-А):		
	а) при симметричном сечении,	3,2	3,5
	б) при несимметричном сечении.	3,4	4,4
	IO. Продольные (фланговые) швы по расчетному сечению шва (сечение Б-Б), работающие на срез от осевой силы в соединении.	3,4	4,4
	II. Сечения элементов, сваренных из листов непрерывными швами, вдали от диафрагм и ребер, при действии усилия вдоль оси шва (сечение А-А):		
	а) при автоматической и полуавтоматической сварке;	I,0	I,0
	б) при ручной сварке.	I,3	I,6
	I2. Основной металл вблизи диафрагм и ребер, приваренных угловыми швами к растянутым поясам балки и элементам ферм (сечение Б-Б):		
	а) без механической обработки швов, но при наличии плавного перехода от швов к металлу:		
	при ручной сварке,	I,6	2,2
	при полуавтоматической сварке:,	I,3	I,5
	б) то же, при механической обработке швов,	I,0	I,I

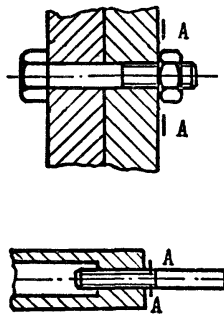
Продолжение табл.I

Схема соединения и расположения расчетного сечения	Характеристика сечения	Группа стали	
		I	II
	I6. Фасонки прямоугольной и трапециевидной формы, привариваемые в стык, в тавр или внахлестку к элементам конструкции без механической обработки перехода от фасонки к элементу.	2,5	3,5
	I7. Фасонки, привариваемые в стык или в тавр к стенкам и поясам балок, а также к элементам ферм, при плавной криволинейной форме и механической обработке перехода от фасонки к элементу конструкции, при полном проваре на всю толщину фасонки.	I,2	I,4

Продолжение табл.I

Схема соединения и расположения расчетного сечения	Характеристика сечения	Группа стали	
		I	II
	I3. Основной металл в сечениях (сечение А-А): а) у прикреплений болтами с контролируемой затяжкой,	I,3	I,6
	б) по соединительным заклепкам, а также по свободному отверстию,	I,3	I,5
	в) по прикреплениям с двусрезными заклепками,	I,6	I,9
	г) по прикреплениям с односрезными заклепками,	2,0	2,4
	д) по первому ряду заклепок, прикрепляющих фасонки к непрерывным (нестыкуемым в данном узле) элементам сплошных балок и решетчатых ферм, а также у обрыва поясного листа изгибаемого элемента.	I,6	I,9
	I4. Болты с контролируемой затяжкой	I,0	I,0
	I5. Заклепки (при расчете на срез и на смятие): а) двусрезные	I,6	I,9
	б) односрезные	2,0	2,4

Продолжение табл.I

Схема соединения и расположения расчетного сечения	Характеристика сечения	Группа стали	
		I	II
	I8. Болт с метрической резьбой, работающий на растяжение:		
	а) с нарезанной резьбой,	3,2	3,8
	б) с накатанной (после термообработки) резьбой.	2,6	3,0
	Для резьб $d>16$ мм значения β увеличивают при $d=25 \div 40$ мм на 20-30%, при $d=50 \div 80$ мм на 40-60%. Для соединения типа стяжки β уменьшается на 20-30%.		

Примечания:

I. Под механической обработкой швов подразумевается обработка швов абразивным кругом, специальной фрезой или любым другим способом, неоставляющим на поверхности швов зарубок, насечек, надрезов и других дефектов.

2. Коэффициенты β, указанные в п.I3 б,в,г и д, относятся к ослабленным сечениям.

Таблица 2

Коэффициент концентрации напряжений β для стыкового сварного соединения

Материал	β
Стали I и II групп	I,2
Стали III группы и алюминиевые сплавы	I,5

Таблица 3

Коэффициент концентрации напряжений β
для точечного сварного соединения

Марка материала	Состояние образцов	Толщина, мм	β	
			связующие точки	рабочие точки
Сталь I0	Нормализован	3,0	I,4	7,5
Сталь 12XI8H9T	Нагартованное	I,5	2,0	I2,0
Титановый сплав ВТI	Состояние поставки		2,0	I0,0
Алюминиевый сплав Д16Т	То же		2,0	5,0

Таблица 4

Коэффициент концентрации напряжений β

для соединения роликовой сваркой

Марка материала	Состояние образцов	Толщина, мм	β	
			связующий шов	рабочий шов
Сталь I0	Нормализованное	3,0	I,25	5,00
Сталь 12XI8H9T	Нагартованное	I,5	2,00	7,50
Титановый сплав ВТI	Состояние поставки		I,30	5,00
Алюминиевый сплав Д16Т	То же		I,30	2,25

ПРИЛОЖЕНИЕ IO

ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ a И b В ФОРМУЛЕ (9.6)

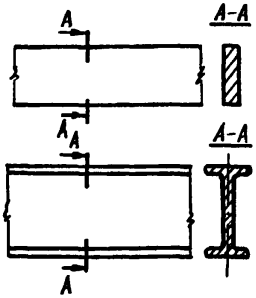
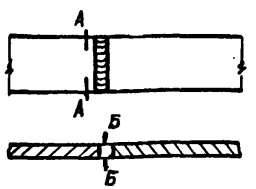
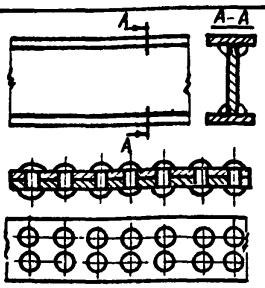
Схема соединения и расположения расчетного сечения	Характеристика сечения	Коэффициенты	
		a	b
	I. Основной металл с необработанной прессованной или прокатной поверхностью и прокатанными обрезанными или обработанными механическим путем кромками в сечениях вне сварных швов, заклепок и болтов.	I,26	0,74
	2. Основной металл в месте перехода к стыковому шву и стыковой шов, обработанный в этом месте абразивным кругом или специальной фрезой. При стыковании листов одинаковой толщины и ширины.	I,44	0,92
	3. Сечения элементов, сваренных из листов непрерывными швами вдали от диафрагм и ребер, при действии усилия вдоль оси шва при автоматической и полуавтоматической сварке. Сечения с соединительными заклепками.	I,97	I,45

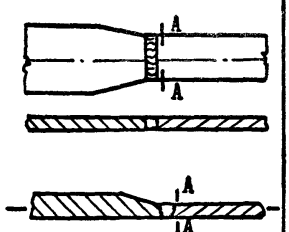
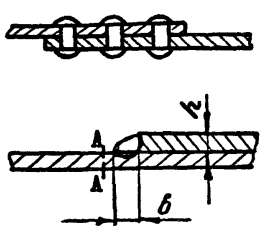
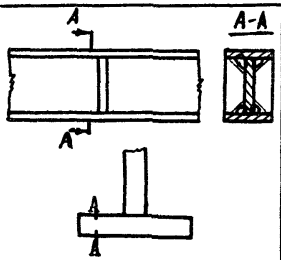
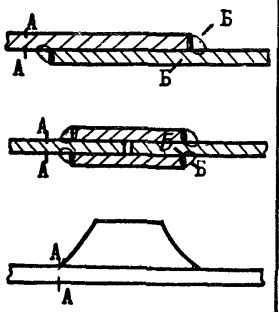
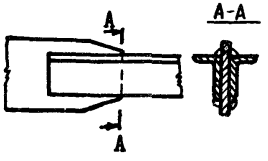
Схема соединения и расположения расчетного сечения	Характеристика сечения	Коэффициенты	
		а	*б*
	4. Стыковые швы (по оси шва) с полным проваром корня шва и основной металл в месте перехода к необработанному стыковому шву с усилением, имеющим достаточно плавный переход и при отсутствии подрезов.	2,32	I,8
	5. Основной металл в месте перехода к стыковому шву обработанному в этом месте абразивным кругом или специальной фрезой при стыковании листов разной ширины или разной толщины.	2,32	I,8
	6. При прикреплении заклепками и по заклепкам (при расчете на срез и смятие). У прикрепления высокопрочными болтами, при расчете на брутто. Угловые поперечные (лобовые) швы по расчетному сечению шва и основной металл в месте перехода к поперечному угловому шву с соотношением катетов I:I,5 в рабочих соединениях с механической обработкой шва, при направлении большего катета вдоль усилия.	2,32	I,8

Схема соединения и расположения расчетного сечения	Характеристика сечения	Коэффициенты	
		a	b
	7. Основной металл вблизи диафрагм и ребер, приваренных угловыми швами к растянутым поясам балки и элементам ферм при механической обработке швов.	2,32	I,80
	8. Угловые поперечные (лобовые) швы по расчетному сечению шва и основной металл в месте перехода к поперечному угловому шву при отношении катетов b/k = I,5 в рабочих соединениях без обработки швов (при направлении большого катета вдоль усилия). Фасонки, привариваемые к элементам конструкции при плавной криволинейной форме и механической обработке перехода от фасонки к элементу конструкции, при полном проваре на всю толщину фасонки.	3,07	2,48
	9. Соединения с фланговыми швами, работающими на срез от осевой силы.	5,68	4,62

ПРИЛОЖЕНИЕ II

ПРЕДЕЛ ВЫНОСЛИВОСТИ ПРИ СДВИГЕ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ СПЛАВА Д16 ПРИ 20°С

кгс/см^2

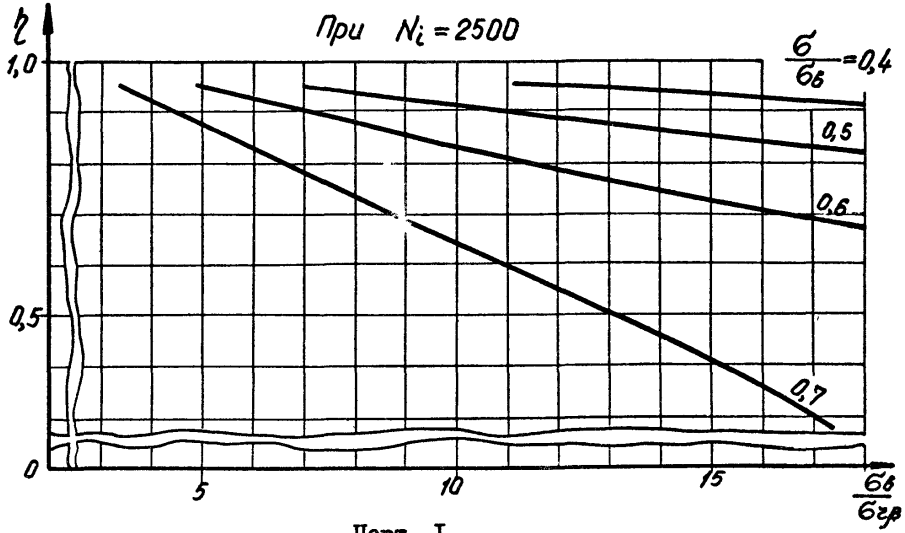
Марка клея	Количество циклов нагружения		
	10^5	10^6	10^7
БФ-2	36	32	28
ПУ-2	60	43	25
ВК-32-ЭМ	55	43	30
ВК-32-2000	75	55	37
ВК-I	62	53	45
ВК-IМ	62	52	40
ВК-IМС	60	52	50
ВК-3 жидкий	90	82	75
ВК-3 пленочный	80	75	68
ВК-5	50	35	20
ВК-7	86	73	60
ВК-9	50	40	30
ФЛ-4С	4I	34	25
МФ-I	60	55	50
Л-4	25	I8	I0
ЭПР	70	48	25

Примечание. Коэффициент асимметрии цикла при испытании

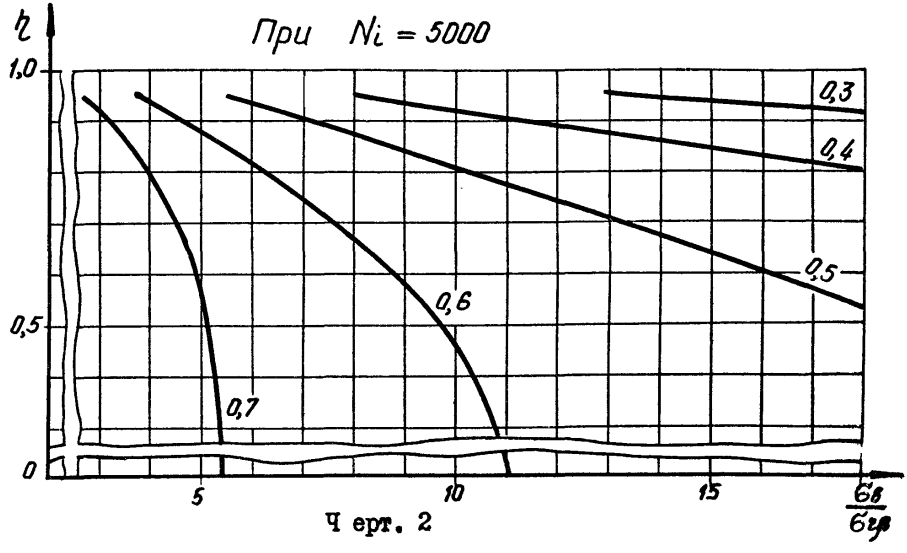
$$\rho = \frac{\tau_{min}}{\tau_{max}} = 0{,}1.$$

ПРИЛОЖЕНИЕ I2

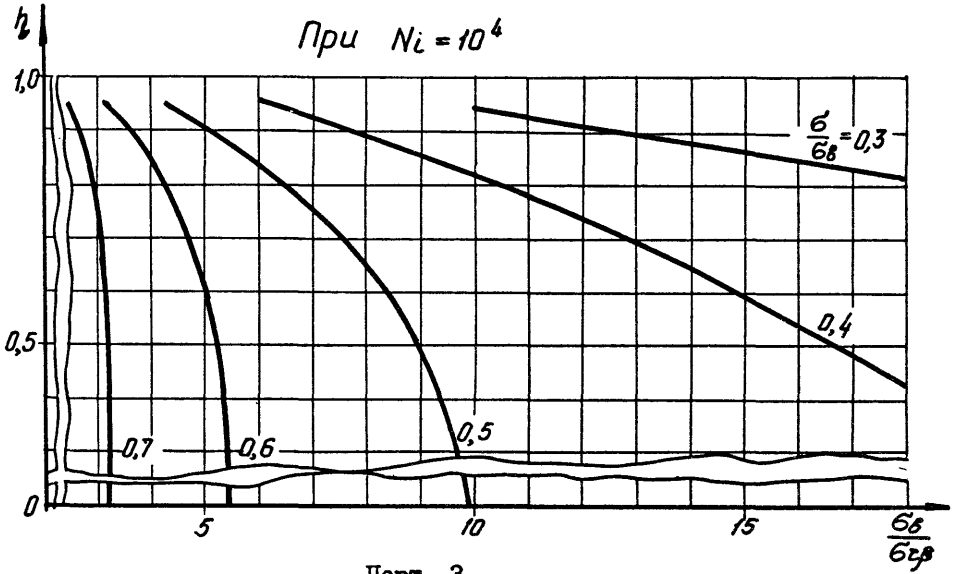
ЗНАЧЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА η



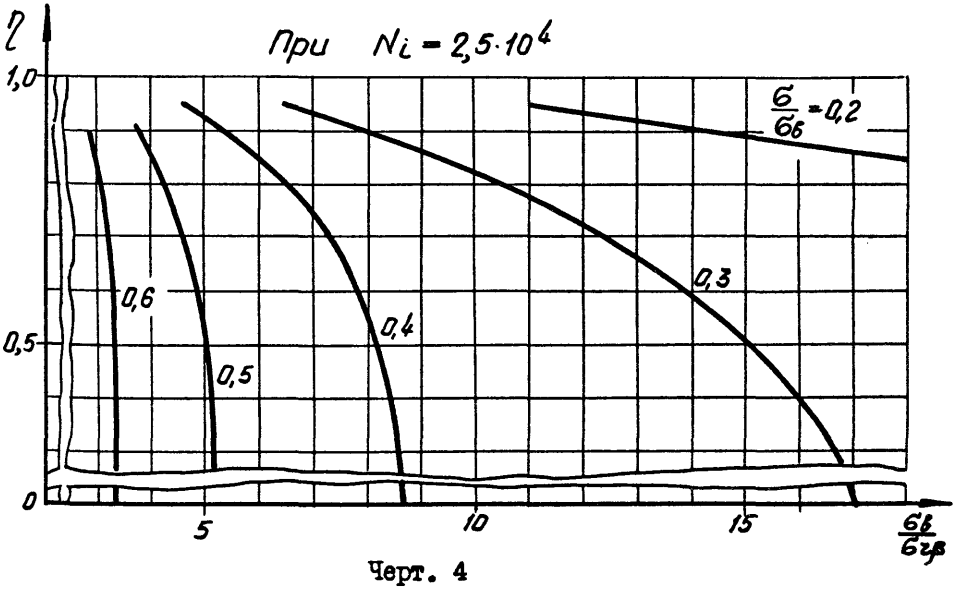
Черт. I



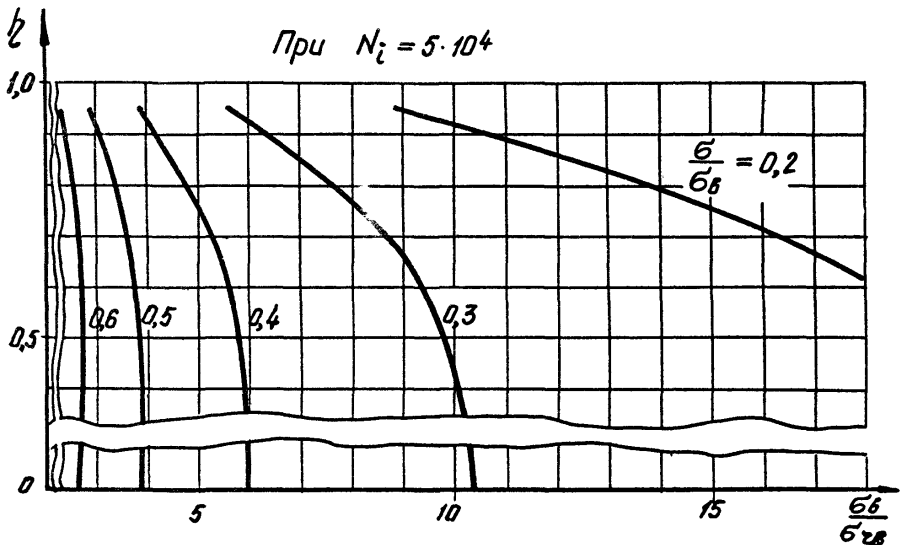
Ч ерт. 2


h
При $N_i = 10^4$
1,0
0,5
0
$\frac{\sigma}{\sigma_в} = 0,3$
0,4
0,5
0,6
0,7
5
10
15
$\frac{\sigma_в}{\sigma_{тр}}$

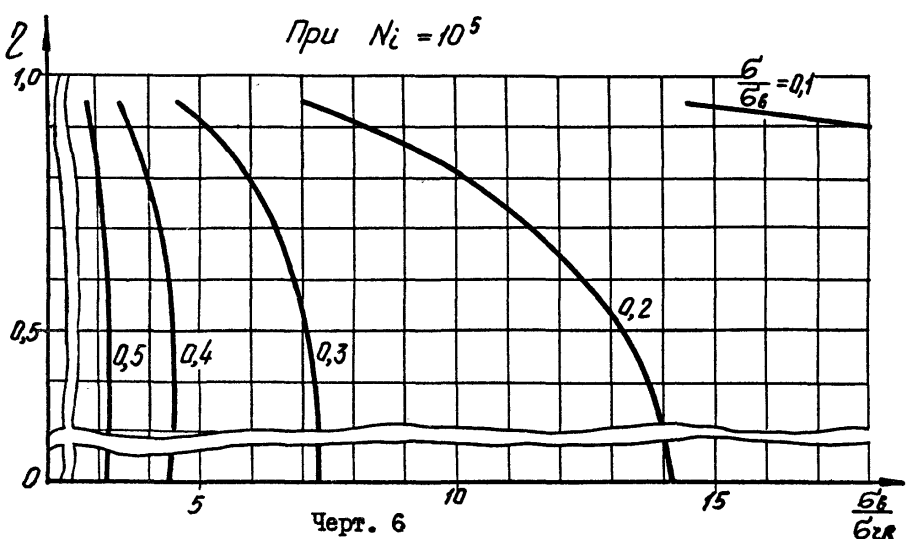
Черт. 3


η
При $N_i = 2,5 \cdot 10^4$
1,0
0,5
0
$\frac{\sigma}{\sigma_в} = 0,2$
0,3
0,4
0,5
0,6
5
10
15
$\frac{\sigma_в}{\sigma_{тр}}$

Черт. 4


b
При $N_i = 5 \cdot 10^4$
1,0
0,5
0
$\frac{\sigma}{\sigma_в} = 0,2$
0,6
0,5
0,4
0,3
5
10
15
$\frac{\sigma_в}{\sigma_{тв}}$

Черт. 5


b
При $N_i = 10^5$
1,0
0,5
0
$\frac{\sigma}{\sigma_в} = 0,1$
0,2
0,5
0,4
0,3
5
10
15
$\frac{\sigma_в}{\sigma_{тв}}$

Черт. 6

ПРИЛОЖЕНИЕ I3

ЗНАЧЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА α

Таблица I

При $\frac{\sigma_2}{\sigma_в} = 0,1$

$\frac{\sigma_в}{\sigma_{r1\beta}}$	$\sigma_в / \sigma_{r2\beta}$							
	II	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8
2	I,03	I,05	I,07	I,09	I,II	I,I2	I,I4	I,I5
3	I,04	I,08	I,I2	I,I5	I,I8	I,20	I,23	I,25
5	I,07	I,I2	I,I8	I,23	I,27	I,3I	I,35	I,39
8	I,09	I,I7	I,24	I,30	I,36	I,42	I,48	I,52
I0	I,I0	I,I8	I,26	I,34	I,4I	I,48	I,54	I,60
I5	I,II	I,22	I,32	I,4I	I,50	I,58	I,66	I,73
I8	I,I2	I,23	I,34	I,44	I,54	I,63	I,7I	I,80

Таблица 2

При $\frac{\sigma_2}{\sigma_б} = 0,2$

$\frac{\sigma_б}{\sigma_{r1\beta}}$	$\sigma_б / \sigma_{r2\beta}$									
	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I5	I8
2	I,07	I,I3	I,I7	I,20	I,23	I,26	I,28	I,29	I,32	I,36
3	I,I2	I,2I	I,28	I,34	I,39	I,43	I,47	I,50	I,56	I,63
4	I,I5	I,27	I,37	I,45	I,52	I,57	I,63	I,68	I,75	I,85
5	I,I8	I,32	I,44	I,54	I,62	I,70	I,76	I,82	I,92	2,04
6	I,20	I,36	I,50	I,6I	I,7I	I,80	I,88	I,95	2,07	2,2I
8	I,24	I,43	I,60	I,74	I,87	I,98	2,08	2,I7	2,32	2,5I
I0	I,26	I,49	I,68	I,85	2,00	2,I3	2,25	2,36	2,54	2,77
I2	I,29	I,54	I,75	I,94	2,II	2,26	2,40	2,52	2,74	3,0I
I5	I,32	I,60	I,84	2,06	2,26	2,44	2,60	2,74	3,00	3,32
I8	I,34	I,65	I,92	2,I7	2,39	2,59	2,77	2,93	3,23	3,60

Таблица 3

При $\frac{\sigma_2}{\sigma_в} = 0,3$

$\frac{\sigma_в}{\sigma_{ч\beta}}$	$\sigma_в/\sigma_{r2\beta}$										
	4	5	6	7	8	9	I0	I2	I4	I6	I8
2	I,09	I,I9	I,25	I,3O	I,34	I,37	I,39	I,43	I,46	I,48	I,50
3	I,I5	I,32	I,43	I,52	I,59	I,64	I,69	I,76	I,82	I,86	I,90
4	I,20	I,42	I,58	I,70	I,79	I,87	I,94	2,04	2,I2	2,I9	2,24
5	I,24	I,50	I,69	I,85	I,97	2,07	2,I5	2,29	2,40	2,49	2,56
6	I,27	I,57	I,80	I,98	2,I3	2,25	2,35	2,52	2,65	2,75	2,84
7	I,29	I,63	I,89	2,I0	2,27	2,4I	2,53	2,73	2,88	3,0I	3,II
8	I,3I	I,69	I,98	2,2I	2,40	2,56	2,70	2,92	3,I0	3,24	3,36
9	I,33	I,74	2,06	2,3I	2,52	2,70	2,85	3,I0	3,30	3,46	3,60
I0	I,35	I,79	2,I3	2,40	2,64	2,83	3,00	3,28	3,50	3,68	3,83
I2	I,39	I,87	2,26	2,58	2,85	3,07	3,27	3,60	3,86	4,08	4,26
I5	I,43	I,98	2,43	2,8I	3,I3	3,40	3,64	4,04	4,36	4,63	4,85
I8	I,46	2,07	2,58	3,0I	3,38	3,69	3,97	4,44	4,8I	5,I3	5,40

Таблица 4

При $\frac{\sigma_2}{\sigma_б} = 0,4$

$\frac{\sigma_в}{\sigma_{ч\beta}}$	$\sigma_б/\sigma_{r2\beta}$									
	3	4	5	6	7	8	I0	I2	I5	I8
2	I,I2	I,26	I,35	I,40	I,44	I,47	I,52	I,55	I,58	I,60
3	I,20	I,45	I,60	I,7I	I,79	I,85	I,94	2,00	2,07	2,I2
4	I,26	I,60	I,82	I,97	2,08	2,I7	2,30	2,40	2,50	2,58
5	I,3I	I,73	2,00	2,I9	2,34	2,46	2,63	2,76	2,90	3,00
6	I,35	I,84	2,I6	2,40	2,58	2,72	2,94	3,I0	3,27	3,40
7	I,38	I,93	2,3I	2,59	2,80	2,97	3,23	3,42	3,62	3,78
8	I,4I	2,02	2,45	2,76	3,00	3,20	3,50	3,72	3,96	4,I4

Продолжение табл. 4

$\frac{\sigma_в}{\sigma_{r1\beta}}$	$\sigma_в/\sigma_{r_2\beta}$									
	3	4	5	6	7	8	I0	I2	I5	I8
9	I,44	2,II	2,58	2,93	3,20	3,42	3,75	4,00	4,28	4,48
I0	I,46	2,I8	2,70	3,08	3,38	3,62	4,00	4,28	4,59	4,82
I2	I,5I	2,32	2,92	3,37	3,72	4,0I	4,64	4,80	5,I8	5,46
I4	I,55	2,45	3,I2	3,63	4,04	4,38	4,90	5,29	5,73	6,06
I6	I,58	2,56	3,30	3,88	4,34	4,7I	5,3I	5,76	6,26	6,64
I8	I,6I	2,66	3,47	4,I0	4,6I	5,04	5,70	6,20	6,77	7,20

Таблица 5

При $\frac{\sigma_2}{\sigma_в} = 0,5$

$\frac{\sigma_в}{\sigma_{r1\beta}}$	$\sigma_в/\sigma_{r_2\beta}$								
	3	4	5	6	7	8	I0	I4	I8
22	I,29	I,4I	I,48	I,53	I,56	I,59	I,62	I,67	I,69
3	I,50	I,73	I,87	I,96	2,03	2,08	2,I5	2,25	2,30
4	I,67	2,00	2,20	2,34	2,44	2,52	2,63	2,78	2,87
5	I,8I	2,24	2,50	2,68	2,82	2,92	3,08	3,28	3,40
6	I,94	2,45	2,77	3,00	3,I7	3,30	3,50	3,75	3,90
7	2,05	2,65	3,03	3,30	3,50	3,66	3,90	4,20	4,39
8	2,I5	2,83	3,27	3,58	3,8I	4,00	4,28	4,63	4,86
9	2,25	3,00	3,49	3,85	4,II	4,33	4,64	5,05	5,3I
I0	2,34	3,I6	3,7I	4,I0	4,40	4,64	5,00	5,46	5,76
II	2,42	3,32	3,92	4,35	4,68	4,95	5,34	5,86	6,I9
I2	2,50	3,46	4,II	4,59	4,95	5,24	5,68	6,25	6,6I
I4	2,65	3,74	4,49	5,04	5,47	5,8I	6,32	7,00	7,43
I6	2,78	4,00	4,85	5,47	5,96	6,35	6,94	7,72	8,23
I8	2,9I	4,24	5,I8	5,88	6,43	6,87	7,54	8,42	9,00

Таблица 6

При $\frac{\sigma_2}{\sigma_б} = 0,6$

$\frac{\sigma_б}{\sigma_{r_1\beta}}$	$\sigma_б / \sigma_{r_2\beta}$									
	2	3	4	5	6	7	8	I0	I4	I8
2	I,20	I,45	I,55	I,60	I,64	I,67	I,69	I,7I	I,75	I,77
3	I,33	I,80	2,00	2,I2	2,I9	2,25	2,29	2,35	2,42	2,47
4	I,44	2,I0	2,40	2,58	2,69	2,78	2,84	2,94	3,06	3,I3
5	I,53	2,36	2,76	3,00	3,I6	3,28	3,37	3,50	3,66	3,76
6	I,60	2,6I	3,I0	3,40	3,60	3,75	3,86	4,03	4,24	4,37
7,	I,67	2,83	3,42	3,77	4,02	4,20	4,34	4,54	4,80	4,96
8	I,73	3,04	3,72	4,I3	4,42	4,63	4,80	5,04	5,35	5,54
9	I,78	3,24	4,00	4,48	4,8I	5,05	5,24	5,53	5,88	6,I0
I0	I,83	3,43	4,28	4,8I	5,I9	5,46	5,68	6,00	6,40	6,66
II	I,88	3,6I	4,55	5,I4	5,55	5,86	6,I0	6,46	6,9I	7,20
I2	I,92	3,78	4,80	5,45	5,9I	6,25	6,52	6,9I	7,42	7,73
I4	2,00	4,I0	5,29	6,06	6,60	7,00	7,32	7,80	8,40	8,78
I6	2,07	4,4I	5,76	6,64	7,26	7,73	8,I0	8,65	9,35	9,80
I8	2,I4	4,69	6,20	7,I9	7,90	8,43	8,85	9,48	I0,29	I0,80

Таблица 7

При $\frac{\sigma_2}{\sigma_б} = 0,7$

$\frac{\sigma_б}{\sigma_{r_1\beta}}$	$\sigma_б / \sigma_{r_2\beta}$							
	2	3	4	5	6	8	I0	I8
2	I,40	I,60	I,67	I,7I	I,74	I,76	I,80	I,84
3	I,70	2,I0	2,26	2,35	2,4I	2,48	2,53	2,62
4	I,96	2,55	2,80	2,94	3,03	3,I5	3,23	3,37
5	2,I8	2,96	3,30	3,50	3,63	3,79	3,90	4,I0
6	2,39	3,35	3,78	4,03	4,20	4,4I	4,55	4,8I
7	2,57	3,72	4,24	4,55	4,75	5,0I	5,I8	5,50
8	2,74	4,07	4,68	5,05	5,29	5,46	5,60	5,80

Продолжение табл. 7

$\frac{б_в}{б_{чр}}$	$б_в/б_{чгр}$							
	2	3	4	5	6	8	I0	I8
9	2,90	4,4I	5,II	5,53	5,8I	6,02	6,I7	6,86
I0	3,06	4,73	5,53	6,00	6,32	6,74	7,00	7,53
II	3,20	5,05	5,93	6,46	6,82	7,29	7,59	8,I8
I2	3,34	5,36	6,33	6,92	7,32	7,84	8,I7	8,83
I4	3,60	5,94	7,I0	7,80	8,28	8,90	9,30	I0,II
I6	3,84	6,50	7,84	8,65	9,2I	9,62	9,94	II,36
I8	4,07	7,04	8,56	9,49	I0,I2	I0,96	II,50	I2,60

ПРИЛОЖЕНИЕ I4 к ОСТ 92-0994-75

Справочное

ПЕРЕЧЕНЬ ДОКУМЕНТОВ, УПОМЯНУТЫХ В СТАНДАРТЕ

Обозначение	Наименование	Стр.
ГОСТ 380-7I	Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки и общие технические требования.	I92
ГОСТ I759-70	Болты, винты, шпильки и гайки. Технические требования	79
ГОСТ 2688-69	Канаты стальные. Канат двойной свивки типа ЛК-Р конструкции 6.I9(I+6+6/6)+Io.c.	I46
ГОСТ 3062-69	Канаты стальные. Канат спиральный типа ЛК-О конструкции 1×7(1+6)	I46
ГОСТ 3067-74	Канаты стальные. Канат двойной свивки типа ТК конструкции 6.I9(I+6+I2)+I.I9(1+6+12)	I46
ГОСТ 3068-74	Канаты стальные. Канат двойной свивки типа ТК конструкции 6.37(I+6+I2+I8)+ +I.37(I+6+I2+I8)	I46
ГОСТ 3070-74	Канаты стальные. Канат двойной свивки типа ТК конструкции 6.I9(I+6+I2)+I о.с.	I46
ГОСТ 3071-74	Канаты стальные. Канат двойной свивки типа ТК конструкции 6.37(I+6+I2+I8)+Io.c.	I46
ГОСТ 3077-69	Канаты стальные. Канат двойной свивки типа ЛК-О конструкции 6.I9(I+9+9)+I о.с.	I46
ГОСТ 3078-69	Канаты стальные. Канат двойной свивки типа ТЛК-О конструкции 6.27(I+6+I0+I0)+Io.c.	I46
ГОСТ 3079-69	Канаты стальные. Канат двойной свивки типа ТЛК-О конструкции 6.37(I+6+I5+I5)+Io.c	I46
ГОСТ 3081-69	Канаты стальные. Канат двойной свивки типа ЛК-О конструкции 6.I9(I+9+9)+7.7(I+6)	I46

Обозначение	Наименование	Стр.
ГОСТ 3635-54	Подшипники шарнирные	I26
ГОСТ 5264-69	Швы сварных соединений. Ручная электродуговая сварка. Основные типы и конструктивные элементы.	6
ГОСТ 5949-6I	Сталь сортовая коррозионностойкая и жаростойкая. Технические требования.	I92
ГОСТ 7665-69	Канаты стальные. Канат двойной свивки типа ЛК-3 конструкции 6.25(I+6;6+I2)+Ioc	I46
ГОСТ 7667-69	Канат стальной. Канат двойной свивки типа ЛК-3 конструкции 6.25(I+6;6+I2)+ 7.7(I+6)	I46
ГОСТ 7668-69	Канаты стальные. Канат двойной свивки типа ЛК-РО конструкции 6*36(I+7+7/7+I4)	I46
ГОСТ 7669-69	Канаты стальные .Канат двойной свивки типа ТЛК-РО конструкции 6.36(I+7+7/7+I4)+ +7/7(I+6)	I46
ГОСТ 7670-69	Канаты стальные. Канат двойной свивки типа ЛК-Р конструкции 8.I9(I+6+6/6)+Io.c.	I46
ГОСТ 8239-72	Сталь прокатная. Балки двутавровые. Сортамент	I94
ГОСТ 8240-72	Сталь прокатная. Швеллеры. Сортамент	I94
ГОСТ 8509-72	Сталь прокатная. угловая равнополочная. Сортамент	I93
ГОСТ 85I0-72	Сталь прокатная угловая неравнополочная Сортамент	I93
ГОСТ 87I3-70	Швы сварных соединений. Автоматическая и полуавтоматическая сварка под флюсом. Основные типы и конструктивные элементы	6
ГОСТ I0I2I-62	Масло трансформаторное из сернистых нефтей селективной очистки. Тех нические требования	I25
ГОСТ I0299-68	Заклёпки с полукруглой головкой нормальной точности. Размеры	52
ГОСТ I0300-68	Заклёпки с потайной головкой нормальной точности. Размеры	52

Обозначение	Наименование	Стр.
ГОСТ I030I-68	Заклёпки с полупотайной головкой нормальной точности. Размеры	52
ГОСТ I0302-68	Заклёпки с полукруглой головкой нормальной точности. Размеры	52
ГОСТ I0303-68	Заклёпки с плоской головкой нормальной точности. Размеры	52
ГОСТ II534-65	Швы сварных соединений. Ручная электродуговая сварка. Основные типы и конструктивные элементы (под острым и тупым углами)	6
ГОСТ I2I72-66	Клей фенолполивинилбутиральные	I99
ГОСТ I3I86-67	Зажимы для стальных канатов	I44
ГОСТ I4759-69	Клеевые соединения металлов. Метод определения прочности при сдвиге	I54
ГОСТ I4760-69	Клеевые соединения металлов. Метод определения прочности при отрыве	I56
ГОСТ I477I-69	Швы сварных соединений. Электродуговая сварка в защитных газах. Основные типы и конструктивные элементы	6
ГОСТ I4776-69	Швы сварных соединений электрозаклёпочные. Основные типы и конструктивные элементы	6
ГОСТ I4806-69	Швы сварных соединений. Дуговая сварка алюминия и алюминиевых сплавов. Основные типы и конструктивные элементы	6
ГОСТ I4838-69	Проволока из алюминия и алюминиевых сплавов для холодной высадки	I92
ГОСТ I4887-69	Клеи оптические. Виды. Основные параметры	203
ГОСТ I5878-70	Соединения сварные, выполняемые контактной электросваркой. Основные типы и конструктивные элементы	6
ГОСТ I6037-70	Швы сварных соединений стальных трубопроводов. Основные типы и конструктивные элементы	6
ГОСТ В I74I8-72	———	4, I6I, I44
ГОСТ I9I44-73	Стропы грузовые	I44
ГОСТ I928I-73	Сталь низколегированная сортовая и фасонная	I92

Обозначение	Наименование	Стр.
ГОСТ 5.581-70	Клей ВС-10Т теплостойкий. Требования к качеству аттестованной продукции	199
НО 4883-65	Изделия спецоборудования. Общие технические условия	6,13
ОСТ 92-0137-70	Методика расчета прошин	114
ОСТ 92-0237-72	Соединения резьбовые. Способы и средства, предотвращающие заедание	80
ОСТ 92-0871-72	Элементы такелажных устройств. Стропы с коушами. Конструкция и размеры	144
ОСТ 92-0872-72	Элементы такелажных устройств. Стропы с втулками. Конструкция и размеры	144
ОСТ 92-0948-74	Клеи. Выбор и назначение. Технические требования	151
ОСТ 92-1114-71	Сварные соединения. Общие технические требования	44,189 190,191
ОСТ 92-1121-73	Сварные конструкции... Типовые примеры технологичности	6
ОСТ 92-1138-74	Соединения сварные. Типы, конструктивные элементы, основные размеры. Общие положения	6
ОСТ 92-1141-74	Соединения сварные. Сварка ручная электродуговая покрытыми электродами. Типы, конструктивные элементы, основные размеры	6
ОСТ 92-1144-74	Соединения сварные, выполняемые контактной электросваркой точечной и роликовой. Типы, конструктивные элементы, основные размеры	6,13
ОСТ 92-8448-74	Опоры шаровые. Параметрический ряд. Элементы конструкций	128
ОСТ 92-8581-74	Элементы стержневые металлоконструкций агрегатов специального назначения. Расчет и конструирование	2,22, 30,38, 68,161
ОСТ 92-0095-69	Расчет и конструирование металлоконструкций агрегатов специального назначения. Часть III. Расчет и конструирование плоскостных и объёмных элементов металлоконструкций	2,97

Обозначение	Наименование	Стр.
РМО 1068-61	Сталь углеродистая качественная легированная и высоколегированная	138, 133, 134
ВТУ-УХ-Л27-61	Клеи БФ-2Н, БФ-4Н	199
ВТУП-63-64	Клей кремнийорганический термостойкий КТ-30	211
МРТУ6-05-1216-69	Клей ВС-350	200
МРТУ6-10-463-66	Клей перхлорвиниловый ХВК-2а	215
МРТУ6-10-698-67	Грунтовки КФ-30 желтая, КФ-30 серозеленая, ГФ-31 желтая, ГФ-32 желтая, ГФ-32 коричневая	54
МРТУ6-14-235-69	Клей лейконат	213
МРТУ6-17-289-68	Пленка ВК-3	204
МРТУ38-1051154-70	Клеи резиновые СН-57, СН-58	212
МРТУ38-5-880-66	Клей резиновый 88Н	212
ТУ-02-226-72	Компаунд ФХ6-33	215
ТУ6-05-1584-72	Смолы эпоксидные модифицированные марок К-153, К-153"С"	209,210
ТУ6-09-1455-72	Цианкрин ЭП3-2	214
ТУ6-10-1293-72	Клей АК-20А	215
ТУ6-17-366-70	Пленка клеящая ВК-13М	205
ТУ11-313-62	Компаунд К-139	208
ТУ38-005112-70	Клеи резиновые	212
ТУ38-1052111-71	Клей резиновый марки С-425-1	212
ТУ38-105236-71	Клей 4НБув	212
ТУ38-105470-72	Клей 7В-БЦС	212
ТУ38-105480-72	Клей 4508	212
ТУ38-105540-73	Клей резиновый 88НП	212
ТУ38-5-216-67	Клей 9М-35Ф	212
ТУ38-5-274-67	Клей НТ-150	213
ТУ38-5-372-68	Клеи резиновые марок 3-100,3-300	213
ТУ38-6-78-70	Термсприн	213
ТУ38-Л4057-72	Клей резиновый КН-15	213

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
I.Основные положения	3
2.Сварные соединения	5
2.I.Общие положения	5
2.2.Рекомендации по конструированию	6
2.3.Электродуговая сварка	I4
2.4.Сварные соединения составных балок и стержней	20
2.5.Сварные стыки стержневых элементов	30
2,6.Прикрепление угловыми сварными швами отдельных элементов и деталей	35
2.7.Контактная точечная сварка	44
2.8.Контактная роликовая сварка	49
3.Заклёпочные соединения	5I
3.I.Общие положения	5I
3.2.Рекомендации по конструированию	53
3.3.Расчёт на прочность	58
3.4. Расчёт соединений ветвей составных стержневых элементов	6I
3.5.Расчёт соединений в узловых прикреплениях и стыках стержневых элементов	68
3.6.Расчёт заклепочных прикреплений рёбер жесткости и диафрагм в стержневых элементах	72
3.7.Расчёт заклепочных соединений в листовых конструкциях	73
4.Болтовые соединения	76
4.I.Общие положения	76
4.2.Рекомендации по конструированию	76
4.3.Усилие затяжки	78
4.4.Одноболтовые соединения	86
4.5.Многоболтовые соединения	88

Стр.
4.6. Расчет элементов резьбы 94
4.7. Рым-болт 95
5. Штыревые соединения 98
5.1. Общие положения 98
5.2. Рекомендации по конструированию 100
5.3. Прочность и деформативность соединений, нагруженных осевой силой 104
5.4. Прочность двухсрезных соединений, нагруженных моментом 115
6. Опорные соединения 118
6.1. Общие положения 118
6.2. Цилиндрические шарниры 119
6.3. Шарнирные подшипники 125
6.4. Шаровые опоры 128
6.5. Опорные катки 128
6.6. Ходовые колеса 135
6.7. Опорно-поворотные устройства 139
7. Тросовые соединения 143
7.1. Общие положения 143
7.2. Рекомендации по конструированию 143
7.3. Расчет на прочность канатов 145
7.4. Прочность концевого крепления 148
7.5. Определение размеров заготовки обжимной гильзы при двойном закреплении каната 148
7.6. Определение размеров заготовки обжимной гильзы при одинарном креплении каната 149
8. Клеевые соединения 151
8.1. Общие положения 151
8.2. Рекомендации по конструированию 151
8.3. Расчет клеевых соединений на прочность при сдвиге 154

Стр.

8.4. Расчет клеевых соединений на прочность при отрыве 157

9. Расчет на выносливость 160

9.1. Общие положения 160

9.2. Стационарный режим нагружения 161

9.3. Предел выносливости 163

9.4. Двухступенчатый режим нагружения 166

Приложение 1. Условные буквенные обозначения 169

Приложение 2. Коэффициент K_I для сварных соединений, выполненных сваркой плавлением 171

Приложение 3. К расчету сварных швов во входящих углах балок 176

Приложение 4.Разрушающая нагрузка на одну точку (электрозаклепку) 188

Приложение 5. Механические характеристики основных заклепочных материалов 192

Приложение 6. Риски прокатных профилей 193

Приложение 7. Расчетные данные для болтов с метрической резьбой 196

Приложение 8. Основные свойства клеев 199

Приложение 9. Расчетные величины эффективных коэффициентов концентрации напряжений 216

Приложение 10. Значения коэффициентов a и b в формуле (9.6) 223

Приложение 11. Предел выносливости при сдвиге клеевых соединений сплава Д16 при 20°С 226

Приложение 12. Значение коэффициента ψ 227

Приложение 13. Значение коэффициента $\varkappa$ 230

Приложение 14. Перечень документов, упомянутых в стандарте 235

Изм	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) в докум.	№ докум.	Входящий № сопроводительного докум. и дата	Подпись	Дата
	измененных	замененных	новых	изъятых					

Заказ 128/76 Тираж 500

gost.e-ecolog.ru