

# Справочник

## конструктора металлических конструкций



Библиотека  
проектировщика





В. Т. ВАСИЛЬЧЕНКО,  
А. Н. РУТМАН,  
Е. П. ЛУКЬЯНЕНКО

# **Справочник**

---

# **конструктора металлических конструкций**

2-е издание, переработанное и дополненное

Киев «Будивэльнык» 1990

ББК 38.54я2  
В19  
УДК 624.016.7

Библиотека основана в 1988 году  
Рецензенты: *А. Я. Прицкер, В. М. Орлик*  
Редакция литературы по строительным конструкциям, материалам и изделиям  
Зав. редакцией *А. А. Петрова*  
Редактор *В. А. Кочан*

- Васильченко В. Т. и др.**  
В19 Справочник конструктора металлических конструкций // В. Т. Васильченко, А. Н. Рутман, Е. П. Лукьяненко.— 2-е изд., перераб. и доп.— К.: Будивельник, 1990.— 312 с.: ил.— (Б-ка проектировщика).  
ISBN 5-7705-0167-7.

В книге (1-е изд.— 1980 г.) систематизированы нормативные данные по разработке чертежей строительных металлических конструкций на стадии КМД, конструированию основных элементов производственных зданий и сооружений, по расчету соединений, креплений грузов на открытом подвижном составе, данных по технологическому оборудованию заводов металлических конструкций.

Издание переработано и дополнено в соответствии с новыми нормативными документами.

Для специалистов проектных и строительных организаций, а также заводов металлоконструкций.

В  $\frac{3305000000-006}{M203 (04)-90}$  77-90

ББК 38.54я2

ISBN 5-7705-0167-7

© Издательство «Будівельник», 1980  
© Васильченко В. Т. и др., 1990,  
с изменениями

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Со времени появления первого издания книги (1980 г.) вышел СНиП II-23-81\* «Стальные конструкции. Нормы проектирования», внесены изменения в действующие и утверждены новые ГОСТы на многие виды прокатных профилей, расширилось применение ЭВМ при решении задач конструирования металлических конструкций. В работе над вторым изданием авторы стремились сохранить основную направленность первого и поместить в нем материалы, использование которых при разработке рабочих чертежей КМ и КМД позволит повысить производительность труда конструкторов и их качество, обеспечивающее снижение расхода металла, стоимости изготовления и монтажа металлоконструкций, сокращение сроков строительства. Все это соответствует решениям XXVII съезда КПСС, последующих Пленумов ЦК КПСС по коренному изменению строительного производства, превращению его в единый промышленно-строительный комплекс, звенья которого (проектирование, изготовление и монтаж конструкций) взаимосвязаны и дополняют друг друга.

Справочник состоит из девяти разделов. В разделе I помещены основные сведения о сталях, применяемых в строительстве, расчетные сопротивления прокатной стали, данные о химическом составе и механических свойствах углеродистых и низколегированных сталей.

В разделе II приведены таблицы определения параметров плоских фигур, геометрические построения листовых конструкций, основные положения СНиП II-23-81\* по расчету конструкций на центральное растяжение и сжатие, изгиб, внецентренное сжатие.

В разделе III даны рекомендации по разработке чертежей КМД — их оформление, учет технологических и технических возможностей оборудования ЗМК, перевозки металлоконструкций железнодорожным транспортом.

В разделе IV содержатся материалы по конструированию элементов производственных зданий и сооружений (колонн, подкрановых алоков, элементов покрытия, балочных клеток, трубчатых конструкций). В связи с тем, что на них разработаны типовые серии, в справочнике даны только краткие рекомендации по рабочему конструированию.

В разделе V рассмотрены листовые конструкции, развертки цилиндрических, конических, сферических, торовых и винтовых поверхностей; приведены программы расчета указанных разверток на икрокалькуляторах типа БЗ—34.

В разделах VI и VII освещены вопросы конструирования соединений металлических конструкций — сварных и болтовых, приведены их расчетные сопротивления, таблицы несущей способности сварных швов и болтов, другие материалы, необходимые при конструировании соединений.

В разделе VIII приведены нормалы — стыки элементов из прокатных профилей, ребра жесткости, детали крепления рельсов к подкрановым балкам и т. п.

В разделе IX содержится сортамент профилей.

В справочнике значения силы, напряжения и т. п. даны в СИ, в которой за единицу силы принят ньютон (Н). Для перевода сил из системы МКГСС в систему СИ можно с достаточной степенью точности принять:  $1 \text{ кгс} = 10 \text{ Н}$ ;  $1 \text{ тс} = 10 \text{ кН}$ ;  $1 \text{ кгс/см}^2 = 10 \text{ Н/см}^2$  и т. п.

В связи с заменой сталей по ГОСТ 380—71\*, ГОСТ 19281—73\*, ГОСТ 19282—73\* ТУ 14-1-3023-80 сталями по ГОСТ 27772—88 (см. Бюллетень строительной техники, № 12, 1989 г.) авторы обращают внимание читателей на табл. I.10 настоящего справочника.



#### I. 1. РАСЧЕТНЫЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРОКАТНОЙ СТАЛИ

Для различных видов напряженных состояний расчетные сопротивления прокатной стали определяют по формулам:

на растяжение, сжатие и изгиб по пределу текучести

$$R_y = R_{yn}/\gamma_m; \quad (1.1)$$

по временному сопротивлению

$$R_u = R_{un}/\gamma_m; \quad (1.2)$$

на сдвиг

$$R_s = 0,58R_{yn}/\gamma_m = 0,58R_y; \quad (1.3)$$

на смятие торцевой поверхности (при наличии пригонки)

$$R_p = R_{un}/\gamma_m; \quad (1.4)$$

на растяжение в направлении толщины проката (при толщине до 60 мм)

$$R_{th} = 0,5R_{un}/\gamma_m = 0,5R_u. \quad (1.5)$$

В этих формулах коэффициент надежности по материалу  $\gamma_m$  принимается давным: 1,025 — для сталей по ГОСТ 27772—88 (кроме сталей С590, С590К), ТУ 14-1-3023—80 (для круга, квадрата, полосы), 1,05 — для сталей С590, С590К по ГОСТ 27772—88, ГОСТ 380—88 (для круга и квадрата с размерами, отсутствующими в ТУ 14-1-3023—80), ГОСТ 19281—73\* (для круга и квадрата с пределом текучести до 380 МПа с размерами, отсутствующими в ТУ 14-1-3023-80) ГОСТ 10705—80\*, ГОСТ 10706—76\*, ТУ 14-3-500-76, 1,1 — для сталей по ГОСТ 19281—73\* (для круга и квадрата с пределом текучести свыше 380 МПа и размерами, отсутствующими в ТУ 14-1-3023-80), ГОСТ 8731—87, ТУ 14-3-567-76.

Марки сталей по ГОСТ 380—88, ГОСТ 19281—73\*, ГОСТ 19282—73\*, ГОСТ 14637—79, ТУ 14-1-3023-80, заменяемые сталями по ГОСТ 27772—88 «Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия», приведены в табл. 1.10.

Расчетные сопротивления углеродистых и низколегированных сталей для различных видов напряженного состояния приведены в табл. 1.1 и 1.2; влияние компонентов на механические и технологические свойства стали прослеживается по табл. 1.3 и 1.4.

Т а б л и ц а 1.1. Расчетные сопротивления углеродистых сталей

Марка стали	ГОСТ или ТУ на сталь	Толщина проката, мм	Расчетные сопротивления, МПа			
			$R_y$	$R_{y'}$ $R_p$	$R_s$	$R_{th}$
<i>Листовой прокат</i>						
ВСт3кп2-1		4—20	220	355	128	177
ВСт3лсб-1		4—20	230	360	133	180
ВСт3лсб-2		4—10	270	370	156	185
ВСт3лсб-2	ТУ 14-1-3023-80	11—20	260	360	151	180
ВСт3сп5-1, ВСт3Глс5-1		{ 4—10	240	370	139	185
		{ 11—20	230	360	133	180
ВСт3сп5-2, ВСт3Глс5-2		{ 4—10	270	380	156	190
		{ 11—20	260	370	151	185
			4—20	215	350	125
ВСт3кп2		21—40	205	350	119	175
	ГОСТ 380—88	41—100	195	350	113	175
		Св. 100	175	350	101	175
		4—20	225	350	130	175
ВСт3спб, ВСт3сп5, ВСт3Глс5 ВСт3лс, ВСт3сп, ВСт3Глс		21—40	215	350	125	175
ВСтТпс	ГОСТ 14637—79*	10—40	280	410	162	205
<i>Фасонный прокат</i>						
ВСт3кп2-1		4—20	230	355	133	177
ВСт3кп2-1		21—30	210	355	122	177
ВСт3лсб-1		4—20	240	360	139	180
ВСт3лсб-1	ТУ 14-1-3023-80	21—30	220	360	128	180
ВСт3лсб-2		4—10	270	380	156	190
ВСт3лсб-2		11—20	270	370	156	185
ВСт3сп5-1		4—10	250	370	145	185
ВСт3Глс5-1		11—20	240	360	139	180
ВСт3сп5-1, ВСт3Глс5-1		21—30	230	360	133	180
ВСт3сп5-2, ВСт3Глс5-2		{ 4—10	280	390	162	195
		{ 11—20	270	380	156	190
ВСт3кп2		4—20	225	350	130	175
ВСт3кп2		21—40	205	350	119	175
ВСт3кп2		41—100	195	350	113	175
ВСт3кп2	ГОСТ 380—88	Св. 100	175	350	101	175
ВСт3лсб, ВСт3сп5, ВСт3Глс5		{ 4—20	235	350	136	175
		{ 21—40	215	350	125	175
<i>Трубы</i>						
ВСт3кп, ВСт3лс, ВСт3сп	ГОСТ 10705—80*	До 10	215	350	125	175

Продолжение табл. I.1

Марка стали	ГОСТ или ТУ на сталь	Толщина проката, мм	Расчетные сопротивления, МПа			
			$R_y$	$R_{y'}$ $R_p$	$R_s$	$R_{th}$
ВСтЗсп, ВСтЗсп ВСтЗсп4	Гост 10706—76*	5—15	235	350	136	175
20	ГОСТ 8731—87	4—36	225	375	130	187

Примечания: 1. Значения  $R_y$  и  $R_{y'}$  в табл. I.1, I.2 по табл. 51 \* СНиП II-23-81\*.  
 2. За толщину фасонного проката в табл. I.1, I.2 принята толщина полки.  
 3. Для получения расчетных сопротивлений в кгс/см<sup>2</sup> следует табличные значения расчетных сопротивлений умножить на 9,80665 с округлением до 10.

Таблица I.2. Расчетные сопротивления для низколегированных сталей

Марка стали	ГОСТ или ТУ на сталь	Толщина проката, мм	Расчетные сопротивления, МПа			
			$R_y$	$R_{y'}$ $R_p$	$R_s$	$R_{th}$

*Листовой прокат*

09Г2 гр.1	ТУ 14-1-3023-80	4—10	305	440	177	220	
09Г2 гр.1		11—20	300	430	174	215	
09Г2 гр.2		4—10	335	460	194	230	
09Г2 гр.2		11—20	325	450	188	225	
09Г2С гр.1		4—10	335	480	194	240	
09Г2С гр.1		11—20	315	460	183	230	
09Г2С гр.2		4—10	355	500	206	250	
09Г2С гр.2		11—20	335	480	194	240	
09Г2		4—20	290	420	168	210	
09Г2		21—32	280	420	162	210	
09Г2С		4—9	330	465	191	232	
09Г2С		10—20	310	450	180	225	
09Г2С	21—32	290	440	168	220		
09Г2С	33—60	270	430	156	215		
09Г2С	61—80	260	420	151	210		
09Г2С	ГОСТ 19282—73*	81—160	250	410	145	205	
10Г2С1		4	340	465	197	232	
10Г2С1		5—9	330	465	191	232	
10Г2С1		10—20	320	455	185	227	
10Г2С1		21—32	310	450	180	225	
10Г2С1		33—60	310	430	180	215	
10Г2С1		61—100	280	410	162	205	
10Г2С1		10—40	355	480	206	240	
термоупрочненная							
14Г2		4—9	320	440	185	220	
14Г2		10—32	310	430	180	215	
15ХСНД		4—32	330	465	191	232	
10ХНДП	4—9	330	450	191	225		
14Г2АФ	ГОСТ 19282—73*	4—50	370	515	215	257	
15Г2АФДпс		4—32	355	490	206	245	
10ХСНД		4—32	355	480	206	240	
10ХСНД		33—50	355	465	206	232	
16Г2АФ		4—32	400	535	232	267	
16Г2АФ		33—50	375	520	217	260	

Продолжение табл. 1.2

Марка стали	ГОСТ или ТУ на сталь	Толщина проката, мм	Расчетные сопротивления, МПа			
			$R_y$	$R_{y'}$ $R_p$	$R_s$	$R_{th}$
18Г2АФпс	ГОСТ 19282—73*	4—32	400	535	232	267
15Г2АФ		10—32	400	535	232	267
термоупрочненная						
10ХНДП	ТУ 14-1-1217-75	4—9	330	450	191	225
10ХНДП	ТУ 14-1-1217-75	10—16	280	420	162	210
12Г2СМФ	ТУ 14-1-1308-75	10—32	515	595	298	247
12ГН2МФАЮ	ТУ 14-1-1772-76	16—40	515	595	298	247
<i>Фасонный прокат</i>						
09Г2 гр.1	ТУ 14-1-3023-80	4—10	305	440	177	220
09Г2 гр.1		11—20	300	430	174	215
09Г2 гр.1		21—30	290	430	168	215
09Г2 гр.2		4—10	335	460	194	230
09Г2 гр.2		11—20	325	450	188	225
09Г2С гр.1	ТУ 14-1-1-3023-80	4—10	335	480	194	240
09Г2С гр.1		11—20	315	460	183	230
09Г2С гр.1		21—30	300	450	174	225
09Г2С гр.2		4—10	360	505	209	252
09Г2С гр.2		11—20	345	490	200	245
09Г2		4—20	290	420	168	210
09Г2		21—32	280	420	162	210
09Г2С		4—9	330	465	191	232
09Г2С		10—20	310	450	180	225
09Г2С		21—32	290	440	168	220
09Г2С	33—60	270	430	156	215	
10Г2С1	ГОСТ 19281—73*	4	340	465	197	232
10Г2С1		5—9	330	465	191	232
10Г2С1		10—20	320	455	185	227
10Г2С1		21—32	310	450	180	225
10Г2С1		33—60	310	430	180	215
10Г2С1		61—100	280	410	162	205
14Г2		4—9	320	440	185	220
14Г2		10—32	310	430	180	215
15ХСНД		4—9	330	465	191	232
15ХСНД		10—32	310	450	180	225
10ХСНД	4—15	355	480	206	240	
10ХНДП	4—9	330	450	191	225	
10ХНДП	ТУ 14-1-389-72	4—12	330	450	191	225
<i>Трубы</i>						
09Г2С	ТУ 14-3-500-76	8—15	250	450	145	225
16Г2АФ	ТУ 14-3-567-76	6—9	400	535	232	267
16Г2АФ	ТУ 14-3-829-79	16—40	320	375	185	187

Примечание. Расчетные сопротивления проката из марок стали повышенной коррозионной стойкости (с медью) следует принимать такими же, как для соответствующих марок стали без меди.

Таблица 1.3. Влияние компонентов на технологические свойства стали

Элемент	Обозначения в марках стали	Свариваемость	Коррозийная стойкость	Хладостойкость	Красноломкость
Углерод	У	—	0	0	0
Марганец	Г	0	+	0	0
Кремний	С	—	—	0	0
Никель	Н	+	+++	0	0
Хром	Х	—	+++	0	0
Медь	Д	0	+++	0	0
Ниобий	Б	+	0	0	0
Ванадий	Ф	+	+	0	0
Нитрид ванадия	АФ	0	+	0	0
Молибден	М	+	+	0	0
Бор	Р	+	0	0	0
Титан	Т	+	0	0	0
Алюминий	Ю	0	0	0	0
Сера	—	---	0	0	+++
Фосфор	П	—	—	---	0
Мышьяк	—	—	0	0	0
Азот	А	---	0	0	0
Кислород	—	---	—	—	+

Примечание. Принятые обозначения для табл. 1.3 и 1.4: знак «+» — улучшает свойства; «+++» — значительно улучшает; «-» — снижает; «---» — значительно снижает; «0» — не оказывает существенного влияния.

Таблица 1.4. Влияние компонентов на механические свойства стали

Элемент	Предел прочности	Предел текучести	Относительное удлинение	Твердость	Ударная вязкость	Усталостная прочность
Углерод	++	+	---	+++	—	—
Марганец	+	+	—	++	—	+
Кремний	+	+	—	+	---	0
Никель	+	+	0	+	+	0
Хром	+	+	—	+++	0	0
Медь	0	0	0	0	0	0
Ниобий	+++	+++	—	+	0	+
Ванадий	+	+	—	+	0	+++
Нитрид ванадия	+++	+++	—	+	0	+
Молибден	+	+	—	+	0	+++
Бор	+++	+++	—	+	—	+
Титан	+	+	0	+	—	0
Алюминий	0	0	0	0	+	0
Сера	—	—	0	—	—	—
Фосфор	+	+	---	+	---	0
Мышьяк	—	—	—	0	—	—
Азот	+++	+++	---	+++	---	—
Кислород	---	---	---	+	---	---

## 1.2. ГРУППЫ КОНСТРУКЦИЙ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ СТАЛЕЙ

Согласно СНиП II-23-81\* конструкции в зависимости от условий эксплуатации и степени ответственности зданий и сооружений распределены по группам (табл. 1.5).

Таблица 1.5. Рекомендации по применению стали для конструкций зданий и сооружений по СНиП II-23-81\*

Климатический район строительства (расчетная температура, °С)	Марка стали	ГОСТ или ТУ на поставку
<i>1-я группа конструкций</i>		
II <sub>4</sub> (-30 > t ≥ -40); II <sub>5</sub> и др. (t ≥ -30)	ВСтЗсп5; ВСтЗГпс5  ВСтГпс <sup>1</sup> 09Г2С-12 14Г2-12 <sup>2</sup> 09Г2С-12; 10Г2С1-12; 15ХСНД-12; 10ХСНД-12 14Г2АФ-12; 15Г2АФДпс-12; 10Г2С1-12 <sup>3</sup> ; 16Г2АФ-12; 18Г2АФпс-12; 15Г2СФ-12 <sup>3</sup>	ТУ 14-1-3023-80 <sup>10</sup> ; ГОСТ 380—88 ГОСТ 14637—79* ТУ 14-1-3023-80 <sup>10</sup> ГОСТ 19282—73* ГОСТ 19281—73*; ГОСТ 19282—73* ГОСТ 19282—73*
I <sub>2</sub> , II <sub>2</sub> и II <sub>3</sub> (-40 > t ≥ -50)	09Г2С-13 09Г2С-13; 10Г2С1-13; 15ХСНД-13; 10ХСНД-13 14Г2АФ-13; 15Г2АФДпс-13; 10Г2С1-13 <sup>3</sup> ; 16Г2АФ-13; 18Г2АФпс-13; 15Г2СФ-13 <sup>3</sup>	ТУ 14-1-3023-80 <sup>10</sup> ГОСТ 19281—73*; ГОСТ 19282—73* ГОСТ 19282—73*
I <sub>1</sub> (-50 > t ≥ -65)	09Г2С-15 09Г2С-15; 10Г2С1-15; 15ХСНД-15; 10ХСНД-15 14Г2АФ-15; 15Г2АФДпс-15;	ТУ 14-1-3023-80 <sup>10</sup> ГОСТ 19281—73*; ГОСТ 19282—73*
I <sub>1</sub> (-50 > t ≥ -65)	10Г2С1-15 <sup>3</sup> ; 16Г2АФ-15 18Г2АФпс-15; 15Г2СФ-15 <sup>3</sup>	ГОСТ 19282—73*
<i>2-я группа конструкций</i>		
II <sub>4</sub> (-30 > t ≥ -40), II <sub>5</sub> и др. (t ≥ -30)	ВСтЗпс6 <sup>4</sup> ; ВСтЗсп5; ВСтЗГпс5  ВСтГпс <sup>1</sup> 09Г2-6; 09Г2С-6; 14Г2-6  10Г2С1-6; 15ХСНД-6; 10ХНДП-6; 10ХСНД-6 10ХНДП <sup>5</sup>  14Г2АФ-6; 15Г2АФДпс-6; 16Г2АФ-6; 18Г2АФпс-6; 15Г2СФ-6 <sup>3</sup> 12Г2СМФ <sup>5</sup> ВСтЗкп2 <sup>6</sup> (толщиной до 4 мм); ВСтЗпс2 <sup>6</sup> (толщиной до 5,5 мм); ВСтЗпс6 (толщиной 6—10 мм) 16Г2АФ (толщиной 6—9 мм)	ТУ 14-1-3023-80 <sup>10</sup> ГОСТ 380—88 ГОСТ 14637—79* ТУ 14-1-3023-80 <sup>10</sup> ; ГОСТ 19281—73*; ГОСТ 19282—73* ГОСТ 19281—73*; ГОСТ 19282—73* ТУ 14-1-389-72; ТУ 14-1-1217-75 ГОСТ 19282—73*  ТУ 14-1-1308-75 ГОСТ 10705—80* группа В, табл. 1  ТУ 14-3-567-76
	09Г2-12 <sup>7</sup> ; 09Г2С-13 <sup>8</sup>	ТУ 14-1-3023-80 <sup>10</sup> ; ГОСТ 19281—73*; ГОСТ 19282—73*
	10Г2С1-13 <sup>8</sup> ; 15ХСНД-13; <sup>8</sup> 10ХСНД-13	ГОСТ 19281—73*; ГОСТ 19282—73*

Климатический район строительства (расчетная температура, °С)	Марка стали	ГОСТ или ТУ на поставку
I <sub>2</sub> , II <sub>2</sub> и II <sub>3</sub> (-40 > t ≥ -50)	14Г2АФ-13; 15Г2АФДпс-13; 16Г2АФ-13; 18Г2АФпс-13; 15Г2СФ-13 <sup>3</sup>	ГОСТ 19282—73*
	12ГН2МФАЮ ВСтЗкп2 <sup>6</sup> (толщиной до 4 мм) 16Г2АФ (толщиной 6—9 мм)	ТУ 14-1-1772-76 ГОСТ 10705—80* группа В, табл. 1 ТУ 14-3-567-76
<i>3-я группа конструкций</i>		
II <sub>4</sub> (-30 > t ≥ -40) II <sub>5</sub> и др. (t ≥ -30)	ВСтЗкп2 <sup>6,9</sup> ; ВСтЗпс6  ВСтТпс <sup>5</sup> 09Г2-6; 09Г2С-6; 14Г2-6	ТУ 14-1-3023-80 <sup>10</sup> ; ГОСТ 380—88 ГОСТ 14637—79* ТУ 14-1-3023-80 <sup>10</sup> ; ГОСТ 19281—73*; ГОСТ 19282—73* ГОСТ 19281—73*; ГОСТ 19282—73* ГОСТ 19282—73*
	10Г2С1-6; 15ХСНД-6; 10ХНДП-6; 10 ХСНД-6 14Г2АФ-6; 15Г2АФДпс-6; 10Г2С1-6 <sup>8</sup> ; 16Г2АФ-6; 18Г2АФпс-6 ВСтЗкп2 <sup>6</sup> (толщиной до 10 мм)  ВСтЗпс2 <sup>6</sup> (толщиной до 5,5 мм); ВСтЗпс6 (толщиной 6—10 мм) ВСтЗпс4 (толщиной 5—15 мм)	ГОСТ 10705—80* группа В, табл. 1          ГОСТ 10706—76* группа В, с дополни- тельным требованием по п. 1.6 ТУ 14-3-567-76
I <sub>2</sub> , II <sub>2</sub> и II <sub>3</sub> (-40 > t ≥ -50)	09Г2-6; 09Г2С-6; 14Г2-6	ТУ 14-1-3023 80 <sup>10</sup> ; ГОСТ 19281—73*; ГОСТ 19282—73* ГОСТ 14637—79 ГОСТ 19281—73*; ГОСТ 19282—73*
	ВСтТпс <sup>5</sup> 10Г2С1-6; 15ХСНД-6; 10ХНДП-6; 10ХСНД-7 или 12 14Г2АФ-7 или 12; 15Г2АФпс-7 или 12; 10Г2С1-7 или 12 <sup>3</sup> ; 16Г2АФ-7 или 12; 18Г2АФпс-7 или 12 ВСтЗкп2 <sup>6</sup> (толщиной до 4 мм); ВСтЗпс2 <sup>6</sup> (толщиной до 5,5 мм) 16Г2АФ (толщиной 6—9 мм)	ГОСТ 19282—73*       ГОСТ 10705—80* группа В, табл. 1 ТУ 14-3-567-76*
I <sub>1</sub> (50 > t ≥ -65)	ВСтТпс <sup>5</sup> 09Г2-12; 09Г2С-7 или 12; 14Г2-7 или 12	ГОСТ 14637—79* ТУ 14-1-3023-80 <sup>10</sup> ; ГОСТ 19281—73*; ГОСТ 19282—73*
	10Г2С1-7 или 12; 15ХСНД-7 или 12; 10ХСНД-9	ГОСТ 19281—73*; ГОСТ 19282—73*

Продолжение табл. 1.5

Климатический район строительства (расчетная температура, °С)	Марка стали	ГОСТ или ТУ на поставку
$I_1 (-50 > t \geq -65)$	14Г2АФ-9; 15Г2АФДпс-9; 10Г2С1-9 <sup>3</sup> ; 16Г2АФ-9; 18Г2АФпс-9 16Г2АФ (толщиной 6—9 мм) <i>4-я группа конструкций</i> ВСтЗкп2	ГОСТ 19282—73*  ТУ 14-3-567-76  ТУ 14-1-3023-80 <sup>10</sup> ; ГОСТ 380—71* ГОСТ 10705—80*, группа В, табл. 1
$II_4 (-30 > t \geq -40)$ , $II_5$ и др. ( $t \geq -30$ )	ВСтЗкп2 <sup>6</sup> (толщиной до 10 мм); ВСтЗпс2 <sup>6</sup> (толщиной до 5,5 мм); ВСтЗпс6 (толщиной 6—10 мм) ВСтЗпс4 (толщиной 5—15 мм)	ГОСТ 10706—76*, группа В, с дополнительным требованием по п. 1.6
$I_2, II_2$ и $II_3$ ( $-40 > t \geq -50$ )	ВСтЗпс5; ВСтЗГпс5  ВСтЗкп2 <sup>6</sup> (толщиной до 4 мм); ВСтЗпс2 <sup>6</sup> (толщиной до 5,5 мм); ВСтЗпс6 (толщиной 6—10 мм) ВСтЗпс4 (толщиной 5—15 мм)	ТУ 14-1-3022-80 <sup>10</sup> ; ГОСТ 380—88 ГОСТ 10705—80*, группа В, табл. 1  ГОСТ 10706—76* группа В, с дополнительным требованием по п. 1.6
$I_1 (-50 > t \geq -65)$	ВСтЗпс5; ВСтЗГпс5  ВСтЗкп2 <sup>6</sup> (толщиной до 4 мм); ВСтЗпс2 <sup>6</sup> (толщиной до 5,5 мм)	ТУ 14-1-3023-80 <sup>10</sup> ; ГОСТ 380—88 ГОСТ 10705—80*, группа В, табл. 1
<i>Опоры больших переходов ЛЭП, антенные сооружения связи и др. (бесшовные горячедеформированные трубы)</i>		
$II_4 (-30 > t \geq -40)$ , $II_5$ и др. ( $t \geq -30$ )	20 <sup>11</sup>	ГОСТ 8731—87
$I_2, II_2$ и $II_3$ ( $-40 > t \geq -50$ )	09Г2С <sup>12</sup>  16Г2АФ	ГОСТ 8731—87  ТУ 14-3-829-79
$I_2 (-50 > t \geq -65)$	09Г2С	ТУ 14-3-500-76

<sup>1</sup> — с требованиями по ударной вязкости при  $t = -40$  °С и после механического старения не менее 30 Дж/см<sup>2</sup> (3 кгс · м/см<sup>2</sup>).

<sup>2</sup> — только для опор ВЛ и фасонки ферм.

<sup>3</sup> — термически упрочненная сталь.

<sup>4</sup> — для района  $II_4$  применять толщину не более 10 мм для неотапливаемых зданий и конструкций, эксплуатируемых при расчетной температуре наружного воздуха.

<sup>5</sup> — с требованиями по ударной вязкости при  $t = -40$  °С не менее 30 Дж/см<sup>2</sup> (3 кгс · м/см<sup>2</sup>).

<sup>6</sup> — кроме опор ВЛ и ОРУ.

<sup>7</sup> — толщину не более 10 мм.

<sup>8</sup> — при строительстве в климатических районах  $I_1$  (при толщине проката не более 11 мм) и  $I_2, II_2$  и  $II_3$  допускается применять сталь категории 12.

Группа 1 — сварные конструкции или их элементы, работающие в особо тяжелых условиях или подвергающиеся непосредственному воздействию динамических, вибрационных или подвижных нагрузок, т. е. конструкции, подлежащие расчету на выносливость или рассчитываемые с учетом коэффициентов динамичности (подкрановые балки; балки рабочих площадок; элементы конструкций бункерных и разгрузочных эстакад, непосредственно воспринимающих нагрузку от подвижных составов; фасонки ферм; пролетные строения транспортных галерей; сварные специальные опоры больших переходов линий электропередачи (ВЛ) высотой более 60 м; элементы оттяжек мачт и их узлов; балки под краны гидротехнических сооружений и т. п.).

Группа 2 — сварные конструкции или их элементы, работающие при статической нагрузке (фермы, ригели рам, балки покрытий и перекрытий, косоуры лестниц, опоры ВЛ, за исключением сварных опор больших переходов; опоры контактной сети транспорта; опоры ошиновки открытых распределительных устройств подстанций (ОРУ); опоры под выключатели ОРУ; опоры транспортных галерей; элементы комбинированных опор антенных сооружений; прожекторные мачты; трубопроводы ГЭС и насосных станций; облицовки водоводов; закладные части затворов и другие растянутые, растянуто-изгибаемые элементы); конструкции и их элементы группы 1 при отсутствии сварных соединений, а также балки подвесных путей из двутавров по ГОСТ 19425—74\* и ТУ 14-2-427-80 при наличии сварных монтажных соединений.

Группа 3 — сварные конструкции или их элементы, работающие при статической нагрузке (колонны; стойки; опорные плиты; элементы настила перекрытий; конструкции, поддерживающие технологическое оборудование; вертикальные связи по колоннам с напряжением в связях свыше  $0,4R_y$ ; опоры под оборудование ОРУ, кроме опор под выключатели; элементы стволов и башен антенных сооружений; колонны бетоновозных эстакад; прогоны покрытий и другие сжатые и сжато-изгибаемые элементы), а также конструкции и их элементы группы 2 при отсутствии сварных соединений.

Группа 4 — вспомогательные конструкции зданий и сооружений (связи, кроме указанных в группе 3; элементы фахверка; лестницы; трапы; площадки; ограждения; металлоконструкции кабельных каналов; второстепенные элементы сооружений и т. п.), а также конструкции и их элементы группы 3 при отсутствии сварных соединений.

Рекомендации табл. 1.5 не распространяются на стальные конструкции специальных сооружений: магистральные и технологические трубопроводы, резервуары специального назначения, кожухи домен-

\* — кроме района II<sub>4</sub> для неотапливаемых зданий и конструкций, эксплуатируемых при расчетной температуре наружного воздуха.

<sup>10</sup> — по ТУ 14-1-3023-80 прокат изготавливают из стали марок ВСтЗкп, ВСтЗпс, ВСтЗсп, ВСтЗпс всех категорий в соответствии с ГОСТ 380—88, из стали марок 09Г2 и 09Г2С категорий 2—15 в соответствии с ГОСТ 19281—73\* и ГОСТ 19282—73\*; обозначения марок сталей даны для групп прочности 1 и 2, которые следует указывать в заказе.

<sup>11</sup> — с дополнительным требованием по ударной вязкости при  $t = -20$  °С не менее  $30 \text{ Дж/см}^2$  ( $3 \text{ кгс} \cdot \text{м/см}^2$ ).

<sup>12</sup> — с дополнительным требованием по ударной вязкости при  $t = -40$  °С не менее  $40 \text{ Дж/см}^2$  ( $4 \text{ кгс} \cdot \text{м/см}^2$ ) при толщине стенки до 9 мм и  $35 \text{ Дж/см}^2$  ( $3,5 \text{ кгс} \cdot \text{м/см}^2$ ) при толщине стенки 10 мм и более.

печей и воздухонагревателей и т. п., для которых выбор марок сталей устанавливается соответствующими главами СНиП или специальными руководствами.

Климатические районы строительства устанавливаются в соответствии с ГОСТ 16350—80 «Климат СССР. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических изделий». За расчетную температуру принимается средняя температура наиболее холодной пятидневки.

Применение углеродистой стали по ГОСТ 380—88, а также низколегированной стали по ГОСТ 19281—73\* и ГОСТ 19282—73\* допускается только при невозможности получения соответствующих марок стали по ТУ 14-1-3023-80.

Указанные в табл. 1.5 категории стали относятся к прокату толщиной не менее 5 мм, при меньшей толщине марки стали применяются без требования по ударной вязкости. Допускается применять прокат толщиной менее 5 мм из стали ВСтЗкп2 по ТУ 14-1-3023-80 или по ГОСТ 380—88 для конструкций II, III и IV групп, кроме опор ВЛ и ОРУ во всех климатических районах, кроме I<sub>1</sub>.

Для конструкций всех групп, возводимых в климатических районах I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, II<sub>2</sub> и III<sub>3</sub>, но эксплуатируемых в отапливаемых помещениях, марки стали принимают как для климатического района II<sub>4</sub>, за исключением стали ВСтЗпсб для конструкций группы 2. При соответствующем технико-экономическом обосновании допускается использование сталей повышенной коррозионной стойкости (с медью) марок 09Г2Д, 09Г2СД, 10Г2С1Д, 15Г2СФД, 14Г2АФД, 18Г2АФДпс по ГОСТ 19281—73\* и ГОСТ 19282—73\*.

Госстроем СССР утвержден «Сокращенный сортамент металлопроката для применения в строительных стальных конструкциях», значительно уменьшивший количество типоразмеров профилей и марок сталей в металлостроительстве. При разработке проектов и изготовлении конструкций производственных зданий и сооружений необходимо руководствоваться сокращенным сортаментом металлопроката, однако допускается применение профилей проката и марок сталей, не предусмотренных им, для конструкций зданий и сооружений, изготавливаемых серийно на специализированных производствах, а также по согласованию с министерствами и ведомствами-изготовителями металлоконструкций.

### 1.3. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТАЛЕЙ

#### 1. Углеродистые стали

Таблица 1.6. Химический состав углеродистых сталей по ГОСТ 380—88, ГОСТ 14637—79 \*

Марка стали	Содержание элементов, %			
	Углерод	Марганец	Кремний	Сера, не более
ВСт2кп	0,09—0,15	0,25—0,50	≤0,07	0,05
ВСт2пс	0,09—0,15	0,25—0,50	0,05—0,17	0,05
ВСт2сп	0,09—0,15	0,25—0,50	0,12—0,30	0,05

Марка стали	Содержание элементов, %			
	Углерод	Марганец	Кремний	Сера, не более
ВСт3кп	0,14—0,22	0,30—0,60	≤0,07	0,05
ВСт3пс	0,14—0,22	0,40—0,65	0,05—0,17	0,05
ВСт3сп	0,14—0,22	0,40—0,65	0,12—0,30	0,05
ВСт3Гпс	0,14—0,22	0,80—1,10	≤0,15	0,05
ВСт4кп	0,18—0,27	0,40—0,70	≤0,07	0,05
ВСт4пс	0,18—0,27	0,40—0,70	0,05—0,17	0,05
ВСт4сп	0,18—0,27	0,40—0,70	0,12—0,30	0,05
ВСт5пс	0,28—0,37	0,50—0,80	0,05—0,17	0,05
ВСт5сп	0,28—0,37	0,50—0,80	0,16—0,35	0,05
ВСт5Гпс	0,22—0,30	0,80—1,20	≤0,15	0,05
ВСтТкп	0,10—0,21	0,30—0,60	≤0,05	0,05
ВСтТпс	0,10—0,21	0,40—0,65	0,05—0,15	0,05
ВСтТсп	0,10—0,21	0,40—0,65	0,15—0,30	0,05
20	0,17—0,24	0,35—0,65	0,17—0,37	0,04

Примечания: 1. Содержание прочих элементов, %, не более: фосфора — 0,04 (во всех марках стали), хрома, никеля, меди — 0,3, мышьяка — 0,08; в стали 20 — хрома никеля меди — 0,25, мышьяка — 0,08. 2. Химический состав сталей приведен по плавочному составу ковшой пробы. 3. Допускаемые отклонения по химическому составу в готовом прокате от норм, указанных в данной таблице, должны соответствовать указанным в табл. 1.7. 4. При выплавке стали из керченских руд допускается увеличение мышьяка до 0,15 % для всех сталей по ГОСТ 14637—79\* и категорий 1, 2, 3 по ГОСТ 380—88; увеличение содержания фосфора до 0,05 % допускается только для сталей по ГОСТ 380—88 категории 1, 2, 3. 5. Верхний предел содержания марганца допускается на 0,2 % выше указанного в таблице для всех марок стали, кроме ВСт3Гпс и ВСт5Гпс. 6. Сталь 20 по ГОСТ 1050—74\*\* применяется для бесшовных горячедеформированных труб по ГОСТ 8731—87. 7. Для электросварных труб по ГОСТ 10705—80\* и ГОСТ 10706—76\* применяется углеродистая сталь марок Ст2 и Ст3 всех степеней раскисления.

Таблица 1.7. Допускаемые отклонения по химическому составу в готовом прокате из сталей по ГОСТ 380—88, ГОСТ 14637—79\*

ГОСТ на сталь	Допускаемые отклонения содержания элементов, %				
	Углерод	Марганец	Кремний	Фосфор	Сера
<i>Сталь кипящая</i>					
ГОСТ 380—88	+0,03	+0,05	—	+0,006	+0,006
ГОСТ 14637—79 *	—0,03	—0,04			
<i>Сталь спокойная и полуспокойная</i>					
ГОСТ 380—88	+0,03	+0,05	+0,03	+0,005	+0,005
ГОСТ 14637—79 *	—0,02	—0,03	—0,02		

Примечание. При поставке (по требованию заказчика) сталей марок ВСт3 всех степеней раскисления и ВСт3Гпс с гарантией свариваемости плюсовые отклонения по содержанию углерода не допускаются.

Таблица 1.8. Механические свойства углеродистых сталей по ГОСТ 380—88, ГОСТ 14637—79\*, ТУ 14-1-3023-80

Марка стали	Вид проката	Толщина проката, мм	Предел текучести $\sigma_s$ , МПа, не менее	Временное сопротивление разрыву $\sigma_b$ , МПа	Относительное удлинение $\delta_5$ , %	Изгиб в холодном состоянии на 180° при диаметре оправки $d$
						не менее
ВСт2кп	Лист; фасон	4—20	215	325—410	33	0
		21—40	205	325—410	32	0
ВСт2пс;		4—20	225	335—430	32	0
		21—40	215	335—430	31	0
ВСт2сп		4—20	235	365—460	27	0,5а
		21—40	225	365—460	26	0,5а
ВСт3кп		41—100	215	365—460	24	0,5а
		Св. 100	195	365—460	24	0,5а
ВСт3пс;		4—20	245	370—480	26	0,5а
		21—40	235	370—480	25	0,5а
ВСт3сп		41—100	225	370—480	23	0,5а
		Св. 100	205	370—490	23	0,5а
ВСт5лс;		4—20	285	(для ВСт3Гпс) 490—630	20	3а
		21—40	275	490—630	19	3а
ВСт5сп;		41—100	265	490—630	17	3а
		Св. 100	255	450—590	17	3а
ВСт7кп;	Лист; фасон	10—16	295	(для ВСт5Гпс) 430	16	2,5а
		17—40	295	430	16	3а
ВСт7пс;		10—16	295	430	16	3а
		17—40	295	430	16	3а
ВСт7сп	Лист	4—10	225	360	25	Удовлетворительный
		11—20	225	360	24	»
ВСт3кп (гр. 1)	Фасон	4—10	235	365	25	»
		11—20	235	360	24	»
ВСт3пс (гр. 1)	»	21—30	215	360	23	»
		4—10	235	370	24	»
ВСт3сп (гр. 1)	»	11—20	235	370	23	»
		4—10	245	370	24	»
ВСт3лс (гр. 1)	Фасон	11—20	245	370	23	»
		21—30	225	370	22	»
ВСт3пс (гр. 2)	Лист	4—10	275	380	24	Удовлетворительном
		11—20	265	370	23	»
ВСт3сп (гр. 2)	Фасон	4—10	285	390	24	»
		11—20	275	380	23	»
ВСт3лс (гр. 1)	Лист	4—10	245	380	24	»
		11—20	235	370	23	»
ВСт3Гпс (гр. 1)	Фасон	4—10	255	380	24	»
		11—20	245	370	23	»
ВСт3сп (гр. 2);	»	21—30	235	370	22	»
		4—10	275	380	24	»
ВСт3Гпс (гр. 2)	Лист	11—20	265	370	23	»
		4—10	285	390	24	»
ВСт3лс (гр. 2)	Фасон	4—10	285	390	24	»
		11—20	275	380	23	»

Примечание. а — толщина образца.

Таблица 1.9. Нормы ударной вязкости углеродистой стали по ГОСТ 380—88 марок ВСтЗпс, ВСтЗсп, ВСтЗГпс

Вид проката	Расположение образца относительно проката	Толщина, мм	Ударная вязкость, Дж/см <sup>2</sup> , не менее	
			при температуре, °С	
			+20	-20
Листовая сталь	Поперек	5—9	80	40
То же	»	10—25 (10—30)	70	30
»	»	26—40 (31—40)	50	—
Широкополосная сталь	Вдоль	5—9	100	50
То же	»	10—25 (10—30)	80	30
»	»	26—40 (31—40)	70	—
Сортовой и фасонный прокат	»	5—9	110	50
То же	»	10—25 (10—30)	100	30
»	»	26—40 (31—40)	90	—

Примечания: 1. Знак «—» означает, что испытание проката на ударную вязкость не производится. 2. Значения толщин в скобках для стали ВСтЗГпс. 3. Определение ударной вязкости круглой стали производится с  $d = 12$  мм, квадратной — начиная со стороны квадрата 11 мм, фасонного проката — с толщин, на которых может быть вырезан образец испытаний. 4. Ударная вязкость после механического старения не ниже норм, установленных для стали при  $t = -20$  °С.

Таблица 1.10. Марки стали, заменяемые сталями по ГОСТ 27772—88

Стали по ГОСТ 27772—88	Заменяемые марки стали	
	марки стали	ГОСТ или ТУ
C235	ВСтЗкп2	ГОСТ 380—71 *
	ВСтЗкп2-1	ТУ 14-1-3023-80
C245	ВСтЗпс6 (лист толщиной до 20 мм, фасон — до 30 мм)	ГОСТ 380—71 *
	ВСтЗпс6-1	ТУ 14-1-3023-80
C255	ВСтЗсп5, ВСтЗГпс5, ВСтЗпс6 (лист толщиной свыше 20 до 40 мм, фасон — свыше 30 мм)	ГОСТ 380—71 *
	ВСтЗсп5-1, ВСтЗГпс5-1	ТУ 14-1-3023-80
C275	ВСтЗпс6-2	ТУ 14-1-3023-80
C285	ВСтЗсп5-2, ВСтЗГпс5-2	ТУ 14-1-3023-80
C345; C345Т	14Г2 (лист, фасон толщиной до 20 мм), 15ХСНД	ГОСТ 19281-73 *, ГОСТ 19282—73 *
	(лист толщиной до 10 мм, фасон — до 20 мм), 09Г2, 09Г2С	
	09Г2 гр1, 09Г2 гр2, 09Г2С гр. 1, 14Г2 гр 1 (фасон толщиной до 20 мм)	ТУ 14-1-3023-80
	ВСтТпс	ТУ 14637-79
	12Г2С гр. 1	ТУ 14-1-4323-88
C345К	10ХНДП	ГОСТ 19281-73 *, ГОСТ 19282-73 *
		ТУ 14-1-1217-75
		ТУ 14-1-3023-80
C375, C375Т	14Г2 гр. 1 (фасон толщиной свыше 20 мм), 14Г2 гр. 2 (фасон толщиной до 20 мм), 09Г2С гр. 2	
	12Г2С гр. 2	ТУ 14-1-4323-88
	14Г2 (лист, фасон толщиной свыше	ГОСТ 19281—73 *,

Продолжение табл. I.10

Стали по ГОСТ 27772-88	Заменяемые марки стали	
	марки стали	ГОСТ или ТУ
С390, С390Т	20 мм), 10Г2С1; 15ХСНД (лист толщиной свыше 10 мм, фасон — свыше 20 мм), 10ХСНД (лист толщиной до 10 мм)	ГОСТ 19282-73 *
	14Г2АФ, 10Г2С1 термоупрочненная, 10ХСНД (лист толщиной свыше 10 мм)	ГОСТ 19282-73 *
С390К	15Г2АФД пс	ГОСТ 19282-73 *
С440	16Г2АФ, 18Г2АФпс, 15Г2СФ термо- упрочненная	ГОСТ 19282-73 *
С590	12Г2СМФ	ТУ 14-1-1308-75
С590К	12ГН2МФАЮ	ТУ 14-1-1772-76

Примечание. В названии сталей по ГОСТ 27772-88 буква С обозначает сталь строительная, цифры условно обозначают предел текучести проката, буква К — вариант химсостава, Т — термоупрочненная сталь.

Таблица I.11. Гарантируемые характеристики углеродистой стали всех степеней раскисления и с повышенным содержанием марганца по ГОСТ 380-88

Гарантируемые характеристики	ВСт2, ВСт3, ВСт5		ВСт3			
	Категории					
	1	2	3	4	5	6
Химический состав	+	+	+	+	+	+
Временное сопротивление	+	+	+	+	+	+
Предел текучести	-	+	+	+	+	+
Относительное удлинение	+	+	+	+	+	+
Изгиб в холодном состоянии	+	+	+	+	+	+
Ударная вязкость при температуре, °С:						
+20	-	-	+	-	-	-
-20	-	-	-	+	+	-
Ударная вязкость после механического старения	-	-	-	-	+	+

Примечания: 1. Знак «+» означает, что показатель гарантируется, знак «-» — не гарантируется. 2. Сталь категорий 3, 4, 5 и 6 поставляется полуспокойной и спокойной. Допускается также поставка кипящей стали марки ВСт3 категории 3, при этом значение ударной вязкости при температуре +20° принимается по нормам для спокойной и полуспокойной стали марки ВСт3 (см. табл. I.9).

2. Низколегированные стали

Таблица I.12. Нормируемые показатели низколегированных сталей по ГОСТ 19281-73\* и ГОСТ 19282-73\*

Категория стали	Ударная вязкость							Категория стали	Ударная вязкость						
	при температуре, °С						после ме- ханче- ского старения		при температуре, °С						после ме- ханче- ского старения
	+20	-20	-40	-50	-60	-70			+20	-20	-40	-50	-60	-70	
1	-	-	-	-	-	-	-	5	-	+	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	+	-	-	-	-
3	+	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-	+	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	+	8	-	-	-	-	+	-	-

Категория стали	Ударная вязкость							Категория стали	Ударная вязкость						
	при температуре, °С						после механического старения		при температуре, °С						после механического старения
	+20	-20	-40	-50	-60	-70			+20	-20	-40	-50	-60	-70	
9	-	-	-	-	-	+	-	13	-	-	-	+	-	-	+
10	+	-	-	-	-	-	-	14	-	-	-	-	+	-	-
11	-	+	-	-	-	-	+	15	-	-	-	-	-	+	-
12	-	-	+	-	-	-	+								

Примечания: 1. Знак «+» означает, что показатель нормируется, знак «-» — не нормируется. 2. Под механическими свойствами следует понимать временное сопротивление разрыву, предел текучести, относительное удлинение б<sub>5</sub>, изгиб в холодном состоянии. 3. Химический состав для всех категорий стали и механические свойства (кроме 1-й категории, для которой они не нормируются) нормируются.

Таблица I.13. Химический состав низколегированных сталей по ГОСТ 19281-73\* и ГОСТ 19282-73\*

Марка стали	Содержание элементов, %					
	Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Медь
09Г2	≤0,12	0,17—0,37	1,40—1,80	≤0,30	≤0,30	≤0,30
09Г2С	≤0,12	0,50—0,80	1,30—1,70	≤0,30	≤0,30	≤0,30
10Г2С1	≤0,12	0,80—1,10	1,30—1,65	≤0,30	≤0,30	≤0,30
14Г2	0,12—0,18	0,17—0,37	1,20—1,60	≤0,30	≤0,30	≤0,30
14Г2АФ	0,12—0,18	0,30—0,60	1,20—1,60	≤0,40	≤0,30	≤0,30
16Г2АФ	0,14—0,20	0,30—0,60	1,30—1,70	≤0,40	≤0,30	≤0,30
15ХСНД	0,12—0,18	0,40—0,70	0,40—0,70	0,60—0,90	0,30—0,60	0,20—0,40
10ХСНД	≤0,12	0,80—1,10	0,50—0,80	0,60—0,90	0,50—0,80	0,40—0,60
10ХНДП	≤0,12	0,17—0,37	0,30—0,60	0,50—0,80	0,30—0,60	0,30—0,50
15Г2СФ	0,12—0,18	0,40—0,70	1,30—1,70	≤0,30	≤0,30	≤0,30
15Г2АФДпс	0,12—0,18	До 0,17	1,20—1,60	≤0,30	≤0,30	0,20—0,40
18Г2АФпс	0,14—0,22	До 0,17	1,30—1,70	≤0,30	≤0,30	≤0,30

Примечания: 1. В сталях 09Г2Д, 09Г2СД, 10Г2С1Д, 14Г2АФД, 16Г2АФД, 15Г2СФД, 18Г2АФДпс содержание всех элементов кроме меди такое же как в соответствующих марках стали, нелегированных медью; содержание меди — 0,15—0,30 %. 2. Содержание ванадия в стали марок 14Г2АФ и 14Г2АФД — 0,07—0,12 %; в стали марок 16Г2АФ и 16Г2АФД — 0,08—0,14 %; в стали марок 15Г2СФ и 15Г2СФД — 0,05—0,10 %; в стали марок 15Г2АФДпс, 18Г2АФпс и 18Г2АФДпс — 0,08—0,15 %. 3. Содержание азота в стали марок 14Г2АФ, 14Г2АФД, 16Г2АФ, 16Г2АФД — 0,015—0,025 %, в стали марок 18Г2АФпс, 18Г2АФДпс, 15Г2АФДпс — 0,015—0,030 %. 4. В стали марки 10Г2С1Д допускается снижение содержания кремния до 0,7 %. 5. Содержание фосфора в стали всех марок, кроме стали марки 10ХНДП, должно быть не более 0,035 %; в стали марки 10ХНДП — 0,07—0,12 %. 6. Содержание серы в стали всех марок должно быть не более 0,040 %. 7. Содержание остаточного азота в стали не должно превышать 0,008 %. Допускается наличие остаточного азота до 0,012 %, но при этом независимо от категории сталь должна выдерживать испытание на ударную вязкость после механического старения. 8. Содержание алюминия в стали марки 10ХНДП — 0,08—0,15 %. 9. Содержание мышьяка в стали не должно превышать 0,08 %, при выплавке стали из керченских руд допускается содержание мышьяка до 0,15 %, однако содержание фосфора при этом должно быть не более 0,030 %. 10. В готовом прокате при условии обеспечения механических свойств стали допускаются отклонения по химическому составу согласно табл. I.14.

Т а б л и ц а I.14. Допускаемые отклонения по химическому составу сталей по ГОСТ 19281—73\* и ГОСТ 19282—73\*

Элемент	Допускаемые отклонения	Элемент	Допускаемые отклонения
Углерод	±0,02	Ванадий	+0,02
Кремний, хром, никель, медь	±0,05		-0,01
Марганец	±0,10	Ниобий	+0,010
Азот, сера, фосфор	+0,005		-0,005

Пр и м е ч а н и я: 1. В стали марки 18Г2АФс плюсовое отклонение по содержанию углерода не допускается. 2. В стали марки 10ХНДП допускается отклонение по содержанию фосфора +0,03, алюминия +0,02, -0,01.

Т а б л и ц а I.15. Механические свойства низколегированных сталей по ГОСТ 19281—73\* и ГОСТ 19282—73\*

Толщина проката, мм	Механические свойства, не менее					
	Временное сопротивление разрыву $\sigma_B$ , МПа	Предел текучести $\sigma_T$ , МПа	Относительное удлинение $\delta_5$ , %	Ударная вязкость, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С		
				+20	-40	-70
<i>Сталь 09Г2; 09Г2Д</i>						
4	440	305	21	—	—	—
5—9	440	305	21	—	35 (40)	— (30)
10—20	440	305	21	—	30	— (30)
21—32	440	295	21	—	40 (30)	—
<i>Сталь 14Г2</i>						
4	460	335	21	—	—	—
5—9	460	335	21	—	35	— (35)
10—20	450	325	21	—	30	— (30)
21—32	450	325	21	—	30	—
<i>Сталь 09Г2С; 09Г2СД</i>						
4	490	345	21	—	—	—
5—9	490	345	21	65	40	35
10—20	470	325	21	60	35	30
21—32	460	305	21	60	35	— (30)
33—60	450	285	21	60	35	— (30)
61—80	440	275	21	60	35	— (30)
81—160	430	265	21	60	35	— (30)
<i>Сталь 15ХСНД</i>						
4	490	345	21	—	—	—
5—9	490	345	21	—	40	30 (35)
10—20	490 (470)	345 (325)	21	—	30	30
21—32	490 (470)	345 (325)	21	—	30	— (30)
<i>Сталь 10Г2С1; 10Г2С1Д</i>						
4	490	355	21	—	—	—
5—9	490	345	21	65	40	30
10—20	480	335	21	60	30	25
21—32	470	325	21	60	30	— (25)
33—60	450	325	21	60	30	— (25)
61—160	430	295	21	60	30	— (25)

Продолжение табл. I.15

Толщина проката, мм	Механические свойства, не менее					
	Временное сопротивление разрыву $\sigma_B$ , МПа	Предел текучести $\sigma_T$ , МПа	Относительное удлинение $\delta_5$ , %	Ударная вязкость, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С		
				+20	-40	-70
<i>Сталь 10ХСНД</i>						
4	530	390	19	—	—	—
5—9	530	390	19	—	50	35
10—15	530	390	19	—	40	30
16—32	530 (—)	390 (—)	19 (—)	—	50 (—)	30 (—)
33—40	510 (—)	390 (—)	19 (—)	—	50 (—)	30 (—)
<i>Сталь 10ХНДП</i>						
4	470	345	20	—	—	—
5—9	470	345	20	—	40	—
<i>Сталь 15Г2СФ; 15Г2СФД</i>						
4	550	390	18	—	40 (—)	—
5—9	550	390	18	—	35 (40)	—
10—20	550	390	18	—	35	—
<i>Сталь 15Г2АФДпс<sup>1</sup></i>						
4	540	390	19	—	—	—
5—9	540	390	19	—	45	35
10—32	540	390	19	—	40	30
<i>Сталь 14Г2АФ<sup>1</sup>; 14Г2АФД<sup>1</sup></i>						
4	540	390	20	—	—	—
5—9	540	390	20	—	45	35
10—50	540	390	20	—	40	30
<i>Сталь 16Г2АФ<sup>1</sup>; 16Г2АФД<sup>1</sup></i>						
4	590	440	20	—	—	—
5—9	590	440	20	—	45	35
10—32	590	440	20	—	40	30
33—50	570	410	20	—	40	30
<i>Сталь 18Г2АФпс<sup>1</sup>; 18Г2АФДпс<sup>1</sup></i>						
4	590	440	19	—	—	—
5—9	590	440	19	—	45	35
10—32	590	440	19	—	40	30
<i>Сталь 14Г2<sup>2</sup></i>						
10—32	530	390	18	—	40	30
<i>Сталь 10Г2С1<sup>2</sup>; 10Г2С1Д<sup>2</sup></i>						
10—40	530	390	19	—	50	30

Продолжение табл. I.15

Толщина проката, мм	Механические свойства, не менее					
	Временное сопротивление разрыву $\sigma_B$ , МПа	Предел текучести $\sigma_T$ , МПа	Относительное удлинение $\delta_s$ , %	Ударная вязкость, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С		
				+20	-40	-70
<i>Сталь 09Г2С<sup>2</sup>; 09Г2СД<sup>2</sup></i>						
10—32	490	365	19	—	50	30
33—60	450	315	21	—	50	30
<i>Сталь 15Г2СФ<sup>2</sup>; 15Г2СФД<sup>2</sup></i>						
10—32	590	440	17	—	40	30

<sup>1</sup> — для сталей по ГОСТ 19282—73\*;

<sup>2</sup> — для сталей по ГОСТ 19282—73\*; поставляемых с термической обработкой закалка с отпуском).

Примечания: 1. Значения механических свойств в скобках приняты для сталей по ГОСТ 19281—73\*. 2. Значения ударной вязкости листовой и универсальной стали при температуре +20 °С после механического старения должны быть не менее 30 Дж/см<sup>2</sup>; при температуре -20 °С — не ниже норм, установленных для температуры -40 °С, при температуре -50 и -60 °С — не ниже норм, установленных для температуры -70 °С. 3. Свариваемость стали обеспечивается технологией ее изготовления и химическим составом. 4. Прокат должен выдерживать испытание на изгиб в холодном состоянии на оправке диаметром, равным двум толщинам, на угол 180°.

Таблица I.16. Механические свойства низколегированных сталей по ТУ 14-1-3023-80

Группа прочности	Вид проката	Толщина листа или полки	Механические свойства, не менее	
			Временное сопротивление разрыву $\sigma_B$ , МПа	Предел текучести $\sigma_T$ , МПа
<i>Сталь 09Г2</i>				
1	Фасон	≤10	450	315
1	»	11—20	440	305
1	»	21—30	440	295
1	Лист	≤10	450	315
1	»	11—20	440	305
2	Фасон, лист	≤10	470	345
2	»	11—20	460	335
<i>Сталь 09Г2С</i>				
1	Фасон	≤10	490	345
1	»	11—20	470	325
1	»	21—30	460	305
1	Лист	≤10	490	345
1	»	11—20	470	325
2	Фасон	≤10	520	370
2	»	11—20	500	355
2	Лист	≤10	510	365
2	»	11—20	490	345

Примечания: 1. Ударная вязкость при температуре -20 °С и после механического старения должна быть не менее 30 Дж/см<sup>2</sup>. 2. Изгиб в холодном состоянии — удовлетворительный. 3. Относительное удлинение  $\delta_s$  для всех марок сталей не менее 21 %.



## Раздел II

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ И РАСЧЕТ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

#### II.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ

##### 1. Геометрические построения стержневых систем (табл. II.1—II.6)

Теорема синусов:

$$a/\sin A = b/\sin B = c/\sin C = 2R;$$

$$\sin \frac{A}{2} = \sqrt{(p-b)(p-c)/bc};$$

$$\cos \frac{A}{2} = \sqrt{p(p-a)/bc}.$$

Теорема косинусов:

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos A; \quad b^2 = a^2 + c^2 - 2ac \cos B;$$

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos C;$$

$$a = b \cos C + c \cos B;$$

$$b = a \cos C + c \cos A;$$

$$c = b \cos A + a \cos B.$$

$$S = 0,5ab \sin C =$$

$$= 2R^2 \sin A \sin B \sin C =$$

$$= \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)} = abc/(4R),$$

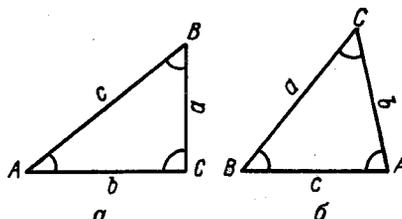


Рис. II.1. К решению треугольников: а — прямоугольного; б — косоугольного.

где  $S$  — площадь треугольника;  $p$  — полупериметр;  $R$  — радиус описанного круга;  $a, b, c, A, B, C$  — стороны и углы треугольников (рис. II.1, табл. II.1—II.6).

Таблица II.1 Определение параметров прямоугольных треугольников (рис. II.1. а) при  $C = 90^\circ$

Определяемые параметры	Расчетные формулы при заданных				
	$a, b$	$a, c$	$A, a$	$A, b$	$A, c$
$A$	$\operatorname{tg} A = a/b$	$\sin A = a/c$	—	—	—
$B$	$\operatorname{tg} B = b/a$	$\cos B = a/c$	$90^\circ - A$	$90^\circ - A$	$90^\circ - A$
$a$	—	—	—	$b \operatorname{tg} A$	$c \sin A$
$b$	—	$\sqrt{c^2 - a^2}$	$a \operatorname{ctg} A$	—	$c \cos A$
$c$	$\sqrt{a^2 + b^2}$	—	$a/\sin A$	$b/\cos A$	—
$S$	$0,5ab$	$0,5a\sqrt{c^2 - a^2}$	$0,5a^2 \operatorname{ctg} A$	$0,5b^2 \operatorname{tg} A$	$0,25c^2 \sin 2A$

Т а б л и ц а П.2. Определение параметров косоугольных треугольников (рис. П.1, б)

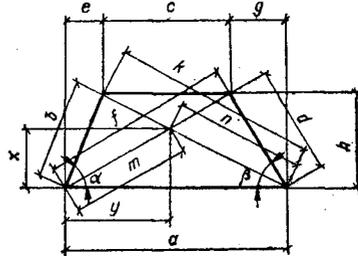
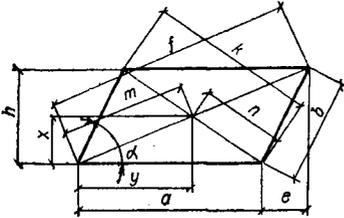
Определяемые параметры	Расчетные формулы при заданных				
	$a, b, c$	$a, b, A$	$a, b, C$	$a, B, C$	$a, A, B$
$A$	$\cos A = \frac{c^2 - a^2 + b^2}{2bc}$	—	$\sin A = \frac{a \sin C}{c}$	$180^\circ - B - C$	—
$B$	$\cos B = \frac{a^2 - b^2 + c^2}{2ac}$	$\sin B = \frac{b \sin A}{a}$	$180^\circ - A - C$	—	—
$C$	$\cos C = \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab}$	$180^\circ - A - B$	—	—	$180^\circ - A - B$
$b$	—	—	—	$a \frac{\sin B}{\sin A}$	$a \frac{\sin B}{\sin A}$
$c$	—	$b \frac{\sin C}{\sin B}$	$\sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos C}$	$a \frac{\sin C}{\sin A}$	$a \frac{\sin C}{\sin A}$
$S$	$\frac{ab}{2} \sin C$	$\frac{ab}{2} \sin C$	$\frac{ab}{2} \sin C$	$\frac{a^2 \sin B \sin C}{2 \sin A}$	$\frac{a^2 \sin B \sin C}{2 \sin A}$

Таблица П.3. Определение элементов некоторых плоских фигур

Определяемые величины	Расчетные формулы	
	Фигура 1	Фигура 2
$h$	$\sqrt{b^2 - e^2}; b \sin \alpha$	$\sqrt{k^2 - a^2}; k \sin \alpha$
$e$	$\sqrt{c^2 - g^2}; c \sin \beta$	—
$g$	$\sqrt{b^2 - h^2}; b \cos \alpha$	—
$k$	$\sqrt{c^2 - h^2}; c \cos \beta$	—
$m$	—	$\sqrt{h^2 + a^2}$
$x$	—	$0,5k; 0,5 \sqrt{h^2 + a^2}$
$y$	$\frac{h}{3}; \frac{b}{3} \sin \alpha; \frac{c}{3} \sin \beta$	$h/2; 0,5k \sin \alpha; \sqrt{k^2 - a^2}/2$
	$(e + a)/3; (b \cos \alpha + a)/3$	$a/2; 0,5k \cos \alpha$

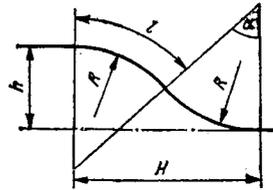
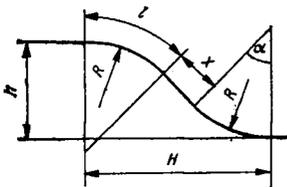
Опреде-  
ляемые  
величины

Расчетные формулы



$h$   $\sqrt{b^2 - e^2}$ ;  $b \sin \alpha$ ;  
 $\sqrt{f^2 - (a + e)^2}$ ;  $\sqrt{k^2 - (a - e)^2}$   
 $e$   $\sqrt{b^2 - h^2}$ ;  $b \cos \alpha$ ;  
 $\sqrt{f^2 - h^2} - a$ ;  $h \operatorname{ctg} \alpha$   
 $q$  —  
 $k$   $\sqrt{h^2 + (a - e)^2}$   
 $f$   $\sqrt{h^2 + (a + e)^2}$   
 $m$   $\sqrt{h^2 + (a + e)^2} / 2$   
 $n$   $\sqrt{h^2 + (a - e)^2} / 2$   
 $x$   $h/2$ ;  $0,5b \sin \alpha$   
 $y$   $(a + e) / 2$

$\sqrt{b^2 - e^2}$ ;  $\sqrt{f^2 - (c + e)^2}$ ;  
 $\sqrt{d^2 - q^2}$ ;  $\sqrt{k^2 - (c + q)^2}$   
 $\sqrt{b^2 - h^2}$ ;  $b \cos \alpha$ ;  
 $a - c - q$ ;  $a - \sqrt{k^2 - h^2}$   
 $\sqrt{d^2 - h^2}$ ;  $d \cos \beta$ ;  
 $a - c - e$ ;  $a - \sqrt{f^2 - h^2}$   
 $\sqrt{h^2 + (a - e)^2}$ ;  $\sqrt{h^2 + (c + q)^2}$   
 $\sqrt{h^2 + (a - q)^2}$ ;  $\sqrt{h^2 + (c + e)^2}$   
 $fa / (a + c)$   
 $ka / (a + c)$   
 $ha / (a + c)$   
 $a(c + e) / (a + c)$



$\alpha$   $\cos \alpha = (-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}) / 2a$ ,  
 где  $a = (2R - h)^2 + H^2$ ;  
 $b = 4R(h - 2R)$ ;  
 $c = 4R^2 - H^2$

$\sin \alpha = 2Hh / (H^2 + h^2)$

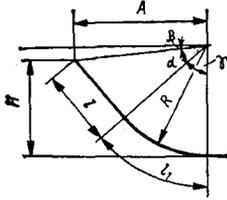
Опреде-  
ляемые  
величины

Расчетные формулы

$x$   $(H - 2R \sin \alpha) / \cos \alpha$

$l$   $R\alpha$

$R$  —



$R > H$

$l = \sqrt{(R - H)^2 + A^2} - R^2$

$\operatorname{tg} \alpha = l/R; \operatorname{tg} \beta = (R - H)/A;$

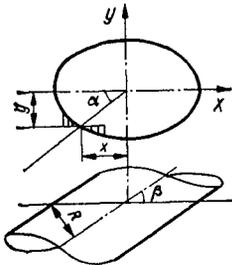
$\gamma = 90^\circ - \alpha - \beta; l_1 = R\gamma;$

$R = H;$

$l = \sqrt{A^2 - R^2};$

$\operatorname{tg} \alpha = l/R; \gamma = 90^\circ - \alpha;$

$l_1 = R\gamma;$



$a$  —

$r$  —

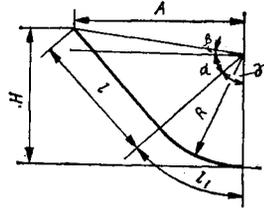
$x$   $R/\sqrt{\operatorname{tg}^2 \alpha + \sin^2 \beta}$

$y$   $R \operatorname{tg} \alpha / \sqrt{\operatorname{tg}^2 \alpha + \sin^2 \beta}$

—

$R\alpha$

$(H^2 + h^2)/4h$



$R < H$

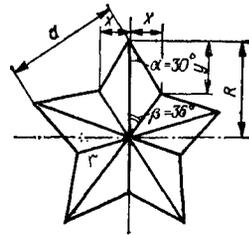
$l = \sqrt{(H - R)^2 + A^2} - R^2$

$\operatorname{tg}(\alpha + \beta) = l/R;$

$\operatorname{tg} \beta = (H - R)/A;$

$\gamma = 90^\circ - \alpha;$

$l_1 = R\gamma;$



1,17557R

0,54732R

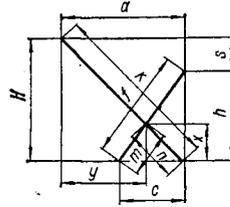
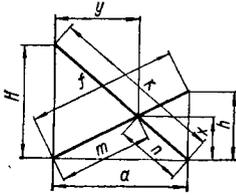
0,32171R

0,55721R

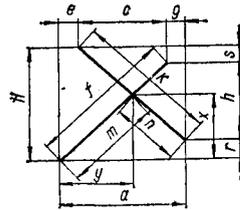
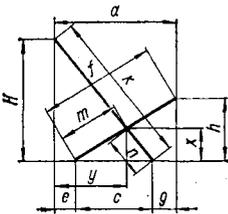
Таблица II.4. Длина пересекающихся стержней

Опреде-  
ляемые  
величины

Расчетные формулы



$f$	$\sqrt{a^2 + h^2}$	$\sqrt{c^2 + h^2}$
$k$	$\sqrt{a^2 + H^2}$	$\sqrt{a^2 + H^2}$
$m$	$fH/(H+h); H\sqrt{a^2+h^2}/(H+h)$	$cfH/(cH+ah); cH\sqrt{c^2+h^2}/(cH+ah)$
$n$	$kh/(H+h); H\sqrt{a^2+H^2}/(H+h)$	$ckh/(cH+ah); ch\sqrt{a^2+H^2}/(cH+ah)$
$x$	$Hh/(H+h);$	$Hhc/(cH+ah)$
$y$	$Ha/(H+h);$	$(a-ach)/(cH+ah)$



$f$	$\sqrt{(c+q)^2 + h^2}$	$\sqrt{(c+e)^2 + (h+r)^2};$ $\sqrt{(a-q)^2 + (H-s)^2};$
$k$	$\sqrt{(c+e)^2 + H^2}$	$\sqrt{(c+q)^2 + (h+s)^2};$ $\sqrt{(a-e)^2 + (H-r)^2};$
$m$	$\frac{cfH}{(c+e)h + (c+q)H}$	$\frac{f(aH-er)}{(c+q)(h+r) + (c+e)(h+s)}$
$n$	$\frac{ckh}{(c+e)h + (c+q)H}$	$\frac{k(ah+rq)}{(c+q)(h+r) + (c+e)(h+s)}$
$x$	$\frac{cHh}{(c+e)h + (c+q)H}$	$\frac{(h+r)(aH-er)}{(c+q)(h+r) + (c+e)(h+s)}$
$y$	$\frac{(c+e)[eh + H(c+q)]}{(c+e)h + (c+q)H}$	$\frac{(c+e)(aH-er)}{(c+q)(h+r) + (c+e)(h+s)}$

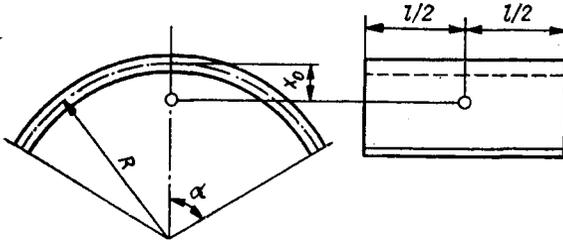


Таблица II.5.  
Определение центра  
масс цилиндрических  
элементов

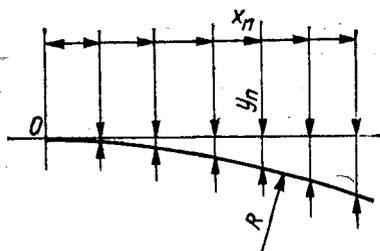
$$X_c = RK$$

$\alpha^\circ$	K	$\alpha^\circ$	K	$\alpha^\circ$	K	$\alpha^\circ$	K
1	0,00005	46	0,10402	91	0,37047	136	0,70735
2	0,00021	47	0,10844	92	0,37760	137	0,71478
3	0,00046	48	0,11294	93	0,38476	138	0,72219
4	0,00081	49	0,11752	94	0,39196	139	0,72957
5	0,00127	50	0,12218	95	0,39918	140	0,73694
6	0,00183	51	0,12692	96	0,40644	141	0,74427
7	0,00249	52	0,13174	97	0,41372	142	0,75159
8	0,00325	53	0,13663	98	0,42104	143	0,75887
9	0,00411	54	0,14161	99	0,42838	144	0,76613
10	0,00507	55	0,14666	100	0,43575	145	0,77336
11	0,00613	56	0,15178	101	0,44314	146	0,78055
12	0,00729	57	0,15698	102	0,45055	147	0,78772
13	0,00856	58	0,16225	103	0,45799	148	0,79485
14	0,00992	59	0,16759	104	0,46544	149	0,80195
15	0,01138	60	0,17301	105	0,47292	150	0,80901
16	0,01295	61	0,17849	106	0,48041	151	0,81604
17	0,01461	62	0,18405	107	0,48792	152	0,82303
18	0,01637	63	0,18967	108	0,49545	153	0,82999
19	0,01823	64	0,19536	109	0,50299	154	0,83690
20	0,02018	65	0,20111	110	0,51054	155	0,84378
21	0,02230	66	0,20693	111	0,51811	156	0,85061
22	0,02439	67	0,21282	112	0,52568	157	0,85741
23	0,02664	68	0,21877	113	0,53327	158	0,86416
24	0,02899	69	0,22478	114	0,54086	159	0,87086
25	0,03143	70	0,23085	115	0,54846	160	0,87752
26	0,03397	71	0,23698	116	0,55606	161	0,88414
27	0,03660	72	0,24317	117	0,56367	162	0,89071
28	0,03933	73	0,24942	118	0,57128	163	0,89723
29	0,04215	74	0,25573	119	0,57889	164	0,90370
30	0,04507	75	0,26209	120	0,58650	165	0,91013
31	0,04808	76	0,26850	121	0,59412	166	0,91650
32	0,05118	77	0,27497	122	0,60172	167	0,92282
33	0,05438	78	0,28149	123	0,60933	168	0,92909
34	0,05766	79	0,28806	124	0,61693	169	0,93531
35	0,06104	80	0,29468	125	0,62453	170	0,94147
36	0,06451	81	0,30135	126	0,63212	171	0,94758
37	0,06307	82	0,30807	127	0,63970	172	0,95364
38	0,07172	83	0,31483	128	0,64727	173	0,95964
39	0,07545	84	0,32164	129	0,65483	174	0,96558
40	0,07927	85	0,32850	130	0,66238	175	0,97146
41	0,08319	86	0,33539	131	0,66991	176	0,97729
42	0,08718	87	0,34233	132	0,67743	177	0,98306
43	0,09126	88	0,34931	133	0,68494	178	0,98877
44	0,09543	89	0,35633	134	0,69242	179	0,99441
45	0,09968	90	0,36338	135	0,69989	180	1,00000

Т а б л и ц а П.6. Коэффициенты  
координат точек окружности

$$X_n = RK_x$$

$$Y_n = RK_y$$



Номер точки	5000 < R < 6000		6000 < R < 9000		9000 < R < 16 000	
	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$
0	0	0	0	0	0	0
1	0,026177	0,000343	0,020942	0,000219	0,015707	0,000123
2	0,052336	0,001370	0,041876	0,000877	0,031411	0,000493
3	0,078459	0,003083	0,062791	0,001973	0,047106	0,001110
4	0,104528	0,005478	0,083678	0,003507	0,062791	0,001973
5	0,130526	0,008555	0,104528	0,005478	0,078459	0,003083
6	0,156434	0,012312	0,125333	0,007885	0,094108	0,004438
7	0,182236	0,016745	0,146083	0,010728	0,109734	0,006039
8	0,207912	0,021852	0,166769	0,014004	0,125333	0,007885
9	0,233445	0,027630	0,187381	0,017713	0,140901	0,009976
10	0,258819	0,034074	0,207912	0,021852	0,156434	0,012312
11	0,284015	0,041180	0,228351	0,026421	0,171929	0,014891
12	0,309017	0,048943	0,248690	0,031417	0,187381	0,017713
13	0,333807	0,057359	0,268920	0,036837	0,202787	0,020777
14	0,358368	0,066420	0,289032	0,042681	0,218143	0,024083
15	0,382683	0,076120	0,309017	0,048943	0,233445	0,027630
16	0,406737	0,086455	0,328867	0,055624	0,248690	0,031417
17	0,430511	0,097415	0,348572	0,062718	0,263873	0,035443
18	0,453990	0,108993	0,368125	0,070224	0,278991	0,039706
19	0,477159	0,121183	0,387516	0,078137	0,294040	0,044207
20	0,500000	0,133975	0,406737	0,086455	0,309017	0,048943
21	0,522499	0,147360	0,425779	0,095173	0,323917	0,053915
22	0,544639	0,161329	0,444635	0,104288	0,338738	0,059119
23	0,566406	0,175874	0,463296	0,113796	0,353475	0,064556
24	0,587785	0,190983	0,481754	0,123693	0,368125	0,070224
25	0,608761	0,206647	0,500000	0,133975	0,382683	0,076120
26	0,629320	0,222854	0,518027	0,144636	0,397148	0,082245
27	0,649448	0,239594	0,535827	0,155672	0,411514	0,088597
28	0,669131	0,256855	0,553392	0,167079	0,425779	0,095173
29	0,688355	0,274626	0,570714	0,178851	0,439939	0,101972
30	0,707107	0,292893	0,587785	0,190983	0,453990	0,108993
31	0,725374	0,311645	0,604599	0,203470	0,467930	0,116234
32	0,743145	0,330869	0,621148	0,216307	0,481754	0,123693
33	0,760406	0,350552	0,637424	0,229487	0,495459	0,131368
34	0,777146	0,370680	0,653421	0,243005	0,509041	0,139258
35	0,793353	0,391239	0,669131	0,256855	0,522499	0,147360
36	0,809017	0,412215	0,684547	0,271031	0,535827	0,155672
37	0,824126	0,433594	0,699663	0,285527	0,549023	0,164193
38	0,838671	0,455361	0,714473	0,300337	0,562083	0,172919
39	0,852640	0,477501	0,728969	0,315453	0,575005	0,181850
40	0,866025	0,500000	0,743145	0,330869	0,587785	0,190983

Продолжение табл. II.6

Номер точки	16 000 < R < 23 000		23 000 < R < 36 000		36000 < R < 50000	
	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$
0	0	0	0	0	0	0
1	0,013090	0,000086	0,010472	0,000055	0,008727	0,000038
2	0,026177	0,000343	0,020942	0,000219	0,017452	0,000152
3	0,039260	0,000771	0,031411	0,000493	0,026177	0,000343
4	0,052336	0,001370	0,041876	0,000877	0,034899	0,000609
5	0,065403	0,002141	0,052336	0,001370	0,043619	0,000952
6	0,078459	0,003083	0,062791	0,001973	0,052336	0,001370
7	0,091502	0,004195	0,073238	0,002686	0,061049	0,001865
8	0,104528	0,005478	0,083678	0,003507	0,069756	0,002436
9	0,117537	0,006932	0,094108	0,004438	0,078459	0,003083
10	0,130526	0,008555	0,104528	0,005478	0,087156	0,003805
11	0,143493	0,010349	0,114937	0,006627	0,095846	0,004604
12	0,156434	0,012312	0,125333	0,007885	0,104528	0,005478
13	0,169350	0,014444	0,135716	0,009252	0,113203	0,006428
14	0,182236	0,016745	0,146083	0,010728	0,121869	0,007454
15	0,195090	0,019215	0,156434	0,012312	0,130526	0,008555
16	0,207912	0,021852	0,166769	0,014004	0,139173	0,009732
17	0,220697	0,024658	0,177085	0,015804	0,147809	0,010984
18	0,233445	0,027630	0,187381	0,017713	0,156434	0,012312
19	0,246153	0,030769	0,197657	0,019729	0,165048	0,013714
20	0,258819	0,034074	0,207912	0,021852	0,173648	0,015192
21	0,271440	0,037545	0,218143	0,024083	0,182236	0,016745
22	0,284015	0,041180	0,228351	0,026421	0,190809	0,018373
23	0,296542	0,044980	0,238533	0,028866	0,199368	0,020075
24	0,309017	0,048943	0,248690	0,031417	0,207912	0,021852
25	0,321439	0,053070	0,258819	0,034074	0,216440	0,023704
26	0,333807	0,057359	0,268920	0,036837	0,224951	0,025630
27	0,346117	0,061809	0,278991	0,039706	0,233445	0,027630
28	0,358368	0,066420	0,289032	0,042681	0,241922	0,029704
29	0,370557	0,071190	0,299041	0,045760	0,250380	0,031852
30	0,382683	0,076120	0,309017	0,048943	0,258819	0,034074
31	0,394744	0,081209	0,318959	0,052232	0,267238	0,036370
32	0,406737	0,086455	0,328867	0,055624	0,275637	0,038738
33	0,418660	0,091857	0,338738	0,059119	0,284015	0,041180
34	0,430511	0,097415	0,348572	0,062718	0,292372	0,043695
35	0,442289	0,103127	0,358368	0,066420	0,300706	0,046283
36	0,453990	0,108993	0,368125	0,070224	0,309017	0,048943
37	0,465615	0,115012	0,377841	0,074129	0,317305	0,051676
38	0,477159	0,121183	0,387516	0,078137	0,325568	0,054481
39	0,488621	0,127504	0,397148	0,082245	0,333807	0,057359
40	0,500000	0,133975	0,406737	0,086455	0,342020	0,060307

Номер точки	50 000 < R < 70 000		70 000 < R < 110 000		110 000 < R < 165 000	
	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$
0	0	0	0	0	0	0
1	0,007854	0,000031	0,006545	0,000021	0,005236	0,000014
2	0,015707	0,000123	0,013090	0,000086	0,010472	0,000055
3	0,023560	0,000278	0,019634	0,000193	0,015707	0,000123
4	0,031411	0,000493	0,026177	0,000343	0,020942	0,000219
5	0,039260	0,000771	0,032719	0,000535	0,026177	0,000343

Продолжение табл. II.6

Номер точки	50 000 < R < 70 000		70 000 < R < 110 000		110 000 < R < 165 000	
	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$
6	0,047106	0,001110	0,039260	0,000771	0,031411	0,000493
7	0,054950	0,001511	0,045799	0,001049	0,036644	0,000672
8	0,062791	0,001973	0,052336	0,001370	0,041876	0,000877
9	0,070627	0,002497	0,058871	0,001734	0,047106	0,001110
10	0,078459	0,003083	0,065403	0,002141	0,052336	0,001370
11	0,086286	0,003730	0,071933	0,002591	0,057564	0,001658
12	0,094108	0,004438	0,078459	0,003083	0,062791	0,001973
13	0,101924	0,005208	0,084982	0,003618	0,068015	0,002316
14	0,109734	0,006039	0,091502	0,004195	0,073238	0,002686
15	0,117537	0,006932	0,098017	0,004815	0,078459	0,003083
16	0,125333	0,007885	0,104528	0,005478	0,083678	0,003507
17	0,133121	0,008900	0,111035	0,006184	0,088894	0,003959
18	0,140901	0,009976	0,117537	0,006932	0,094108	0,004438
19	0,148672	0,011114	0,124034	0,007722	0,099320	0,004944
20	0,156434	0,012312	0,130526	0,008555	0,104528	0,005478
21	0,164187	0,013571	0,137012	0,009431	0,109734	0,006039
22	0,171929	0,014891	0,143493	0,010349	0,114937	0,006627
23	0,179661	0,016271	0,149967	0,011309	0,120137	0,007243
24	0,187381	0,017713	0,156434	0,012312	0,125333	0,007885
25	0,195090	0,019215	0,162895	0,013357	0,130526	0,008555
26	0,202787	0,020777	0,169350	0,014444	0,135716	0,009252
27	0,210472	0,022400	0,175796	0,015573	0,140901	0,009976
28	0,218143	0,024083	0,182236	0,016745	0,146083	0,010728
29	0,225801	0,025827	0,188667	0,017959	0,151261	0,011506
30	0,233445	0,027630	0,195090	0,019215	0,156434	0,012312
31	0,241075	0,029494	0,201505	0,020513	0,161604	0,013144
32	0,248690	0,031417	0,207912	0,021852	0,166769	0,014004
33	0,256289	0,033400	0,214309	0,023234	0,171929	0,014891
34	0,263873	0,035443	0,220697	0,024658	0,177085	0,015804
35	0,271440	0,037545	0,227076	0,026123	0,182236	0,016745
36	0,278991	0,039706	0,233445	0,027630	0,187381	0,017713
37	0,286525	0,041927	0,239804	0,029179	0,192522	0,018707
38	0,294040	0,044207	0,246153	0,030769	0,197657	0,019729
39	0,301533	0,046546	0,252492	0,032401	0,202787	0,020777
40	0,309017	0,048943	0,258819	0,034074	0,207912	0,021852

## 2. Геометрические построения листовых конструкций

Определение геометрических размеров деталей листовых конструкций обусловливается конструктивными решениями; основными размерами элемента; узлами соединения; поверхностями, сопряжение которых определяет натуральные размеры плоскостей или разверток деталей.

*Натуральная длина прямой, заданной относительными координатами точек  $(x, y, z)$ ,  $AB = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ .*

*Условие пересечения прямых в пространстве:* прямые пересекаются, если проекции точек пересечения расположены на проекционной связи (рис. II.2).

*Точку пересечения прямой и плоскости* (рис. II.3) рекомендуется определять заключением данной прямой в одну из плоскостей, перпендикулярных заданной, нахождением линии их пересечения и точки

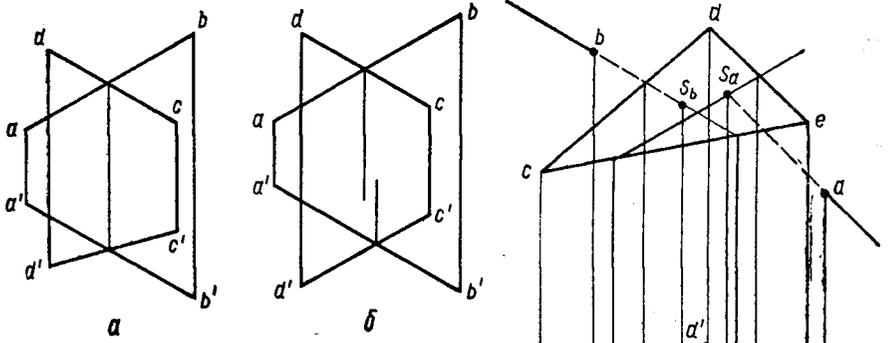


Рис. 11.2. Условия пересечения прямых в пространстве:  
 а — пересекаются; б — не пересекаются.

Рис. 11.3. Определение точек пересечения прямой и плоскости.

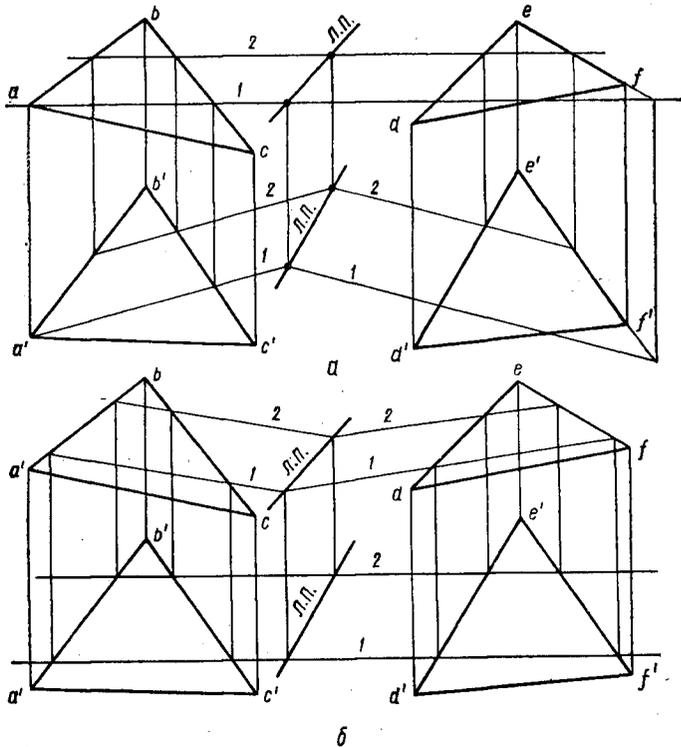


Рис. 11.4. Определение линии пересечения плоскостей общего положения с помощью:  
 а — горизонталей; б — фронталей.

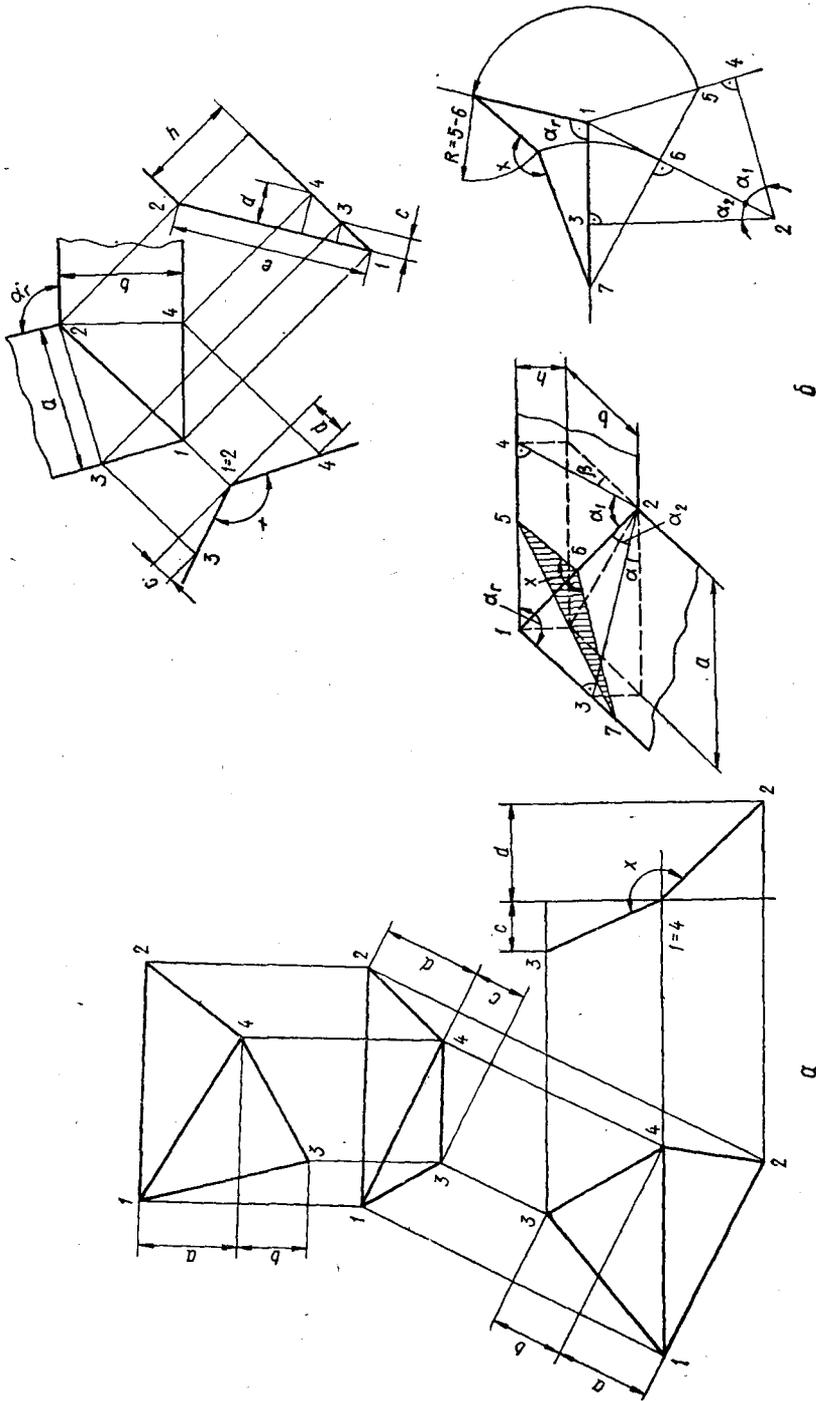


Рис. 11.5. Определение угла между плоскостями способами:  
 а — перемены плоскостей проекции; б — нормальных сечений.

пересечения данной прямой с полученной линией. Точка пересечения — общая для прямой и плоскости.

Линию пересечения плоскостей общего положения (рис. II.4) находят, используя пересечение прямой и плоскости. Для решения этой задачи выбирают две линии на одной из заданных плоскостей или по одной на каждой плоскости, находят точки пересечения этих прямых с другой плоскостью. Линия, соединяющая эти две точки пересечения, — линия пересечения заданных плоскостей. Решение задачи упрощается, если использовать для этого линии частного положения заданных плоскостей (горизонтали или фронталы).

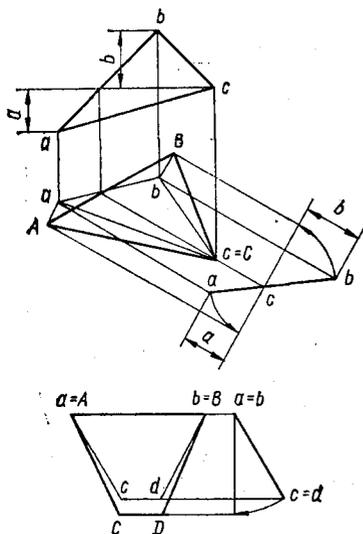


Рис. II.6. Определение натуральных размеров плоскостей.

При значении  $\alpha_r = 90^\circ$  угол ( $x$ ) между плоскостями

$$\operatorname{tg}(x - 90^\circ) = \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \beta / \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \beta} \quad (\text{II.1})$$

или

$$\operatorname{tg}(x - 90^\circ) = ab/(he), \quad (\text{II.2})$$

где  $90^\circ - \alpha$  и  $90^\circ - \beta$  — углы наклона плоскостей;  $e = \sqrt{h^2 + a^2 + b^2}$ ;  $a, b, h, e, \alpha, \alpha_r, \beta$  — по рис. II.5.

## II.2. РАСЧЕТ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

### 1. Общие указания по расчету

Расчет конструкций в соответствии с СТ СЭВ 384—76 «Строительные конструкции и основания. Основные положения по расчету» производят по первой и по второй группам предельных состояний. Значения расчетных нагрузок получают, умножая нормативные нагрузки на соответствующие коэффициенты надежности, учитывающие возможные отклонения нагрузок в неблагоприятную сторону от нормативных значений и устанавливаемые в зависимости от учитываемого предельного состояния.

Значения нормативных нагрузок, коэффициентов надежности, а также других коэффициентов, учитываемых при расчете различных конструкций (коэффициенты динамичности, сочетаний и т. д.), приведены в СНиП 2.01.07-85 и СНиП II-23-81\*.

Расчет конструкций на прочность и устойчивость производят по расчетным нагрузкам, а на выносливость и при определении деформаций и перемещений — по нормативным. При расчете на устойчивость и при определении деформаций и перемещений ослабление сечений отверстиями для болтов не учитывают.

Рассчитывают конструкции на следующие сочетания нагрузок:

а) основные, состоящие из постоянных и временных (длительных и кратковременных);

б) особые, состоящие из постоянных, временных (длительных и кратковременных) и одной из особых.

Все виды нагрузок в сочетаниях принимают с учетом указаний СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия».

При расчетах элементов конструкций значения расчетных сопротивлений принимают по табл. I.1 и I.2 с учетом коэффициентов условий работы по табл. II.7.

Т а б л и ц а II.7. Коэффициенты условий работы по СНиП II-23-81\*

№ п/п	Элементы конструкций	Коэффициенты условий работы $\gamma_c$
1	Сплошные балки:	
	а) перекрытий под залами театров, клубов, кинотеатров, под трибунами, под помещениями магазинов, книгохранилищ и архивов и т. п. при весе перекрытий равном или большем временной нагрузки;	0,9
	б) при расчетах на общую устойчивость при $\Phi_b < 1,0$ ;	0,95
	в) составные из стали с пределом текучести до 440 МПа, несущие статическую нагрузку и их сечения в местах стыков, выполненные с помощью болтовых соединений (кроме стыков на высокопрочных болтах), при расчетах на прочность	1,1
2	Колонны:	
	а) общественных зданий и опор водонапорных башен;	0,95
	б) из стали с пределом текучести до 440 МПа и их сечения в местах стыков, выполненные с помощью болтовых соединений (кроме соединений на высокопрочных болтах) при расчетах на прочность	1,1
3	Сжатые элементы стержневых конструкций покрытий и перекрытий:	
	а) основные элементы (кроме опорных) решетки составного таврового сечения из уголков сварных ферм (стропильных и аналогичных им) при гибкости $\lambda \geq 60$ ;	0,8
	б) над залами театров, клубов, кинотеатров, под трибунами, под помещениями магазинов, книгохранилищ и архивов и т. п. при весе перекрытий, равном или большем временной нагрузки;	0,9
	в) при расчетах на устойчивость (за исключением замкнутых трубчатых сечений);	0,95
	г) из стали с пределом текучести до 440 МПа, несущие статическую нагрузку, при расчетах на прочность	1,05
4	Растянутые элементы стержневых конструкций покрытий и перекрытий:	
	а) в сварных конструкциях;	0,95

№ п/п	Элементы конструкций	Коэффициенты условий работы $\gamma_c$
	б) из стали с пределом текучести до 440 МПа, несущие статическую нагрузку, при расчетах на прочность	1,05
5	Стыковые накладки в болтовых соединениях (кроме соединений на высокопрочных болтах) из стали с пределом текучести до 440 МПа, несущих статическую нагрузку, при расчетах на прочность:	
	а) в растянутых и сжатых элементах стержневых конструкций покрытий и перекрытий;	1,05
	б) в сплошных составных балках и колоннах	1,1
6	Затяжки, тяги, оттяжки, подвески, выполненные из прокатной стали	0,9
7	Сжатые элементы решетки пространственных решетчатых конструкций из одиночных равнополочных или неравнополочных (прикрепленных большей полкой) уголков:	
	а) прикрепляемые непосредственно к поясам одной полкой сварными швами либо двумя и более болтами, поставленными вдоль уголка:	
	раскосы по рис. II.8, а	0,9
	распорки по рис. II.8, б, в	0,9
	раскосы по рис. II.8, в, г, д	0,8
	б) прикрепляемые непосредственно к поясам одной полкой, одним болтом (кроме указанных в п. 7 настоящей таблицы), а также прикрепляемые через фасонку независимо от вида соединения;	0,75
	в) при сложной перекрестной решетке с одноболтовыми соединениями по рис. II.8, е	0,7
8	Сжатые элементы из одиночных уголков, прикрепляемые одной полкой (для неравнополочных уголков только меньшей полкой), за исключением элементов конструкций, указанных в п. 7 настоящей таблицы, раскосов по рис. II.8, б, прикрепляемых непосредственно к поясам сварными швами либо двумя и более болтами, поставленными вдоль уголка и плоских ферм из одиночных уголков	0,75
9	Опорные плиты из стали с пределом текучести до 285 МПа, несущие статическую нагрузку, толщиной, мм:	
	а) до 40	1,2
	б) 41—60	1,15
	в) 61—80	1,1
10	Прочие конструкции	1,0

Примечания: 1. Коэффициенты условий работы  $\gamma_c < 1$  при расчете одновременно учитывать не следует. 2. Коэффициенты условий работы, приведенные соответственно в п. 3, б, 3, г, 5, а; 1, а и 1 г; 1, а, и 5, б; 2, а и 2, б; 2, а и 5, б; 3, а 3, г при расчете учитывают одновременно. 3. Коэффициенты условий работы, приведенные в п. 1, б, г; 2, б; 3, а, в, г; 4; 6; 7; 8 (кроме стыковых сварных соединений), при расчете соединений рассматриваемых элементов не учитывают.

## 2. Расчет элементов стальных конструкций на центральное растяжение и сжатие

Расчетные формулы:

на прочность (элементы, подверженные растяжению или сжатию)

$$N/A_n \leq R_y \gamma_c; \quad (II.3)$$

на прочность (растянутые элементы конструкций, эксплуатация которых возможна и после достижения металлом предела текучести) при выполнении условия  $R_u/\gamma_u > R_y$

$$N/A_n \leq R_u \gamma_c / \gamma_u; \quad (II.4)$$

на устойчивость (сплошностенчатые элементы, подверженные сжатию)

$$N/(\varphi A) \leq R_y \gamma_c. \quad (II.5)$$

В этих формулах  $R_y$  и  $R_u$  принимают по табл. I.1 и I.2;  $\gamma_c$  — по табл. II.7;  $\gamma_u = 1,3$  — коэффициент надежности для элементов конструкций, рассчитываемых на прочность с использованием расчетного сопротивления  $R_u$ ;  $\varphi$  — коэффициент продольного изгиба, зависящий от гибкости стержня относительно материальных осей  $\lambda = l_{ef}/i$ .

Численные значения коэффициентов  $\varphi$  для сталей с различным расчетным сопротивлением приведены в табл. II.8, а также могут быть определены на микрокалькуляторе по программе II.1.

Т а б л и ц а II.8 Коэффициенты  $\varphi$  продольного изгиба центрально-сжатых элементов по СНиП II-23-81\*

$\lambda$	$\varphi$ при $R_y$ , МПа							
	175	195	205	210	215	220	225	230
10	989	988	988	987	987	987	987	987
20	969	967	966	965	964	964	963	963
30	943	939	937	936	935	935	933	932
40	913	907	904	902	900	899	898	896
50	879	870	865	863	861	859	857	855
60	841	829	823	820	818	815	812	810
70	799	784	777	774	770	767	763	760
80	755	737	728	721	715	709	702	696
90	700	670	656	649	643	636	630	623
100	636	604	589	582	575	568	561	555
110	575	542	527	519	512	505	498	491
120	518	484	469	461	453	446	439	432
130	465	431	415	407	399	392	385	377
140	416	382	365	358	347	340	333	326
150	371	334	318	311	305	298	292	286
160	326	295	282	276	270	264	259	253
170	291	263	251	246	241	235	231	226
180	261	236	226	221	216	212	207	203
190	236	213	204	199	195	191	187	184
200	214	194	185	181	177	174	170	167
210	195	177	169	166	162	159	156	152
220	179	162	155	152	149	146	143	140

$\lambda$	$\varphi$ при $R_y$ , МПа							
	235	240	250	260	270	280	290	300
10	986	986	986	986	985	985	985	984
20	962	962	961	960	959	958	957	956
30	931	930	929	927	925	923	922	920
40	895	893	890	888	885	882	880	877

Продолжение табл. II.8

$\lambda$	Ф при $R_y$ , МПа							
	235	240	250	260	270	280	290	300
50	853	851	847	843	839	836	832	829
60	807	804	799	794	789	784	780	775
70	757	753	747	741	733	724	714	705
80	691	686	673	662	652	641	631	621
90	617	611	599	587	575	565	554	543
100	548	542	529	517	505	493	482	471
110	484	478	464	451	439	427	415	404
120	425	418	404	391	379	366	354	341
130	370	364	348	335	324	313	303	293
140	320	315	302	291	281	272	263	255
150	281	275	265	256	247	239	231	224
160	248	244	235	226	219	212	205	198
170	222	218	209	202	195	189	183	177
180	199	196	186	182	175	170	164	159
190	180	177	170	164	159	154	149	144
200	164	161	155	149	144	140	135	131
210	150	147	141	137	132	128	124	120
220	137	135	130	125	121	118	114	110

$\lambda$	Ф при $R_y$ , МПа							
	305	310	315	320	325	330	335	340
10	984	984	984	984	983	983	983	983
20	956	955	955	955	954	954	953	953
30	919	918	918	917	916	915	915	914
40	876	875	874	873	871	870	869	868
50	827	825	823	822	820	818	817	815
60	773	770	768	766	764	761	759	757
70	701	696	692	687	683	679	675	671
80	617	612	607	602	598	593	589	584
90	538	533	528	522	518	513	508	503
100	465	460	454	448	444	439	434	429
110	398	392	387	381	376	371	365	360
120	336	331	326	321	317	312	308	304
130	289	284	280	276	272	268	265	261
140	251	247	244	240	237	233	230	227
150	220	217	214	211	208	205	202	199
160	195	192	190	187	184	182	179	177
170	175	172	169	167	165	162	160	158
180	157	155	152	150	148	146	144	142
190	142	140	138	136	134	132	131	129
200	129	127	126	124	122	120	119	117
210	118	117	115	113	112	110	109	107
220	109	107	106	104	103	101	100	099

$\lambda$	Ф при $R_y$ , МПа						
	345	355	360	370	375	400	515
10	983	983	983	982	982	981	979
20	952	952	951	950	950	948	940
30	913	912	911	909	909	905	891
40	866	864	863	861	860	854	832

Продолжение табл. II.8

$\lambda$	$\phi$ при $R_y$ , МПа						
	345	355	360	370	375	400	515
50	813	810	809	806	806	796	766
60	755	751	749	743	739	721	652
70	667	659	654	647	643	623	545
80	580	571	566	558	554	532	445
90	499	489	483	476	471	447	352
100	424	414	408	399	394	369	288
110	355	344	338	331	327	306	241
120	300	292	287	281	277	260	204
130	257	251	247	241	238	222	176
140	224	218	215	210	207	195	153
150	197	192	189	185	182	171	135
160	174	170	168	164	162	152	120
170	156	152	150	146	145	136	108
180	140	137	135	132	130	123	097
190	127	124	122	119	118	110	088
200	116	113	111	109	107	101	080
210	106	103	102	100	098	093	074
220	097	095	094	092	091	086	068

Примечания: 1. Значения коэффициентов увеличены в 1000 раз. 2. Промежуточные значения коэффициентов определяют интерполяцией.

**Программа II.1. Определение коэффициентов продольного изгиба для центрально сжатых элементов**

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	ИПА	+	П9	✓	×	ПД	ИПВ	ХУ	—	Х ✓ 0
1	27	ИПС	ИПД	—	$X < 0$	42	ИП8	ИПД	$X^2$	÷
2	ИП7	ИПД	—	÷	С/П	БП	00	1	ИП1	ИП4
3	ИП9	×	—	ИПД	✓	ИПД	×	×	—	С/П
4	БП	00	ИП3	ИП5	ИП9	×	—	ИП2	ИП6	ИП9
5	×	—	ИПД	×	—	ИПО	ИП4	ИП9	×	—
6	ИПД	$X^2$	×	+	С/П	БП	00			

Инструкция: (0,0275 = P0; 0,073 = P1; 0,371 = P2; 1,47 = P3; 5,53 = P4; 13 = P5; 27,3 = P6; 51 = P7; 332 = P8;  $2,1 \cdot 10^6 = P_A$ ; 2,5 = P\_B; 4,5 = P\_C);  $\lambda = P_X$ ; ↑;  $R_y = P_X$ ; (В/О); С/П;  $P_X = \phi$ .

Тестовый пример: 70 = P\_X; ↑; 2050 = P\_X; В/О; С/П (~8 с);  $P_X = 7,8134 \times 10^{-1}$ ; P9 =  $9,7619047 \cdot 10^{-4}$ ; PД = 2,1870832; 90 = P\_X; ↑; 2050 = P\_X; С/П;  $P_X = 6,6377072 \cdot 10^{-1}$ ; PД = 2,8119641; 150 = P\_X; ↑; 2050 = P\_X; С/П (~8 с);  $P_X = 3,2637315 \cdot 10^{-1}$ ; PД = 4,6866069.

Для сжатых стержней составного сечения, ветви которых соединены планками или решетками, коэффициент  $\phi$  относительно свободной оси (перпендикулярной плоскости планок или решеток):

а) при  $0 < \bar{\lambda}_{ef} < 2,5$

$$\phi = 1 - (0,073 - 5,53R_y/E) \bar{\lambda}_{ef} \sqrt{\bar{\lambda}_{ef}}; \quad (II.6)$$

б) при  $2,5 < \bar{\lambda}_{ef} < 4,5$

$$\phi = 1,47 - 13R_y/E - (0,371 - 27,3R_y/E) \bar{\lambda}_{ef} + (0,0275 - 5,53R_y/E) \bar{\lambda}_{ef}^2; \quad (II.7)$$

в) при  $\bar{\lambda}_{ef} > 4,5$

$$\varphi = 332 / [\bar{\lambda}_{ef}^2 (51 - \bar{\lambda}_{ef})]. \quad (\text{II.8})$$

Здесь  $\bar{\lambda}_{ef}$  — условная приведенная гибкость стержня сквозного сечения,  $\bar{\lambda}_{ef} = \lambda_{ef} \sqrt{R_y/E}$ , зависящая от приведенной гибкости стержня сквозного сечения  $\lambda_{ef}$ , определяемой по рекомендациям СНиП П-23-81\*.

Составные стержни с решетками (рис. II.7) проверяют на устойчивость отдельных ветвей на участках между узлами, при этом гибкость отдельных ветвей на участке между планками должна быть не более 40; отдельных ветвей между узлами решетки — не более 80 и не превышать приведенную гибкость  $\lambda_{ef}$  стержня в целом.

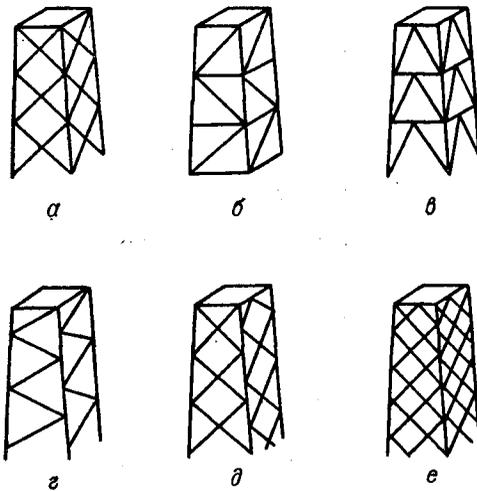


Рис. II.7. Схемы пространственных решетчатых конструкций:

*a—в* — с совмещенными в смежных гранях узлами; *г—е* — с несовмещенными в смежных гранях узлами.

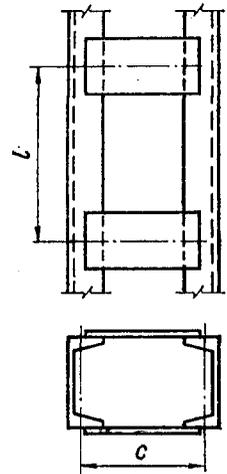


Рис. II.8. Составной стержень на планках.

Если расчет стержней выполнен по деформированной схеме, допускается принимать гибкость ветви  $\lambda \leq 120$ .

Составные элементы из уголков, швеллеров и т. п., соединенные вплотную или через планки, рассчитывают как сплошностенчатые, если расстояния на участках между приваренными планками (в свету) или между центрами крайних болтов не превышают  $40i$  для сжатых элементов,  $80i$  для растянутых. В пределах длины сжатого элемента следует ставить не менее двух прокладок. Радиус инерции  $i$  уголка или швеллера принимают для тавровых или двутавровых сечений относительно оси, параллельной плоскости расположения прокладок, а для крестовых сечений — минимальный.

Соединительные планки и решетки сжатых составных стержней рассчитывают на условную поперечную силу, принимаемую постоянной по всей длине стержня,

$$Q_{frc} = 7,15 \cdot 10^{-6} (2330 - E/R_y) N/\varphi. \quad (\text{II.9})$$

При наличии только соединительных планок или решеток условную поперечную силу  $Q_{fic}$  распределяют поровну между планками или решетками, расположенными в плоскостях, перпендикулярных оси, относительно которой производят проверку устойчивости. Если кроме соединительных планок или решеток ветви соединены также сплошным листом,  $Q_{fic}$  распределяют поровну между листом и планками или решетками, расположенными в плоскостях, параллельных листу.

При расчете равнобедренных трехгранных составных стержней условную поперечную силу  $Q'_{fic}$ , приходящуюся на систему соединительных элементов, расположенных в одной плоскости, принимают равной  $0,8Q_{fic}$ .

Соединительные планки и их крепления рассчитывают как элементы безраскосных ферм на силу  $F = Q_s l / b$ , срезающую планку, и момент  $M_1 = 0,5Q_s l$ , изгибающий планку в ее плоскости (рис. II.8), соединительные решетки — как решетки ферм. При расчете перекрестных раскосов крестовой решетки с распорками учитывают дополнительное усилие, возникающее в каждом раскосе от обжатия поясов,

$$N_{ad} = \alpha N A_d / A, \quad (II.10)$$

где  $N$  — усилие в одной ветви стержня;  $A_d$  — площадь одного раскоса;  $A$  — площадь одной ветви;  $\alpha$  — коэффициент, определяемый по формуле

$$\alpha = a l^2 / (a^3 + 2b^3), \quad (II.11)$$

где  $a, b, l$  — размеры по СНиП II-23-81\*.

Стержни, уменьшающие расчетную длину сжатых элементов, рассчитывают на усилие, равное  $Q_{fic}$ , в основном сжатом стержне.

Расчетная длина колонн и стоек постоянного сечения, а также отдельных участков ступенчатых колонн  $l_{ef} = \mu l$ , где  $l$  — длина колонны, отдельного участка ее или высота этажа;  $\mu$  — коэффициент расчетной длины. Коэффициенты  $\mu$  для колонн и стоек постоянного сечения в зависимости от условий закрепления концов и вида нагрузки принимают по табл. II.9.

Таблица II.9. Коэффициенты  $\mu$  для определения расчетных длин колонн и стоек постоянного сечения по СНиП II-23-81\*

Схема закрепления и вид нагрузки	$\mu$
	1
	0,7
	0,5
	2
	1
	2
	0,725
	1,12

Коэффициент  $\mu$  для колонн постоянного сечения одноэтажных рам в плоскости рамы при жестком креплении ригелей к колоннам, при нагружении верхних узлов и закреплении колонн в фундаментах: шарнирном

$$\mu = 2\sqrt{1 + 0,38/n}; \quad (II.12)$$

жестком

$$\mu = \sqrt{(n + 0,56)/(n + 0,14)} \quad (II.13)$$

при

$$n = l_c (I_{r1}/l_{r1} + I_{r2}/l_{r2})/I_c, \quad (II.14)$$

где  $I_c$  и  $l_c$  — соответственно момент инерции сечения и длина проверяемой колонны;  $I_{r1}$ ,  $I_{r2}$ ,  $l_{r1}$ ,  $l_{r2}$  — соответственно моменты инерции сечения и длина ригелей, примыкающих к данной колонне.

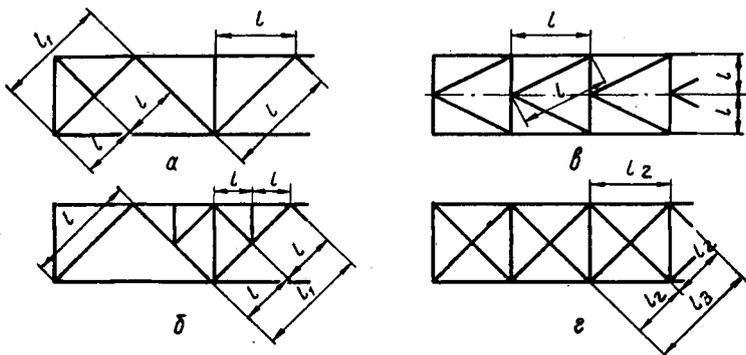


Рис. II.9. Схемы ферм для определения расчетных длин элементов: а, б — треугольная решетка соответственно со стойками и шпренгелем; в — полураскосная треугольная решетка; г — перекрестная решетка со стойками.

При шарнирном креплении ригеля к колонне принимают  $\mu = 2$ . Коэффициенты  $\mu$  для отдельных участков ступенчатых колонн, а также колонн многоэтажных зданий определяют по рекомендациям СНиП II-23-81\*.

Расчетную длину колонн из плоскости рамы принимают равной расстояниям между закрепленными от смещения из плоскости рамы точками (опорами колонн, подкрановых балок и подстропильных ферм, узлами крепления связей и ригелей и т. п.). Расчетная длина элементов плоских форм и связей (рис. II.9) приведена в табл. II.10. Расчетную длину элементов пространственных конструкций определяют по рекомендациям СНиП II-23-81\*. Предельная гибкость  $\lambda_{пр}$  сжатых и растянутых элементов приведена в табл. II.11.

Т а б л и ц а П.10. Расчетная длина  $l_{ef}$  элементов плоских ферм и связей по СНиП II-23-81\*

Направление продольного изгиба и характеристика узла пересечения стержней	Стержни перекрестной решетки, если поддерживающий стержень			Все элементы, кроме стержней перекрестной решетки		
	растянут	не работает	сжат	полюсов	опорных раскосов и стоек	прочих стержней решетки
В плоскости фермы для ферм:						
а) из одиночных уголков; с прикреплением элементов решетки к поясам впритык;	—	—	—	$l$	$l$	$0,9l$
б) с перекрестной решеткой;	$l$	$l$	$l$	—	—	—
в) прочих	—	—	—	$l$	$l$	$0,8l$
Из плоскости фермы для ферм:						
а) с поясами из замкнутых профилей с прикреплением элементов решетки к поясам впритык;	—	—	—	$l_1$	$l_1$	$0,9l_1$
б) прочих, кроме ферм с перекрестной решеткой;	—	—	—	$l_1$	$l_1$	$l_1$
в) с перекрестной решеткой, если оба элемента не прерываются;	$l_2$	$0,7l_3$	$l_3$	—	—	—
г) то же, если рассматриваемый элемент не прерывается;	$0,7l_3$	$l_3$	$1,4l_3$	—	—	—
д) то же, если рассматриваемый элемент не перекрывается фасонкой	$0,7l_3$	—	—	—	—	—

Примечания: 1.  $l$  — геометрическая длина элемента (расстояние между центрами узлов) в плоскости фермы;  $l_1$  — расстояние между узлами, закрепленными от смещения из плоскости фермы;  $l_2$  — расстояние от центра узла фермы до пересечения элементов;  $l_3$  — полная геометрическая длина элемента (рис. П.9). 2. Расчетную длину из плоскости фермы элемента, по длине которого действуют сжимающие силы  $N_1$  и  $N_2$  (при  $N_1 > N_2$ ), вычисляют по формуле  $l_{ef} = l_1 (0,75 + 0,25 N_1/N_2)$ , а расчет на устойчивость выполняют на силу  $N_1$ .

Т а б л и ц а П.11. Предельная гибкость  $\lambda_{пр}$  сжатых и растянутых элементов по СНиП II-23-81\*

№ п/п	Элементы конструкций	Предельная гибкость $\lambda_{пр}$ элементов		
		сжатых	растянутых при воздействии на конструкцию нагрузок	
			динамических, приложенных непосредственно к конструкциям	статических
1	Пояса, опорные раскосы и стойки, передающие опорные реакции:			
	а) плоских ферм, структурных конструкций;	$180-60\alpha$	250	400
	б) пространственных конструкций из труб или парных уголков высотой до 50 м;	$180-60\alpha$	—	—

Продолжение табл. II.11

№ п/п	Элементы конструкций	Предельная гибкость $\lambda_{пр}$ элементов			
		сжатых	растянутых при воздействии на конструкцию нагрузок		
			динамических, приложенных непосредственно к конструкциям	статических	от кранов (см. прим. 5) и железнодорожных составов
	в) пространственных конструкций из одиночных уголков, тоже из труб и парных уголков высотой свыше 50 м	120	—	—	—
2	Элементы пространственных и структурных конструкций, кроме указанных в п. 1 и 9:				
	а) из труб и парных уголков, сварных из одиночных уголков;	210—60 $\alpha$	350	400	300
	б) из одиночных уголков с болтовыми соединениями	220—40 $\alpha$	350	400	300
3	Элементы плоских ферм, кроме оголовренных в п. 1	210—60 $\alpha$	350	400	300
4	Верхние пояса ферм, незакрепленные в процессе монтажа (предельную гибкость после завершения монтажа принимать по п. 1)	220	—	—	—
5	Основные колонны	180—60 $\alpha$	—	—	—
6	Второстепенные колонны, элементы решетки колонн	210—60 $\alpha$	—	—	—
7	Элементы вертикальных связей между колоннами (ниже подкрановых балок)	210—60 $\alpha$	300	300	200
8	Прочие элементы связей, а также стержни, служащие для уменьшения расчетной длины сжатых стержней и другие ненагруженные элементы, кроме указанных в п. 9	200	400	400	300
9	Сжатые и ненагруженные элементы пространственных конструкций таврового и крестового сечения, подверженные воздействию ветровых нагрузок, при проверке гибкости в вертикальной плоскости	150	—	—	—
10	Пояса и опорные раскосы ЛЭП	—	250	—	—
11	Элементы опор ЛЭП, кроме указанных в пп. 10 и 12	—	350	—	—
12	Элементы пространственных конструкций таврового и крестового сечения (а в тягах траверс опор ЛЭП и из одиночных уголков), подверженных воздействию ветровых нагрузок, при проверке гибкости в вертикальной плоскости	—	150	—	—

Продолжение табл. II.11

№ п/п	Элементы конструкций	Предельная гибкость $\lambda_{пр}$ элементов		
		сжатых	растянутых при воздействии на конструкцию нагрузок	
			динамических, приложенных непосредственно к конструкциям	статических

13 Нижние пояса подкрановых балок ферм — — — 150

Примечания: 1.  $\alpha = N/(\varphi A R_y \gamma_c)$  — коэффициент, принимаемый не менее 0,5 (в необходимых случаях вместо  $\varphi$  следует применять  $\varphi_0$ ). 2. В сооружениях, не подвергающихся динамическим воздействиям, гибкость растянутых элементов проверяют только в вертикальных плоскостях. 3. Гибкость растянутых элементов, подвергнутых предварительному напряжению, не ограничивается. 4. Для растянутых элементов, в которых при неблагоприятном расположении нагрузки может измениться знак усилия, предельную гибкость принимают как для сжатых элементов; при этом соединительные прокладки в составных элементах необходимо устанавливать не реже, чем через 40l. 5. Значения предельных гибкостей при кранах групп режимов работы 7 К (в цехах металлургического производства) и 8 К по ГОСТ 25546—82. 6. К динамическим нагрузкам, приложенным непосредственно к конструкциям, относятся нагрузки, принимаемые в расчетах на выносливость или с учетом коэффициентов динамичности.

### 3. Расчет элементов стальных конструкций на изгиб

Расчетные формулы:

на прочность при изгибе в одной из главных плоскостей (кроме балок с гибкой или перфорированной стенкой, а также подкрановых балок)

$$M/W_{nmin} \leq R_y \gamma_c; \quad (II.15)$$

на прочность при изгибе в двух главных плоскостях

$$M_{xy}/I_{xn} \pm M_y x/I_{yn} \leq R_y \gamma_c; \quad (II.16)$$

для стенок балок, рассчитываемых по формуле II.15,

$$\sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2} \leq 1,15 R_y \gamma_c; \quad (II.17)$$

$$\tau_{xy} \leq R_s \gamma_c; \quad (II.18)$$

касательные напряжения в сечениях изгибаемых элементов

$$\tau = QS/(It) \leq R_s \gamma_c; \quad (II.19)$$

касательные напряжения в стенках изгибаемых элементов, ослабленных отверстиями для болтов,

$$\tau \alpha = QS/(It) \leq R_s \gamma_c; \quad (II.20)$$

на устойчивость балок двутаврового сечения, изгибаемых в плоскости стенки, которые удовлетворяют проверкам по формулам (II.15), (II.17) — (II.20),

$$M/(\varphi_b W_c) \leq R_y \gamma_c. \quad (II.21)$$

В этих формулах  $R_y$ ,  $R_s$  — расчетные сопротивления по табл. I.1 и I.2;  $\gamma_c$  — коэффициент условий работы по табл. II.7;  $\alpha = a/(a-d)$ , где  $a$  — шаг отверстий;  $d$  — диаметр отверстий;  $\varphi_b$  — коэффициент, принимаемый в соответствии с рекомендациями СНиП II-23-81\*;  $F$  — расчетное значение местной нагрузки.

При расчете на прочность стенки балки в местах приложения нагрузки к верхнему поясу, а также в опорных сечениях балки, не укрепленных ребрами жесткости, местное напряжение

$$\sigma_{loc} = F/(tl_{ef}) \leq R_y \gamma_c. \quad (II.22)$$

При расчете на устойчивость учитывают также напряжения:

$$\sigma = M_y/I_x \quad (II.23)$$

$$\tau = Q/(th) \quad (II.24)$$

Здесь  $l_{ef}$  — условная длина распределения нагрузки, определяемая в зависимости от условий опирания;  $h$  — полная высота стенки;  $M$  и  $Q$  — средние значения соответственно момента и поперечной силы в пределах отсека; если длина отсека больше его расчетной высоты,  $M$  и  $Q$  вычисляют для более напряженного участка с длиной, равной высоте отсека; если в пределах отсека момент или поперечная сила меняют знак, их средние значения вычисляют на участке отсека с одним знаком.

Если сосредоточенная нагрузка приложена к растянутому поясу, одновременно учитывают  $\sigma$  и  $\tau$  или  $\sigma_{loc}$  и  $\tau$ .

Проверка устойчивости стенки балки не требуется, если при выполнении условий по формулам (II.17) и (II.18) условная гибкость стенки  $\bar{\lambda}_w = h_{ef} \sqrt{R_y/E}t$  не превышает значений 3,5 и 3,2 при отсутствии местного напряжения в балках соответственно с дву- и односторонними швами, а также 2,5 при наличии местного напряжения в балках с двусторонними поясными швами. При этом стенку балки укрепляют поперечными ребрами жесткости, если  $\bar{\lambda}_w > 3,2$  — при отсутствии подвижной нагрузки на поясе и  $\bar{\lambda}_w > 2,2$  — при ее наличии. Относительные прогибы изгибаемых элементов определяют по формуле

$$f/l = M_n I / (10EI) = \sigma_n I / (5Eh), \quad (II.25)$$

где  $f$  — абсолютный прогиб;  $l$ ,  $h$ ,  $I$  — длина, высота и момент инерции балки;  $M_n$  и  $\sigma_n$  — изгибающий момент и напряжения от нормативных нагрузок;  $E = 2,1 \cdot 10^6$  — модуль упругости стали.

Предельные относительные прогибы изгибаемых элементов приведены в табл. II.12.

Т а б л и ц а II.12. Предельные прогибы изгибаемых элементов по СНиП II-23-81\*

№ п/п	Элементы конструкций	Предельные прогибы, доли пролета
1	Балки и фермы крановых путей под краны группы режимов по ГОСТ 25546—82:	
	1К—3К	1/400
	4К—5К	1/500
	6К—8К	1/600

№ п/п	Элементы конструкции	Предельные прогибы, доли пролета
2	Балки рабочих площадок производственных зданий при наличии рельсовых путей:	
	ширококолейных	1/600
	узкоколейных	1/400
3	Балки рабочих площадок производственных зданий при отсутствии рельсовых путей и балки междуэтажных перекрытий:	
	главные	1/400
	прочие и косоуры лестниц	1/250
4	Балки и фермы покрытий и чердачных перекрытий:	
	несущие подвесное подъемно-транспортное или технологическое оборудование в местах его подвеса	1/400
	прочие	1/250
	прогоны	1/200
5	Элементы фахверка:	
	ригели	1/300
	прогоны остекления	1/200
6	Стальной настил рабочих площадок и профилированный настил покрытий	1/150

Примечания: 1. Для консолей принимают пролет  $l$ , равный удвоенному вылету консоли. 2. При наличии штукатурки прогиб балок перекрытий только от кратковременной нагрузки не должен превышать  $1/250$  длины пролета. 3. Прогибы определяют от нормативной нагрузки без учета ослабления сечений отверстиями для болтов и коэффициентов динамичности. 4. При наличии подвесного потолка относительный прогиб балок и ферм определяют только от временных нагрузок.

#### 4. Расчет элементов стальных конструкций, подверженных действию осевой силы с изгибом

Расчетные формулы:  
на прочность:

$$N/A_n \pm M_x y / I_{xn} \pm M_y x / I_{yn} < R_y \gamma_c; \quad (II.26)$$

на устойчивость внецентренно сжатых и сжато-изгибаемых элементов постоянного сечения в плоскости действия момента, совпадающей с плоскостью симметрии,

$$N / (\varphi_e A) \leq R_y \gamma_c; \quad (II.27)$$

на устойчивость внецентренно сжатых элементов постоянного сечения из плоскости действия момента при изгибе их в плоскости наибольшей жесткости, совпадающей с плоскостью симметрии,

$$N / (c \varphi_y A) \leq R_y \gamma_c; \quad (II.28)$$

на устойчивость сплошностенчатых стержней, подверженных сжатию и изгибу в двух главных плоскостях, при совпадении плоскости наибольшей жесткости с плоскостью симметрии

$$N / (\varphi_{exy} A) \leq R_y \gamma_c. \quad (II.29)$$

Дополнительные проверки кроме расчета по формуле (II.27) выполняют для внецентренно сжатых элементов:

выполненные из стали с пределом текучести более 580 МПа и резко несимметричными сечениями на прочность

$$N/A_n - M/(\delta W_{nt}) \leq R_u \gamma_c / \gamma_u; \quad (II.30)$$

изгибаемых в плоскости наименьшей жесткости ( $I_y < I_x$ ,  $e_y \neq 0$ ) при  $\lambda_x > \lambda_y$  на устойчивость из плоскости действия момента

$$N/(\varphi_x A) \leq R_y \gamma_c. \quad (II.31)$$

При  $\lambda_x \leq \lambda_y$  проверку по формуле (II.30) не производят. В сквозных внецентренно-сжатых стержнях при расположении решеток в плоскостях, параллельных плоскости изгиба, производят проверку отдельных ветвей, как центрально-сжатых стержней по формуле (II.5), определяя продольную силу в каждой ветви с учетом дополнительно-го усилия от момента.

В этих формулах:  $\varphi_e$ ,  $\varphi_{exy}$ ,  $\varphi_y$ ,  $\varphi_x$ ;  $c$  — коэффициенты по СНиП II-23-81\*, значения  $N$  и  $M$  в элементе принимают для одного и того же сочетания нагрузок из расчета системы по недеформированной схеме, считая деформации стали упругими.

Сквозные стержни из двух сплошностенчатых ветвей, симметричных относительно оси, проходящей через обе ветви, с решетками в двух параллельных плоскостях при сжатии и изгибе в обеих главных плоскостях рассчитывают на устойчивость:

для стержня в целом — в плоскости, параллельной плоскостям решеток по (II.27);

для отдельных ветвей — по (II.27) и (II.28), при этом продольную силу в каждой ветви определяют с учетом усилия от момента  $M_x$ , а момент  $M_y$  распределяют между ветвями пропорционально их жесткостям.

Соединительные планки или решетки сквозных внецентренно сжатых стержней рассчитывают на большее значение поперечной силы: фактическую силу  $Q$  или условную  $Q_{fic}$ , определяемую по (II.9). При  $Q > Q_{fic}$  соединять планками ветви сквозных внецентренно сжатых элементов не рекомендуется.



## Раздел III

### ВЫПОЛНЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ КМД С УЧЕТОМ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НА ЗАВОДЕ ПО ИНДУСТРИАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

#### III.1. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ КМД СТРОИТЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ И ИХ ОФОРМЛЕНИЕ

##### 1. Общие положения

Рабочие чертежи строительных металлических конструкций разрабатывают на стадиях: КМ (конструкции металлические) и КМД (конструкции металлические, деталировка).

Рабочие чертежи на стадии КМ должны быть выполнены с учетом: требований ТП 101-81\* «Технические правила по экономному расходованию основных строительных материалов»; соответствие исходных данных, указанным в задании на проектирование; оптимальной расчетной схемы, компоновки с соблюдением унифицированных параметров производственных зданий и сооружений; принятых конструктивных решений, соответствующих расчетной схеме; обеспечения надежности работы при возведении и эксплуатации, а также долговечности всего сооружения и отдельных его элементов.

Для реализации поставленных задач по снижению материалоемкости металлических конструкций, снижению стоимости и трудоемкости их изготовления и монтажа в рабочих чертежах КМ должны быть приняты конструктивные решения, соответствующие передовым отечественным и зарубежным разработкам, применены типовые конструкции, экономичные марки сталей и профили, в том числе холодногнутое широкополочные двутавры и тавры, эффективные сварочные материалы.

При проектировании сварных элементов следует предусматривать такие их конструктивные формы, которые обеспечили бы использование высокопроизводительных способов сварки (автоматической и полуавтоматической).

В проектах, разработанных на стадии КМ, выбирают конструкции из укрупненных блоков с минимальным количеством монтажных единиц максимальной заводской готовности, что способствует сокращению сроков возведения сооружения и снижению стоимости строительства.

Разработка чертежей КМД осуществляется на основании рабочих чертежей, запроектированных на стадии КМ.

При выполнении рабочих чертежей на стадии КМД учитывают технологические возможности заводов-изготовителей металлических конструкций с целью максимального использования имеющихся средств механизации и автоматизации производственного процесса — высокопроизводительного оборудования, специализированных участков, точных линий и грузоподъемных механизмов.

При разбивке конструкций на отправочные элементы стремятся к уменьшению трудоемкости их изготовления, предусматривают необходимые детали для их транспортирования внутри завода и к месту монтажа, обеспечивая нормы загрузки подвижного состава, учитывают возможность монтажа укрупненными блоками, легкость, быстроту и удобство постановки, выверки и закрепления конструкций.

При конструировании сварных элементов соблюдают конструктивные требования к сварным соединениям, предусматривают удобство наложения сварных швов и контроля за их выполнением. Скрытые сварные швы, пооперационная сборка должны быть сведены к минимуму. Необходимо принимать меры против хрупкого и усталостного разрушения конструкций, предусматривать мероприятия, уменьшающие сварочные деформации.

С целью снижения расхода стали и трудозатрат при изготовлении металлоконструкций при выполнении чертежей КМД учитывают следующие основные требования:

максимальное использование проката мерной и кратной длины; экономное расходование металла;

применение нормализованных и унифицированных деталей, типовых конструкций и узлов, уменьшение количества деталей в конструктивном элементе с максимальной их повторяемостью;

уменьшение объема наплавленного металла путем использования сварочных материалов, соответствующих более высокому классу стали, применения в сварных конструкциях минимально необходимых размеров (толщины и длины) сварных швов, применения для конструктивных и слабонагруженных элементов односторонних сварных швов; погрузка конструкций на подвижной состав и транспортировка их от завода-изготовителя на монтажную площадку;

возможность защиты конструкций от коррозии в процессе эксплуатации;

безопасность производства работ при изготовлении и монтаже конструкций.

При выполнении чертежей КМД следует обеспечить правильность применения нормативных документов.

Организация, разрабатывающая чертежи КМД, несет ответственность за соответствие их чертежам КМ, за расчетную прочность всех заводских и монтажных соединений, не разработанных в чертежах КМ, за правильность размеров элементов конструкций и увязку их между собой.

Отступления от чертежей КМ не допускаются, но при необходимости изменения должны быть согласованы с проектной организацией, разработавшей чертежи КМ.

В состав чертежей КМД входят: список чертежей, чертежи монтажных схем и узлов, отправочных элементов. Выполняют также дополнительные чертежи: элементы транспортирования, упаковки, общих и контрольных сборок и т. п.

## 2. Оформление чертежей КМД

Чертежи КМД оформляют в соответствии с ГОСТ 2.305—68\*\*. На них конструкции изображают в виде отдельных отправочных элементов. В зависимости от габаритных размеров и взаимного расположения деталей, составляющих элемент, на одном чертеже помещают один или несколько элементов, однотипных по сечению или по конструкции, с одинаковой технологией изготовления. Длинномерные конструктивные элементы с большим количеством деталей могут быть размещены на двух и более чертежах.

Изображения элементов на чертежах дают в виде проекций и разрезов. Количество их должно быть минимальным, но обеспечивать полное представление об элементе. Для простых элементов (связи из одиночных уголков, балки из прокатных двутавров и швеллеров и т. п.) достаточно одной проекции.

За основную принимают проекцию, наиболее полно показывающую элемент. Она должна соответствовать рабочему положению (го-

ризонтальный элемент вычерчивают горизонтально, вертикальный — вертикально, наклонный — наклонно).

В элементах конструкций, изображенных на одном чертеже, не следует применять более двух марок стали, помещать конструктивные элементы с одинаковыми или близкими по размерам деталями, запроектированными из стали одинаковых профилей и толщин, но разных марок.

Т а б л и ц а III.1. Рекомендуемые масштабы

Чертежи и изображения	Масштаб
Монтажные схемы:	
простые	1 : 200; 1 : 400
сложные	1 : 100
узлы	1 : 50; 1 : 75
Листовые конструкции	1 : 50; 1 : 75; 1 : 100
Решетчатые конструкции:	
геометрические схемы	1 : 200
сетка	1 : 25; 1 : 40
сечения	1 : 5; 1 : 10; 1 : 15; 1 : 20; 1 : 25
Колонны, балки, сечения, мм:	
до 60	1 : 5; 1 : 10
60—160	1 : 10; 1 : 15
160—600	1 : 15; 1 : 20
600—1200	1 : 20; 1 : 25
свыше 1200	1 : 25; 1 : 40
Наличие в узле отверстий при шаге, мм:	
80—100	1 : 20
120—160	1 : 25
более 160	1 : 40
Толщина элементов	Масштаб, принятый для сечения, но не менее 1 мм

Рабочие чертежи металлоконструкций на стадии КМД вычерчивают на листах форматов по ГОСТ 2.301—68\* ЕСКД «Форматы», определяющих размерами внешней рамки. Наиболее часто используемые форматы 24 и 22. Основные надписи на чертежи наносят, руководствуясь ГОСТ 21.103—78.

Масштаб изображений элементов выбирают в зависимости от габаритов изображаемой конструкции, ее сложности, количества деталей, из которых она состоит, элементов, примыкающих к ней, и т. п. При этом изображения на чертежах должны быть четкими и удобными для чтения. Масштабы принимают по ГОСТ 2.302—68\* ЕСКД «Масштабы» (табл. III.1).

Для сокращения размеров изображения конструкций длинные сплошностенчатые элементы (балки, колонны и т. п.) вычерчивают без соблюдения масштаба по длине в разных масштабах по длине и ширине, при этом взаимное расположение деталей и отверстий должно быть выдержано.

Для однотипных конструктивных элементов изображенных на одном листе, применяют один масштаб.

Геометрические схемы решетчатых конструкций (плоских и пространственных) вычерчивают в одном для всех измерений масштабе.

Удобство чтения чертежа, работы с ним, качество изготовления конструкций по нему в значительной мере зависят от правильности простановки размеров, которая должна быть выдержана в соответствии с требованиями ГОСТ 2.307—68\* ЕСКД «Нанесение размеров и предельных отклонений».

Размеры на чертежах КМД разделяют на категории:

а) монтажные — определяющие положение конструктивного элемента в сооружении;

б) увязочные — необходимые для перехода от монтажных к размерам для изготовления;

в) для изготовления деталей;

г) сборочные — определяющие взаимное расположение деталей.

Размерные числа наносят над размерной линией по возможности ближе к ее середине, однако если над размерной линией по какой-либо причине невозможно поместить размер, его допускается вынести в сторону в непосредственной близости от размерной линии.

Размерные линии должны быть параллельны отрезку, размер которого указывают. Расстояние между параллельными размерными линиями принимают 7—10 мм, от размерных линий до параллельных им линий контура — 12—15 мм. При этом выносная линия выступает за крайнюю размерную на 1—3 мм.

Общие правила нанесения размеров:

1. Основанием для определения размера изображенного элемента и его деталей, а также взаимного расположения деталей служат размеры, нанесенные на чертеже; определять их, пользуясь масштабом, не разрешается.

2. Общее количество размеров на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для изготовления и контроля как отдельных деталей, так и конструктивного элемента в целом. Количество размеров и их расположение на чертеже должны обеспечивать удобство чтения чертежа и увязки с другими элементами.

3. Все линейные размеры и отметки уровней на чертежах указывают в миллиметрах без обозначения единицы величины.

4. Угловые размеры указывают в градусах, минутах и секундах с обозначением единиц величин.

5. Преобладающие на чертеже диаметры отверстий и обрезы оговаривают в примечании и на чертеже не проставляют.

6. Ряд одинаковых размеров указывают в виде произведения количества размеров на размер (рис. III.1, а).

7. При простановке размеров по высоте или ширине сечения прокатных профилей размерную цепочку можно не замыкать, при этом размеры привязывают к той плоскости или грани, отметка или привязка которой должна быть выдержана в сооружении (рис. III.1, д).

8. Размеры срезов в ребрах указывают треугольником без выносных и размерных линий (рис. III.1, б).

9. Направление наклонных линий в элементах связей и других подобных конструкций обозначают треугольником, стороны которого

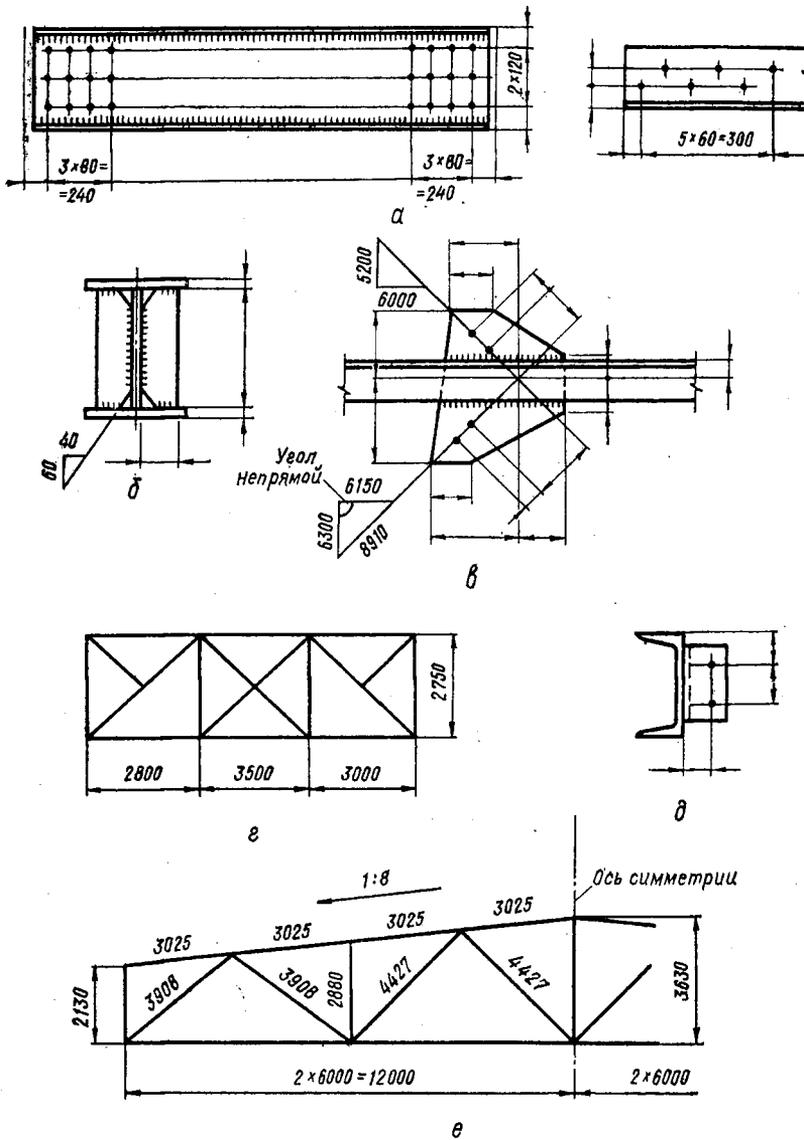


Рис. III.1. Порядок простановки размеров в чертежах КМД:  
*a* — ряд одинаковых размеров; *б* — срезы деталей; *в* — направление наклонных линий; *г* — геометрические схемы; *д* — привязка размеров к грани элемента; *е* — симметричные геометрические схемы.

параллельны соответствующим линиям геометрической схемы (рис. III.1, *в*).

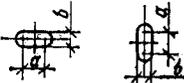
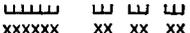
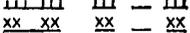
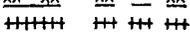
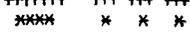
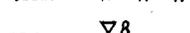
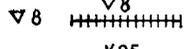
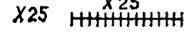
10. В случае косоугольных треугольников необходимо указывать длины всех сторон с обязательной оговоркой «Угол не прямой» (рис. III.1, *в*).

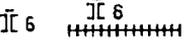
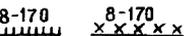
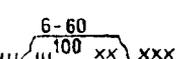
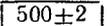
11. Длину стержней в геометрических схемах решетчатых конструкций представляют над линиями схемы без выносных и размерных линий, в симметричных схемах — только на одной половине (рис. III.1, е).

В чертежах КМД применяют условные обозначения для прокатных профилей, швов сварных соединений, болтов, закрепок, отверстий, приведенные в табл. III.2.

Т а б л и ц а III.2. Условные обозначения, применяемые в чертежах КМД

Наименование	Обозначение
<i>Прокатные профили</i>	
Сталь угловая равнополочная	L 80×80×8
То же, неравнополочная	L 160×100×10
Балка двутавровая (номер профиля 12)	I 12
То же, для подвесных путей (номер профиля 24)	I 24M
То же, тонкостенная (номер профиля 20)	I T20
» » с параллельными гранями полок нормальные (номер профиля 35)	I 35B1
» » широкополочные (номер профиля 35)	I 35Ш1
» » колонные (номер профиля 35)	I 35K1
Тавр из балки двутавровой (высота тавра 170 мм)	⊥ H-170 из I24
То же, с параллельными гранями полок:	
нормальные	T20BT
широкополочные	T20ШT
колонные	T20KT
Швеллер с уклоном внутренних граней полок (номер профиля 18)	[ 18
То же, с параллельными гранями полок (номер профиля 18)	[ 18П
То же, тонкостенный (номер профиля 18)	T18
Рельс железнодорожный	P43
То же, крановый	KP120
Сталь квадратная (сторона квадрата 25 мм)	□ 25×25
Сталь круглая (диаметр 25 мм)	∅25
Труба круглая (наружный диаметр 173, толщина 8 мм)	тр. 173×8
Сталь листовая (ширина 700, толщина 12 мм)	—700×12
То же, рифленая (ширина 400, толщина без рифа 4 мм)	рифл.— 400×4
То же, рифленая (условное графическое изображение)	
То же, просечно-вытяжная (толщина заготовки 5, подача 8, ширина листа 700 мм)	—ПВ508×700
То же, просечно-вытяжная (условное графическое изображение)	
То же, волнистая (ширина после волнования 570 мм, длина волны 130 мм, высота 35 мм, толщина заготовки 1,8 мм)	~ 570×130×35×1,8
<i>Гнутые профили</i>	
Уголок равнополочный	гн L 100×4
То же, неравнополочный	гн L 100×80×5
Швеллер равнополочный	гн [ 160×80×4
То же, неравнополочный (высота 50 мм, ширина полка 40 и 12 мм, толщина 2,5 мм)	нг [ 50×40×12×2,5

Наименование	Обозначение
То же, С-образный (высота 400, ширина полок 160, отгибы полок 60, толщина 4 мм)	гн □400×160×60×4
Труба холодногнутая сварная квадратного сечения	гн □100×100×4
То же, прямоугольного сечения	гн □160×80×6
Профилированный настил	Н  60-845-1,0
<i>Отверстия</i>	
Круглое	
Зенкованное с ближней стороны	
» с дальней »	
» с двух сторон	
Овальное ( <i>a</i> — расстояние между центрами, <i>b</i> — диаметр)	
<i>Болты</i>	
Классов точности <i>B</i> и <i>C</i> постоянный	
Временный	
Высокопрочный	
<i>Заклепки</i>	
С полукруглыми головками	
Вплой с ближней стороны	
» с дальней »	
» с двух сторон	
<i>Швы сварных соединений</i>	
Сварной угловой непрерывный видимый и невидимый заводской	
То же, монтажный	
Сварной угловой прерывистый видимый и невидимый заводской	
То же, монтажный	
Сварной стыковой видимый и невидимый заводской	
То же, монтажный	
Сварной стыковой с V-образной разделкой кромок (при толщине металла 8 мм)	
То же, с X-образной разделкой кромок (при толщине металла 25 мм)	

Наименование	Обозначение
То же, с К-образной разделкой кромок (при толщине металла 30 мм)	
То же, без разделки кромок (при толщине металла 6-мм) при сварке с одной стороны	
Толщина и длина углового шва заводского и монтажного	
Сварной прерывистый заводской и монтажный с указанием толщины, длины и промежутка между ними	
<i>Прочие</i>	
Линия (ось) симметрии	
Отметки	
Размер повышенной точности (с указанием допуска)	

В чертежах КМД (на монтажных схемах и чертежах отправочных элементов) каждый отправочный элемент должен иметь маркировку, состоящую, как правило, из буквенного и числового индексов: например, Б12. Буквенный индекс определяет принадлежность данного элемента к той или иной монтажной схеме (все элементы, входящие в одну и ту же монтажную схему, имеют один буквенный индекс и на схеме обозначаются только числовым). Числовой индекс — порядковый номер элемента, присваиваемый ему по мере разработки чертежей отправочных элементов. Взаимозаменяемые элементы маркируют одной и той же маркой.

Если на заводе-изготовителе производят общую или контрольную сборку какого-либо узла, состоящего из нескольких отправочных элементов, выполняя при этом подгоночные работы в результате чего теряется взаимозаменяемость элементов, их примаркируют: к марке добавляют дополнительный числовой или буквенный индекс, располагаемый перед или после марки, например: 1Б12, Б12-1, Б12-А и т. д. Примаркировкой элементов пользуются также в случаях, когда необходимо показать принадлежность элемента к определенному месту в сооружении (колонны и балки одного этажа или яруса в каркасах многоэтажных зданий, элементы одного пояса кожуха доменной печи и т. п.). В этом случае в марке всех элементов добавляют одинаковый индекс, показывающий номер этажа, яруса, пояса: например, 7К15 П колонна марки К15, седьмого яруса; 6П1 и 6П2 — элементы П1 и — шестого пояса доменной печи.

### III.2. ОБОРУДОВАНИЕ ЗАВОДОВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Т а б л и ц а III.3. Технические характеристики основного оборудования заводов металлических конструкций

Оборудование	Обрабатываемая деталь	
	Параметры	Предельные размеры
Листопрямильные вальцы	Лист, мм: толщина/ширина	36/2500; 25/3000
Углопрямильные вальцы	Уголки размером, мм	≤200×30
Листогибочные вальцы	Лист, мм: толщина/ширина	≤40/≤6300
Кулачковый правильногибочный пресс	Двухавры до номера	55
	Швеллеры » »	40
	Уголки размером, мм	220×24
	Квадрат со стороной, мм	≤200
Кромкогибочный пресс	Лист, мм: толщина/ширина	24/1250; 6/6000
Гильотинные ножницы	Лист, мм: толщина/ширина	32/3200
Угловые ножницы	Уголки размером, мм	≤250×28
Ножницы для резки швеллеров и двухавров	Двухавры и швеллеры до номера	40
Отрезной станок KAWASAKI	Размеры детали, мм:	
Отрезной станок МП6-952	ширина/высота	1014×445
	ширина/высота (min)	80/40
	то же (max)	280/250
	Угол поворота пилы к продольной оси детали, град	90—41
Газорезательные машины типа: *	Длина отрезаемой детали, мм	2000—12 000
	Лист, мм:	
«Черномор»	длина/ширина	16 000/3150
	толщина	5—100
«Днепр»; «Юг»	длина/ширина	8000/2500
	толщина	5—160
«Одесса»	длина/ширина	9000/3000
	толщина	5—300
«Picom-250»	Трубы, мм:	
	наружный диаметр	25—250
	длина при резке одного торца	200—12 000
	то же, двух	≤6500
«Picom-400»	наружный диаметр	50—400
	длина при резке одного торца	1000—12 000
	то же, двух	≤6500
УФВТ-2	наружный диаметр	109—600
	длина при резке одного торца	500—12 000
Машина плазменной резки типа «Кристалл»	Лист, мм: длина/ширина	10 000/2500
	толщина	5—28
Дыропробивные прессы: одноштемпельный	Размеры, мм:	
	диаметр отверстия/толщина детали	25/25; 50/16
многостемпельный (2; 4; 24 шт.)	то же	25/25

Продолжение табл. III.3

Оборудование	Обрабатываемая деталь	
	Параметры	Предельные размеры
Сверлильные станки: вертикально-сверлиль- ный стационарный радиаль- но-сверлильный и на са- моходной тележке авто- матический SD1H 1500B (Япония)	Диаметр просверливаемого от- верстия, мм	≤50
	То же	100
Автоматическая линия свер- ления и резания широкопо- лочных двутавров KAWASAKI	»	90
	Количество шпинделей, шт.:	8
Кромкострогальный станок	в том числе по стенке	4
	по полкам	2 + 2
Торцефрезерные станки с фрезерными головками:	Диаметр просверливаемого от- верстия, мм	8—32
	Длина строгания, мм	14 000
одной	Толщина пакета листов, мм	50
	Обрабатываемая плоскость, мм:	
двумя	ширина/высота	≤3600/1400
	ширина/высота	3600/1800
Универсальный сварочный автомат ТС-17М	длина обрабатываемой кон- струкции	6000/14 000
	Диаметр сварочной проволоки, мм	1,6—5
Сварочные полуавтоматы А-765, ПДГ-513УЗ	Скорость сварки, м/ч	16—126
	Диаметр электродной проволоки мм, при сварке:	
Установка дробеметной очистки проката	сплошной проволокой	1,6—2
	порошковой проволокой	1,6—3
Агрегаты окрасочные безвоз- душного распыления:	под флюсом	1,6—2
	в углекислом газе	1,2—2
7000НА	Габариты деталей, мм, не более:	
	длина/высота/ширина	2500/500/2500
2600НА	Давление нагнетания, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	
		24,0 <sup>+0,5</sup> (245 <sup>+5</sup> )
Мостовые краны в цехе: склад металла, обработки сборочном	Грузоподъемность, т, не более	
Поточная линия по изготов- лению сварных двутавров на ДЗМК им. Бабушкина	высота/толщина **	600—2000/6—20
	Горизонтальный лист, мм:	
	ширина ***/толщина	200—630/10—40
	Длина сварного двутавра, мм	7200—13 000

\* Машины типа «Черномор» и «Днепр» предназначены для раскройной прямо-  
линейной резки, типа «Одесса» и «Юг» — для фигурной.

\*\* Полный провар стенок сварных двутавров толщиной более 20 мм не обеспе-  
чивается. Толщина вертикальной стенки может быть переменной, если не требуется ее  
полный провар.

\*\*\* Горизонтальные листы сварных двутавров могут отличаться по ширине до  
150 мм (не более 75 мм на сторону).

### III.3. ПЕРЕВОЗКА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОТКРЫТОМ ПОДВИЖНОМ СОСТАВЕ

#### 1. Требования, предъявляемые к конструкциям при перевозке

Металлоконструкции от заводов-изготовителей к месту монтажа преимущественно перевозят железнодорожным транспортом на открытом подвижном составе.

При перевозке конструкций руководствуются нормативными документами, разработанными МПС: «Техническими условиями погрузки и крепления грузов» (для габаритных грузов) и «Инструкцией по перевозке негабаритных и тяжеловесных грузов на железных дорогах СССР колеи 1520 мм» (для грузов негабаритных и перевозимых на транспортерах).

Металлоконструкции, погруженные на подвижной состав, включая элементы их упаковки и крепления, не должны выходить за пределы габарита погрузки при расположении вагонов на прямом горизонтальном участке пути и совмещении их продольных осей в одной вертикальной плоскости. Грузы, очертания которых выходят за пределы габарита погрузки, считают негабаритными. На железных дорогах СССР допускается нижняя (на высоте от уровня верха головки рельсов от 480 до 1400 мм), боковая (на высоте от 1400 до 4000 мм) 1—6-й степеней, а также верхняя (на высоте от 4000 до 5300 мм) 1—3-й степеней негабаритности (табл. III.4, III.5).

Т а б л и ц а III.4. Расстояние от оси пути до очертаний габарита погрузки, степеней нижней и боковой негабаритностей на высоте 480—4000 мм по «Техническим условиям» и «Инструкции»

Высота от уровня верха головки рельсов, мм	Расстояние, мм, от вертикальной оси пути до очертания							
	габарита погрузки		степени негабаритности					
	нормального	льготного	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й
<i>Нижняя негабаритность</i>								
От 480 до 1230	1625	1625	1700	1760	—	—	—	—
От 1230 до 1400	1625	1625	1700	1760	1850	2000	2080	2240
<i>Боковая негабаритность</i>								
От 1400 до 2560	1625	1700	1700	1800	1850	2000	2080	2240
2570		1677						2240
2600		1677						2240
2700		1675						2240
2800		1673						2240
2850		1672						2227
2900		1671						2213
2950	1625	1670						2200
3000		1669						2187
3050		1668						2173
3100		1667						2160
3150		1666						2147
3200		1665						2133

Продолжение табл. III.4

Высота от уровня верха головки рельсов, мм	Расстояние, мм, от вертикальной оси пути до очертания							
	габарита погрузки		степени негабаритности					
	нормального	льготного	1-й	3-й	3-й	4-й	5-й	6-й
3250		1664						2120
3300		1663						2107
3350	1625	1662	1700	1800	1850	2000	2080	2093
3400		1661					2080	2080
3450		1660					2067	—
3500		1659					2053	—
3550		1658					2040	—
3600		1658					2027	—
3650		1657					2013	—
3700	1625	1656	1700	1800	1850	2000	2000	—
3750		1655					1975	—
3800		1654					1950	—
3850		1653					1925	—
3900		1652					1900	—
3950		1651					1875	—
4000	1625	1650	1700	1800	1850	1850	—	—

Примечания: 1. Пробел в таблице означает повторение предыдущей цифры в графе, прочерк — отсутствие цифры. 2. Промежуточные значения расстояний определяют интерполяцией.

Таблица III.5. Расстояние от оси пути до очертаний габарита погрузки, верхних степеней негабаритности на высоте 4000—5300 мм по «Техническим условиям» и «Инструкции»

Высота от уровня верха головки рельсов, мм	Расстояние, мм, от вертикальной оси пути до очертания				
	габарита погрузки		степени негабаритности		
	нормального	льготного	1-й	2-й	3-й
4000	1625	1650	1700	1800	1850
4050	1585	1611	1672	1786	1835
4100	1548	1572	1643	1771	1820
4150	1509	1533	1614	1757	1805
4200	1471	1495	1586	1743	1790
4250	1431	1456	1558	1728	1775
4300	1392	1417	1529	1714	1760
4350	1355	1378	1500	1700	1745
4400	1316	1339	1472	1668	1730
4450	1276	1300	1443	1637	1715
4500	1238	1262	1415	1606	1700
4550	1198	1223	1382	1574	1664
4600	1162	1184	1348	1543	1628
4650	1122	1146	1315	1511	1591
4700	1084	1108	1281	1480	1555
4750	1044	1067	1248	1442	1519
4800	1007	1029	1214	1403	1482
4850	967	990	1181	1365	1446
4900	930	951	1148	1327	1410

Продолжение табл. III.5

Высота от уровня верха головки рельсов, мм	Расстояние, мм, от вертикальной оси пути до очертания				
	габарита погрузки		степени негабаритности		
	нормально- го	льготного	1-й	2-й	4-й
4950	893	912	1114	1288	1374
5000	853	873	1081	1250	1338
5050	813	835	1047	1212	1301
5100	775	795	1013	1173	1265
5150	735	756	980	1135	1229
5200	697	717	947	1097	1192
5250	657	678	913	1058	1156
5300	625	640	880	1020	1120

Примечание. Промежуточные значения расстояний определяют интерполяцией.

Металлоконструкции длиной в пределах платформы разрешается грузить в соответствии с льготным габаритом погрузки для перевозки по всем железным дорогам СССР, кроме Дальневосточной. При размещении грузов на подвижном составе тележки вагонов должны быть загружены равномерно. При невозможности выполнения этого требования допускается смещение центра тяжести грузов от вертикальной плоскости, в которой находится поперечная ось вагона, не более чем на 1/8 базы вагона. При этом разница в загрузке тележек четырехосного вагона не должна превышать 10, шестиосного — 15 и восьмиосного — 20 т, а нагрузка, приходящаяся на каждую тележку — 1/2 грузоподъемности, установленной для вагона данного типа. Поперечное смещение общего центра тяжести от вертикальной плоскости, в которой находится продольная ось вагона, допускается не более 100 мм. В отдельных случаях при невозможности соблюдения этого требования вагоны догружают балластом.

Конструктивные элементы типа ферм, щитов и т. п., располагаемые на подвижном составе вертикально, неустойчивы и подвержены опрокидыванию с повреждением при этом подвижного состава и элементов обустройства железных дорог. Для предотвращения опрокидывания подобные элементы следует перевозить соединенными в устойчивый блок (транспортный пакет).

К пакетируемым конструкциям и транспортным пакетам предъявляют ряд требований:

максимальные размеры в поперечном сечении не должны превышать габарита погрузки;

длина при погрузке на открытый подвижной состав не более 13,5 м, при погрузке на спецплатформы — не более 18 м;

размеры и массу определяют в зависимости от типа конструкций, грузоподъемности подъемно-транспортного оборудования завода-изготовителя, монтажной организации, пункта перегрузки и т. п.;

неизменяемость формы и размеров пакета и сохранности груза на всем пути следования при выполнении погрузочно-разгрузочных, транспортных и складских операций;

устойчивость пакетов, а также возможность укладки их в штабеля в несколько ярусов по высоте (за исключением пакетов решетчатых элементов и криволинейных листовых конструкций);

выступающие детали, фасонки и другие соединительные элементы, крепление которых предусмотрено на болтах, должны быть установлены и надежно закреплены в местах, удобных для транспортировки; возможность проверки наличия отправочных элементов в пакете; элементы пакетирования должны обеспечить удобство и надежность закрепления пакетов на транспортных средствах и быстрое их освождение;

безопасность выполнения работ по формированию и расформированию пакетов при проведении погрузочно-разгрузочных, транспортных и складских операций.

При вертикальной погрузке конструктивных элементов типа колонн и балок необходимо также обеспечить их устойчивость при перевозке, что достигается постановкой дополнительных опорных элементов, подкосов и т. п.

Если длинномерный груз имеет опору на одну четырехосную платформу, а центр тяжести груза расположен в вертикальной плоскости, в которой находится поперечная ось вагона, максимальную массу груза в зависимости от его длины и типа платформы принимают по табл. III.6.

**Т а б л и ц а III.6. Максимальная длина длинномерных грузов, м, по «Техническим условиям» и «Инструкции»**

Платформа на тележке типа	Масса, т, не более								
	60	55	50	45	40	35	30	25	20
МТ-50	16	16,5	17,5	17,9	19	20,3	22	24,1	27
ЦНИИ-ХЗ	18	18,5	19	20	21	22,5	24	27	30

**П р и м е ч а н и е.** Расстояние от середины платформы до конца груза с каждой стороны должно быть не более половины длины груза, указанной в таблице.

Все конструктивные элементы, погруженные на подвижной состав, должны быть надежно закреплены на нем от перемещения во время движения. Способ крепления груза устанавливается по табл. III.7 в зависимости от его конфигурации и возможных перемещений.

**Т а б л и ц а III.7. Способы крепления груза по «Техническим условиям» и «Инструкции»**

Груз	Перемещения	Крепление
Штучный и тяжеловесный с плоскими опорами	Поступательные вдоль и поперек вагона	Торцовые и боковые стойки, бруски, растяжки и обвязки
	Опрокидывание вдоль и поперек вагона	Растяжки и обвязки, подкосы, каркасы, пирамиды

Груз	Перемещение	Крепление
Цилиндрической формы	Поступательные вдоль и поперек вагона Перекатывание вдоль и поперек вагона	Торцовые и боковые стойки, растяжки и обвязки Бруски, обвязки, растяжки
Однородный, уложенный штабелем	Продольные вдоль вагона и поперечный развал штабеля	Боковые стойки, обвязки, шиты, прижимы
Длинномерный	Продольные и поперечные, опрокидывание поперек вагона	Обвязки, растяжки, прижимы, подкосы, упоры

## 2. Расчет крепления грузов

При расчете крепления грузов учитывают следующие нагрузки, действующие на погружаемые элементы:

горизонтальные инерционные продольные силы  $F_{пр}$ , возникающие в результате соударения вагонов при движении поезда, во время маневров, в процессе торможения;

горизонтальные инерционные поперечные силы  $F_{п}$ , возникающие при движении вагона и при вписывании его в кривые переходные участки пути;

вертикальные силы  $F_{в}$ , вызванные ускорениями при колебаниях движущегося вагона;

давление ветра  $W_{п}$ ;

силу трения  $F_{тр}^{пр}$  и  $F_{тр}^{п}$ ;

массу груза  $Q_{гр}$ .

В связи с тем, что указанные силы во время движения достигают максимальных значений неодновременно, их учитывают в двух сочетаниях:

первое  $F_{пр} + F_{тр}^{пр} + Q_{гр}$ ;

второе  $F_{п} + F_{в} + W_{п} + F_{тр}^{п} + Q_{гр}$ .

Первое сочетание соответствует соударению вагонов при маневрах, роспуске с сортировочных горок, трогании, осаживании и торможении поезда; второе — движению поезда с наибольшей допускаемой на сети железных дорог скоростью.

Рассматриваемые силы приложены:

а) продольные, поперечные и вертикальные — в центре тяжести груза;

б) равнодействующая ветровой нагрузки — в центре тяжести наветренной площади подверженной действию ветра;

в) вертикальные и поперечные инерционные силы у длинномерных грузов, размещенных на сцепе из двух вагонов, — в центре тяжести

\* Единицы и обозначения величин приведены по «Техническим условиям погрузки и крепления грузов» и «Инструкции по перевозке негабаритных и тяжеловесных грузов на железных дорогах СССР колеи 1520 мм».

поперечных сечений грузов, расположенных в вертикальных плоскостях, проходящих через середину опор.

Продольная горизонтальная инерционная сила

$$F_{\text{пр}} = a_{\text{пр}} Q_{\text{гр}}, \quad (\text{III.1})$$

где  $a_{\text{пр}}$  — удельная продольная инерционная сила, принимаемая по табл. III.8.

Т а б л и ц а III.8. Удельная продольная инерционная сила  $a_{\text{пр}}$ , т, на 1 т массы груза по «Техническим условиям»

Крепление	Масса брутто вагона или сцены, т, с опорой груза на вагон			
	один		два	
	≤22	94	≤44	188

Упругое (проволочные растяжки, тяги и обвязки, деревянные упорные, распорные бруски, металлические по-  
лосовые обвязки)

1,2 1,97 1,2 0,86

Жесткое (болтовые и сварные соединения)

1,9 1,67 1,9 1,56

Т а б л и ц а III.9. Удельная поперечная сила  $a_{\text{п}}$ , т, на 1 т массы груза по «Техническим условиям»

Способ размещения груза с опорой на вагон	Расположение центра тяжести груза в вертикальной поперечной плоскости, проходящей через	Скорость движения, км/ч	
		90	100

Один	Середину вагона	0,28	0,33
»	Шкворневую балку	0,5	0,55
Два	—	0,35	0,4

Промежуточные значения  $a_{\text{пр}}$ :

$$a_{\text{пр}} = a_{22} - Q_{\text{гр}}^0 (a_{22} - a_{94})/72; \quad (\text{III.2})$$

$$a_{\text{пр}} = a_{44} - Q_{\text{гр}}^c (a_{44} - a_{188})/144, \quad (\text{III.3})$$

где  $Q_{\text{гр}}^0$  и  $Q_{\text{гр}}^c$  — общая масса груза в вагоне или на сцене;  $a_{22}$ ,  $a_{44}$ ,  $a_{94}$ ,  $a_{188}$  — удельная продольная инерционная сила, т, соответственно при массе брутто в вагоне 22 и 94 и на сцене 44 и 188 т.

Поперечная горизонтальная инерционная сила

$$F_{\text{п}} = a_{\text{п}} Q_{\text{гр}}, \quad (\text{III.4})$$

где  $a_{\text{п}}$  — удельная поперечная инерционная сила.

Если центр тяжести груза находится в вертикальных поперечных плоскостях, проходящих через середину вагона или шкворневую балку,  $a_{\text{п}}$  определяют по табл. III.9; если центр тяжести груза расположен в других вертикальных плоскостях,

$$a_{\text{п}} = a_c + 2(a_{\text{ш}} - a_e) l_{\text{гр}}/l_{\text{в}}, \quad (\text{III.5})$$

где  $a_c$ ,  $a_{ш}$  — см. табл. III.9;  $l_b$  — база вагона, м; ( $l_{гр}$  — расстояние от центра тяжести груза до вертикальной плоскости, проходящей через поперечную ось вагона, м.

Для длинномерных грузов, перевозимых на сцепках с опорой на два вагона,  $a_n$  принимают по табл. III.9.

Вертикальная сила

$$F_b = a_b Q_{гр}, \quad (III.6)$$

где  $a_b$  — удельная вертикальная сила, определяемая по формулам табл. III.10.

Таблица III.10. Удельная вертикальная сила  $a_b$ , т по «Техническим условиям»

Четырехосный вагон на тележке типа	Скорость движения, км/ч	Формулы для определения удельной вертикальной силы
ЦНИИ-ХЗ	90	$a_{b(90)} = 200 + Kl_{гр} + 1900/Q_{гр}^0$ (III.7)
	100	$a_{b(100)} = 250 + Kl_{гр} + 2140/Q_{гр}^0$ (III.8)
МТ-50	90	$a_b = 1,6(200 + Kl_{гр}) + 1900/Q_{гр}^0$ (III.9)

Примечание. В формулах:  $K = 5$  — с опорой на один вагон;  $K = 20$  — с опорой на два вагона;  $Q_{гр}^0 = 10$  т при массе груза менее 10 т.

Сила давления ветра

$$W_n = 490S_n, \quad (III.10)$$

где 490 — удельное ветровое давление, Па;  $S_n$  — площадь проекции поверхности груза, подверженной действию ветра, на вертикальную плоскость, проходящую через продольную ось вагона, м<sup>2</sup> (для цилиндрической поверхности  $S_n$  принимается равной половине площади проекции).

Сила трения:

а) при первом сочетании (в продольном направлении):

при размещении грузов с опорой на один вагон или два без применения турникетных опор

$$F_{тр}^{пп} = Q_{гр}\mu; \quad (III.11)$$

для длинномерных грузов, уложенных на двух турникетных опорах при одинаковой загрузке,

$$F_{тр}^{пп} = Q_{гр}(\mu + \mu_{ск})/2; \quad (III.12)$$

б) при втором сочетании (в поперечном направлении):

для грузов, размещенных с опорой на один вагон,

$$F_{тр}^n = Q_{гр}\mu(1000 - a_b); \quad (III.13)$$

для длинномерных грузов, размещенных с опорой на два вагона, для каждого вагона

$$F_{\text{тр}}^n = Q_{\text{гр}} \mu (1000 - a_{\text{в}}) / 2, \quad (\text{III.14})$$

где  $\mu$  — коэффициент трения груза по полу вагона, подкладкам или по опорной поверхности турникета;  $\mu_{\text{ск}} = 0,1$  — коэффициент трения поворотной-подвижной части турникета по неподвижной.

При укладке груза на подкладки или пол вагона, очищенные от грязи, снега, льда и смазки, при посыпке тонкого слоя песка на поверхность подкладок и пол вагона в местах опирания груза при трении металла по дереву коэффициент трения  $\mu$  принимают равным 0,4. Если указанные требования выполнить невозможно (например, поверхность груза смазана), значение коэффициента трения уменьшают.

Для длинномерных грузов, уложенных на две опоры, проверяют частоту собственных колебаний груза, увеличения или уменьшения которых достигают, изменяя расстояние между опорами, а также определяют допустимую ширину из условия вписывания в габарит погрузки на кривых участках пути. Если центр тяжести вагона с грузом находится на расстоянии от уровня верха головки рельса более 2300 мм или наветренная поверхность четырехосного вагона с грузом превышает 50 м<sup>2</sup>, а сцепа с опорой длинномерного груза на два вагона — 80 м<sup>2</sup>, проверяют поперечную устойчивость вагонов.

Если жесткость на изгиб длинномерного груза, уложенного на две опоры, менее 90 МПа, определяют частоту собственных колебаний

$$\omega = 10^2 K_p \sqrt{EI_n / Q}, \quad (\text{III.15})$$

где  $E$  — модуль упругости материала груза, Па;  $I_n = I_0 n$  — момент инерции поперечного сечения пакета груза, м<sup>4</sup>;  $I_0$  — момент инерции поперечного сечения единицы груза относительно горизонтальной оси, м<sup>4</sup>;  $n$  — количество единиц груза;  $Q$  — масса груза, т;  $K_p$  — коэффициент, принимаемый по табл. III.12.

Частоты собственных колебаний груза, определенные по (III.15), не должны превышать пределы диапазонов, приведенных в табл. III.11. Они зависят от расстояния между опорами.

Таблица III.11. Диапазоны частот собственных колебаний грузов по «Техническим условиям»

Тип четырехосного вагона	Тип тележки	Рекомендуемые диапазоны частот собственных колебаний грузов, Гц
Полувагон грузоподъемностью 63—65 т	ЦНИИ-ХЗ	0—1,6; 3,4—4,7; 17,2—21,7; 54,3—∞
	МТ-50	0—2,6; 11,2—21,7; 54,3—∞
Платформа грузоподъемностью 62—65 т	ЦНИИ-ХЗ	0—1,6; 3,4—9,7; 18,7—26,6; 55,2—∞
	МТ-50	0—2,3; 4,7—9,7; 18,7—26,6; 55,2—∞

Т а б л и ц а III.12. Коэффициенты  $K_p$  для определения частоты собственных колебаний груза по «Техническим условиям»

Расстояние между опорами, м	Длина груза, м									
	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
8	3,91	4,42	4,96	5,48	6,04	6,59	7,16	7,70	8,27	8,82
9	3,41	3,93	4,48	5,04	5,59	6,16	6,72	7,29	7,84	8,42
10	2,83	3,39	3,96	4,54	5,13	5,68	6,25	6,81	7,39	7,99
11	2,14	2,78	3,41	4,01	4,60	5,18	5,77	6,34	6,94	7,53
12	1,2	2,04	2,74	3,40	4,03	4,64	5,25	5,83	6,41	7,02
13	—	1,14	2,01	2,75	3,43	4,08	4,70	5,31	5,92	6,53
14	—	—	1,14	2,01	2,77	3,46	4,12	4,76	5,56	6,01
15	—	—	—	1,13	2,01	2,77	3,47	4,16	4,80	5,43
16	—	—	—	—	1,17	2,03	2,80	3,68	4,20	4,86
17	—	—	—	—	—	1,21	2,06	2,85	3,57	4,14
18	—	—	—	—	—	—	1,25	2,11	2,89	3,62
19	—	—	—	—	—	—	—	1,29	2,14	2,93

Примечание. Промежуточные значения  $K_p$  определяют интерполированием.

### 3. Подвижной состав

Металлоконструкции в большинстве случаев перевозят в полувагонах (гондолах) и на платформах, основные размеры которых приведены на рис. III.2 и в табл. III.13. Применение транспортеров для транспортирования металлоконструкций ограничено и должно быть экономически обосновано.

Т а б л и ц а III.13. Характеристика железнодорожного подвижного состава грузоподъемностью 63 т по «Техническим условиям»

Характеристика	Размеры, мм	
	Четырехосная платформа	Четырехосный полувагон
Длина внутри	13 274	12 004
Ширина внутри	2770	2900
Высота борта	505	1880
Высота пола от уровня головки рельса	1296	1390
Длина элементов, погружаемых на:		
одну платформу или полувагон	≤ 14 200	≤ 13 700
сцеп из двух платформ	14 200—17 500	
сцеп из трех платформ	> 17 500	

Примечания: 1. Длина элементов дана для случаев погрузки с опорой на одну платформу или полувагон. 2. В таблице дана длина элементов типа колонн, больших балок составного сечения, ферм, рам, газгольдеров, труб большого диаметра и т. п.; длина остальных элементов должна быть при погрузке на платформу не более 13 190, в полувагон — не более 11 920 мм. 3. Все погружаемые элементы должны быть оснащены деталями для крепления на подвижной состав.

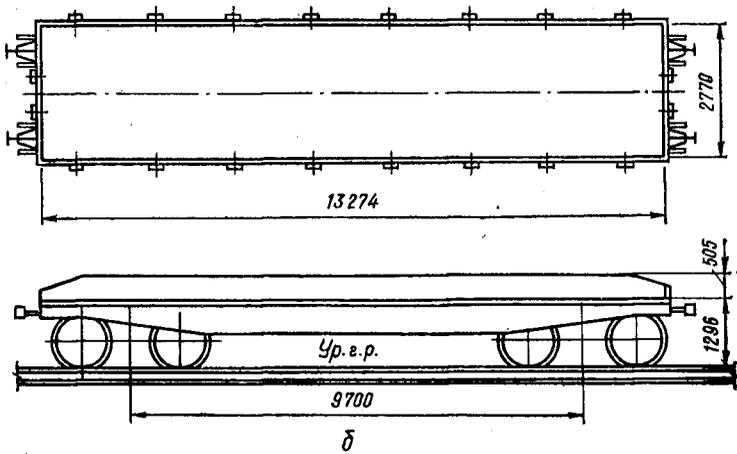
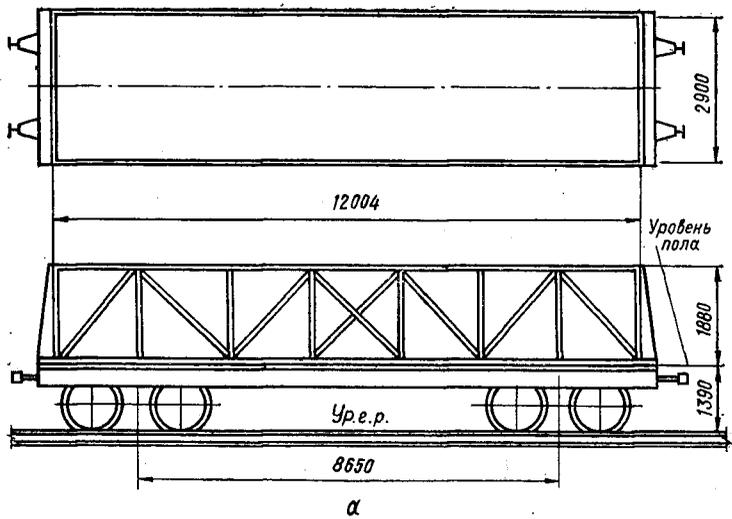


Рис. III.2. Подвижной состав. Основные размеры:  
 $\alpha$  — полувагон (гондола);  $\delta$  — платформа.



## Раздел IV

### КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

#### IV. 1. КОЛОННЫ И СТОЙКИ

Колонны и стойки — конструктивные элементы, предназначенные для восприятия нагрузок от покрытия, подкрановых балок, перекрытий, рабочих площадок, ограждающих конструкций и других и передачи их на фундаменты или другие поддерживающие конструкции.

Различают колонны и стойки постоянного сечения по высоте и ступенчатые, сплошностенчатые (между поясами сплошная стенка) и решетчатые или сквозные (пояса соединены решеткой). Колонны многоэтажных зданий выполняют в виде двутавров (сварных, прокатных) или коробчатого сечения.

При конструировании колонн соблюдают следующие конструктивные требования. Поясные швы сплошностенчатых колонн, ветвей составных колонн выполняют автоматической и полуавтоматической сваркой. В центрально-сжатых колоннах и стойках из сварных двутавров допускаются односторонние поясные швы, при этом в узлах крепления связей, балок, распорок и т. п. в зоне передачи усилий — двусторонние, выходящие за пределы прикрепляемого элемента, (узла) на длину  $30 k_f$  с каждой стороны.

Односторонние угловые швы для прикрепления ребер жесткости диафрагм, для поясных швов не допускается использовать в конструкциях, эксплуатируемых в средне- и сильноагрессивной среде в  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $II_2$  и  $III_3$  климатических районах.

Элементы решетки колонн к ветвям крепят с помощью фасонки (при нешироких горизонтальных листах ветви) и без них (при достаточно развитых горизонтальных ветвях и небольших усилиях в элементах решетки). Решетку колонн из уголков располагают перьями внутрь колонны. Фасонки для крепления решетки приваривают к ветвям колонны внахлестку или встык, голщины угловых швов назначают по расчету, располагая их в шахматном порядке с двух сторон фасонки в виде отдельных участков; расстояние между концами таких швов не более 15 толщин фасонки. В конструкциях, возводимых в климатических районах  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $II_2$  и  $III_3$ , а также с применением ручной дуговой сварки швы должны быть непрерывными по всей длине фасонки.

Монтажные стыки колонн выполняют с фрезерованными торцами, сварными встык, на накладках со сварными швами или болтами, в том числе и высокопрочными. Допускаются монтажные стыки колонн, в которых сжимающие усилия передаются через фрезерованные торцы, а растягивающие — с помощью накладок на сварке или болтах, а также фланцевое соединение с передачей сжимающих усилий посред-

ством плотного касания фланцев, а растягивающих — болтами или сварными швами по контуру фланца или торца колонны.

Отправочные элементы сквозных колонн укрепляют диафрагмами, которые располагают у колонн с решетками в двух плоскостях у концов отправочного элемента, у колонн с решеткой в одной плоскости — не реже, чем через 4 м.

Опорной частью колонн, предназначенной для передачи усилия с колонны на фундамент, служит база с опорной плитой. При безвыверочном монтаже плиту на заводе к колонне не приваривают и монтируют отдельно. Стержень колонны опирается на опорную плиту через фрезерованную поверхность плиты и торца колонны или через сварные угловые швы. Конструкция базы колонны подкрановой траверсы должна обеспечивать возможность выполнения сварных работ и контроля качества сварных швов.

Для прохода вдоль крановых путей, если габариты мостовых кранов не позволяют организовать проход вне стенки колонны, в ней выполняют проем с размерами для прохода не менее 400 по ширине и 1800 мм по высоте. Участок стенки, ослабленный проемом, усиливают.

## **IV.2. ПОДКРАНОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ**

Подкрановые конструкции производственных зданий: подкрановые балки, воспринимающие вертикальные и горизонтальные крановые нагрузки и передающие их на колонны; тормозные балки или фермы, воспринимающие горизонтальные нагрузки от торможения тележки крана и передающие их на верхний пояс подкрановой балки; вертикальные и горизонтальные связи, обеспечивающие необходимую жесткость и неизменяемость конструкций; крановые рельсы и упоры.

Особенности работы подкрановых балок: восприятие динамической, многократно повторяющейся нагрузки и значительных крутящих моментов, возникающих от приложенной к верхнему поясу горизонтальной нагрузки от торможения крана, а также в результате смещения кранового рельса с оси подкрановой балки. Учитывая особенности работы подкрановых балок, предъявляют повышенные требования к материалу, из которого они изготовлены, их конструктивному решению, качеству изготовления, монтажа.

Подкрановые балки различают:

- а) по расчетной схеме — разрезные и неразрезные;
- б) по конструктивной схеме — балки сплошного сечения, подкрановые фермы, подкраново-подстропильные фермы;
- в) по материалу — из одной марки стали и биметаллические (пояса и опорные ребра из низколегированной стали, стенка и промежуточные ребра жесткости из углеродистой).

Расчетную и конструктивную схемы подкрановых балок принимают в зависимости от общей конструктивной схемы каркаса здания, технологических требований, условий изготовления, монтажа и эксплуатации конструкций.

Наибольшее применение получили балки, изготовленные в виде сварных двутавров, поясные швы которых выполняют автоматической сваркой. Швы должны быть вогнутой формы с плавным переходом от направленного металла к основному. Верхние поясные швы выполняются с проваром на всю толщину стенки, в этом случае их следует считать равнопрочными со стенкой. Нижние поясные швы рассчитывают по формулам:

$$k_f \geq \sqrt{T^2 + V^2} / (2\beta_f R_{\omega f} \gamma_{\omega f} \gamma_c); \quad (\text{IV.1})$$

$$k_f \geq \sqrt{T^2 + V^2} / (2\beta_z R_{\omega z} \gamma_{\omega z} \gamma_c). \quad (\text{IV.2})$$

В этих формулах:

$T = QS/I$  — сдвигающее пояс усилие на единицу длины, вызываемое поперечной силой  $Q$ ; где  $S$  и  $I$  — соответственно статический момент брутто пояса балки и момент инерции брутто балки относительно ее нейтральной оси;  $V = \gamma_f F/l_{ef}$  — давление на единицу длины от колеса крана, где  $F$  — расчетное давление колеса крана, принимаемое без коэффициента динамичности;  $\gamma_f$  — коэффициент увеличения вертикальной сосредоточенной нагрузки на отдельное колесо мостового крана, учитывающий неравномерность распределения нагрузок между колесами и динамический характер нагрузок (принимают равным:  $\gamma_f = 1,6$  — для кранов группы режима работы 8К с жестким подвесом груза;  $\gamma_f = 1,4$  — то же с гибким подвесом;  $\gamma_f = 1,3$  — для кранов группы режима работы 7К;  $\gamma_f = 1,1$  — для остальных мостовых кранов);  $l_{ef} = c \sqrt{I_{if}/t}$  — условная длина распределения сосредоточенного груза, где  $c = 3,25$ ;  $I_{if}$  — сумма собственных моментов инерции пояса и кранового рельса (если рельс приварен с поясу швами, обеспечивающими их совместную работу,  $I_{if}$  — общий момент инерции рельса и пояса);  $t$  — толщина стенки балки;  $\beta_f$  и  $\beta_z$  — коэффициенты, принимаемые по табл. VI.7.

Толщину углового шва принимают равной большему из значений  $k_f$ , но не менее значений, указанных в табл. VI.1. Применение в поясных соединениях прерывистых сварных швов не допускается.

Заводские стыковые швы поясов и стенки выполняют встык без накладок автоматической двусторонней сваркой; односторонняя допускается в виде исключения с обязательной подваркой корня шва. Концы стыковых швов обязательно выводят за пределы стыка на выводные планки. В растянутых элементах балки число стыков принимают минимальным.

Стыковые швы стенки, расположенные параллельно ребрам жесткости, удаляют от них на расстояние не менее 10 толщин стенки.

В местах пересечения стыковых швов стенки балки с продольным ребром жесткости швы, прикрепляющие ребро к стенке, не доводят до стыкового шва на 40 мм.

Поперечные ребра жесткости в подкрановых балках ставят, если  $\bar{\lambda}_{\omega} > 2,2$ , расстояние между ними не должно превышать  $2h_{ef}$  при  $\bar{\lambda}_{\omega} > 3,2$  и  $2,5h_{ef}$  при  $\bar{\lambda}_{\omega} \leq 3,2$ . Здесь  $\bar{\lambda}_{\omega} = (h/t) \sqrt{R_y/E}$  — условная гибкость

стенки;  $h$  — высота балки,  $h_{ef}$  и  $t$  — расчетная высота и толщина стенки.

γ) Ширину выступающей части парного симметричного ребра принимают  $b_p \geq h_{ef}/30 + 40$  мм, для одностороннего ребра  $b_p \geq h_{ef}/24 + 50$  мм, но не менее 90 мм; толщина ребра  $t_s \geq 2b_p \sqrt{R_y/E}$ .

Торцы поперечных ребер жесткости должны быть плотно пригнаны к верхнему поясу балки; в балках под краны режимов работы 7К и 8К торцы ребер, примыкающие в верхнему поясу, необходимо строгать.

В балках под краны режимов работы 1К — 5К допускаются односторонние ребра жесткости с приваркой их к стенке, к верхнему поясу и расположением с одной стороны балки.

К поясам балок ребра жесткости приваривают швами с соотношением катетов 1 : 1,5, при этом швы должны иметь плавный переход к основному металлу. К стенке балки ребра жесткости приваривают швами минимальной толщины в соответствии с табл. VI.1. Участок стенки балки над опорой, укрепленный опорным ребром, рассчитывают на устойчивость из плоскости как стойку, нагруженную опорной реакцией.

Расчетное сечение этой стойки включает сечение опорного ребра и часть стенки шириной  $a = 0,65t \sqrt{E/R_y}$  с каждой стороны ребра, расчетную длину ее принимают равной высоте стенки.

Нижние торцы опорных ребер должны быть пристроганы. Швы, прикрепляющие опорные ребра к стенке, рассчитывают на восприятие опорной реакции, при этом в расчет вводят полную длину швов, толщину которых принимают не менее значений, указанных в табл. VI.1.

Крепление кранового рельса к верхнему поясу подкрановой балки зависит от типа кранового рельса:

рельсы специального профиля КР по ГОСТ 4121—76\* крепят с помощью специальных планок (табл. VIII.25); железнодорожные — крючьями (табл. VIII.26); брусковые при кранах режима работы 1К — 3К (легкий режим) приваривают к поясу балки, при кранах режимов работы 4К — 7К крепят с помощью планок, вставляемых в простроганные пазы бруска, на болтах, аналогично креплению рельсов КР.

Подкрановые балки пролетами 6 и 12 м для мостовых электрических кранов общего назначения грузоподъемностью до 50 т, режимов работы 1К — 7К изготовляют в соответствии с требованиями ГОСТ 23121—78.

Тормозные конструкции выполняют в виде сплошного листового настила с ребрами жесткости, располагаемыми через 1,5 м по длине балки, и пешеходной дорожкой из рифленой стали толщиной 4 и шириной 400—500 мм. Тормозные листы к верхним поясам подкрановых балок приваривают двумя сплошными швами. Конструкция примыкания тормозных листов к колоннам должна обеспечить передачу усилий продольного торможения на колонну. Допускается выполнение тормозных конструкций в виде ферм.

Разрезные подкрановые балки блиной до 12 м изготовляют в блоке

с тормозными конструкциями, горизонтальными связями и вспомогательными фермами, если размеры блока не превышают транспортного габарита и при этом обеспечиваются нормы загрузки подвижного состава.

### IV.3. ЭЛЕМЕНТЫ ПОКРЫТИЯ

Конструкции покрытий состоят из стропильных и подстропильных ферм и балок, конструкций фонарей, вертикальных и горизонтальных связей, прогонов.

В последнее время значительное развитие получили покрытия со структурными конструкциями из круглых труб, с пространственными решетчатыми конструкциями из труб типа «Кисловодск», «Молодечно», «Модуль», ЦНИИСК и др. В связи с тем, что эти конструкции изготовляют на специализированных заводах, в данной главе они не рассматриваются.

Стропильные фермы могут быть двускатные и односкатные, полигональные и с параллельными поясами, с опорным раскосом восходящим и нисходящим, с жестким и шарнирным сопряжением с колоннами; подстропильные фермы, как правило, — с параллельными поясами, реже другого очертания (треугольные).

Стропильные и подстропильные фермы выполняют: пояса и решетка — из прокатных уголков (парных и одиночных); пояса — из тавров (половинок широкополочных двутавров), решетка — из уголков (парных одиночных); пояса — из широкополочных двутавров, решетка — из замкнутых гнутосварных профилей или широкополочных двутавров; из электросварных или горячекатаных труб.

При конструировании ферм из уголков соблюдают следующие требования.

В фермах с элементами из уголков или тавров соединение элементов в узлах ферм принимают шарнирным. Стержни сварных ферм центрируют по центрам тяжести сечения (с округлением до 5 мм), в болтовых фермах — по рискам уголков. При изменении сечений элементов эксцентриситет в месте перехода сечения не учитывают, если он не превышает 1,5 % высоты пояса в тяжелых фермах и 5 — в легких. При больших эксцентриситетах элементы ферм рассчитывают с учетом дополнительных моментов.

Для ферм пролетом 36 м и более предусматривают строительный подъем, равный прогибу от постоянной и длительной нагрузок. При плоских кровлях независимо от пролета фермы его принимают равным прогибу от суммарной нормативной нагрузки плюс 1/200 пролета.

Расстояние между краями элементов решетки и пояса в узлах ферм должно быть не менее  $a = 6t - 20 \text{ мм} \leq 80 \text{ мм}$ , где  $t$  — толщина фасонки, мм. Элементы решетки приваривают двумя фланговыми и одним лобовым швами или двумя фланговыми, концы которых выводят на торец уголка на 20 мм.

В расчетах прикреплений стержней фермы учитывают фланговые швы длиной не менее 60 мм и лобовые, выполненные на всю длину торца. Усилия, действующие на сварные швы у обуха и пера уголков,

обратно пропорциональны расстояниям этих швов от центра тяжести сечения элемента.

#### Коэффициенты распределения усилия для уголков

Равнополочных:	
у обушка . . . . .	0,7
у пера . . . . .	0,3
Неравнополочных, спаренных широкой полкой:	
у обушка . . . . .	0,68
у пера . . . . .	0,32
Неравнополочных, спаренных узкой полкой:	
у обушка . . . . .	0,75
у пера . . . . .	0,25

При назначении толщин фасонки ферм руководствуются указаниями типовых серий, при этом в каждой ферме применяют не более двух толщин с разницей не более 4 мм.

Между торцами стыкуемых элементов поясов ферм, перекрываемых накладками, оставляют зазор не менее 50 мм. Расстояние между ближайшими краями стыковой накладки и узловой фасонки принимают не менее удвоенной высоты поясного уголка, но не менее 200 мм. Стропильные фермы с элементами из парных уголков с уклоном верхнего пояса 1,5 %, пролетами 18, 24, 30 и 36 м изготавливают по ГОСТ 23119—78.

Конструирование ферм с применением широкополочных двутавров и замкнутых гнутосварных профилей имеет свои особенности.

Соединение элементов в узлах таких ферм принимают шарнирным, если отношение высоты сечения к длине элементов не превышает 1/10 — для конструкций, эксплуатируемых во всех климатических районах, кроме I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, II<sub>2</sub> и III<sub>3</sub>, для которых это отношение не должно превышать 1/15. При невыполнении данного условия учитывают дополнительные изгибающие моменты в элементах от жесткости узлов.

#### 1. Расчет швов прикрепления раскоса к поясам ферм из двутавровой балки с параллельными гранями полок

##### 1. Усилия на швы (рис. IV.1, а):

а) по несущей способности

$$N_1 = A_f R_y; \quad N_2 = A_w R_y;$$

б) по заданным усилиям

$$N_1 = NA_f/A + M/(h_w + t_f); \quad N_2 = NA_w/A; \quad M_{ст} = MA_w/2A.$$

##### 2. Размеры швов:

$$а) \quad t_1 \geq \sqrt{(t_1')^2 + (t_1'')^2}, \quad (IV.3)$$

где  $t_1' \geq 0,6N_1 \cos(\alpha/2)/(R_{wf} l_{w1})$ ;  $t_1'' \geq 0,6N_1 \sin(\alpha/2)/(R_{wf} l_{w1})$ ;  $k_1 \geq 0,6N_1/(R_{w2} l_{w1})$ ;  $k_1 \sin \alpha \leq 1,6t_f$ ;  $B_1 \geq \sqrt{(B_1')^2 + (B_1'')^2}$ ,

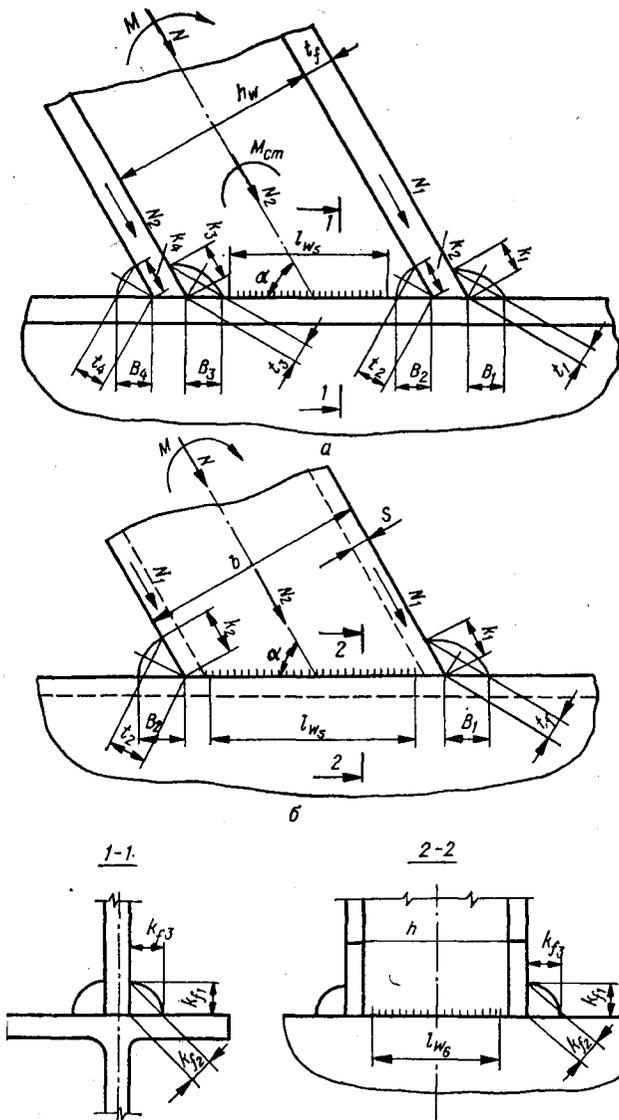


Рис. IV.1. Крепление к поясам стропильных ферм раскосов: а — из балки двутавровой; б — из гнутосварного коробчатого профиля.

где  $B_1' \geq 0,6 N_1 \sin \alpha / (R_{\omega y} l_{\omega_1})$ ;  $B_1'' \geq 0,6 N_1 \cos \alpha / (R_{\omega l} l_{\omega_1})$ ;  $B_1' \geq 0,6 N_1 \cos \alpha / (R_{\omega z} l_{\omega_1})$ ;  $B_1''$  — принимают по максимальному значению;

$$b) t_2 \geq \sqrt{(t_2')^2 + (t_2'')^2} + \Delta; \quad (IV.4)$$

где  $t'_2 = 0,6N_1 \sin(\alpha/2)/(R_{\omega y} l_{\omega_2})$ ;  $t''_2 = 0,6N_1 \cos(\alpha/2)/(R_{\omega f} l_{\omega_2})$ ;  
 $k_2 \geq 0,6N_1/(R_{\omega z} l_{\omega_2})$ ;  $k_2 \sin \alpha \leq 1,4t_f$ ;

$$B_2 \geq \sqrt{(B'_2)^2 + (B''_2)^2},$$

где  $B'_2 \geq 0,6N_1 \sin \alpha/(R_{\omega y} l_{\omega_2})$ ;  $B''_2 \geq 0,6N_1 \cos \alpha/(R_{\omega f} l_{\omega_2})$ ;  $B''_2 \geq 0,6N_1 \cos \alpha/(R_{\omega z} l_{\omega_2})$ ;  $B_2$  — принимают по максимальному значению;

$$в) t_3 \geq \sqrt{(t'_3)^2 + (t''_3)^2}, \quad (IV.5)$$

где  $t'_3 \geq 0,6N_1 \cos(\alpha/2)/(R_{\omega y} l_{\omega_3})$ ;  $t''_3 \geq 0,6N_1 \sin(\alpha/2)/(R_{\omega f} l_{\omega_3})$ ;  $k_3 \geq 0,6N_1/(R_{\omega z} l_{\omega_3})$ ;  $k_3 \sin \alpha \leq 1,4t_f$ ;  $B_3 \geq \sqrt{(B'_3)^2 + (B''_3)^2}$ ,

где  $B'_3 \geq 0,6N_1 \sin \alpha/(R_{\omega y} l_{\omega_3})$ ;  $B''_3 \geq 0,6N_1 \cos \alpha/(R_{\omega f} l_{\omega_3})$ ;  $B''_3 \geq 0,6N_1 \cos \alpha/(R_{\omega z} l_{\omega_3})$ ;  $B_3$  — принимают по максимальному значению;

$$г) t_4 \geq \sqrt{(t'_4)^2 + (t''_4)^2}, \quad (IV.6)$$

где  $t'_4 \geq 0,6 \sin(\alpha/2)/(R_{\omega y} l_{\omega_4})$ ;  $t''_4 \geq 0,6 \cos(\alpha/2)/(R_{\omega f} l_{\omega_4})$ ;  
 $k_4 \geq 0,6N_1/(R_{\omega z} l_{\omega_4})$ ;  $k_4 \sin \alpha \leq 1,6t_f$ ;

$B_4 \geq \sqrt{(B'_4)^2 + (B''_4)^2}$ , где  $B'_4 \geq 0,6N_1 \sin \alpha/(R_{\omega y} l_{\omega_4})$ ;  $B''_4 \geq 0,6N_1 \times$   
 $\times \cos \alpha/(R_{\omega f} l_{\omega_4})$ ;  $B''_4 \geq 0,6N_1 \cos \alpha/(R_{\omega z} l_{\omega_4})$ ;

$B_4$  — принимают по максимальному значению;

д) при  $N > 0$ ;  $M = 0$ ;

$$k_{f_1} \geq 0,6N_2/(R_{\omega z} l_{\omega_2}); \quad (IV.7)$$

$$k_{f_2} \geq 0,42N_2 \cos \alpha \sqrt{\text{tg}^2 \alpha / R_{\omega y}^2 + (2 + \text{tg}^2 \alpha) / R_{\omega f}^2 / l_{\omega_2}}; \quad (IV.8)$$

$$k_{f_3} \geq 0,6N_2 \cos \alpha \sqrt{\text{tg}^2 \alpha R_{\omega z}^2 + R_{\omega y}^2 / (l_{\omega_2} R_{\omega z} R_{\omega y})}; \quad (IV.9)$$

$k_f$  — принимают по максимальному значению.

При  $N > 0$ ;  $M > 0$  должны выполняться также условия:

$$6M_{\text{ст}} \sqrt{l_{\omega_2}^2 + k_{f_1}^2 / (k_{f_1} l_{\omega_2}^3 + l_{\omega_2} k_{f_1}^3)} \leq R_{\omega z}; \quad (IV.10)$$

$$6M_{\text{ст}} \sqrt{l_{\omega_2}^2 + 0,49k_{f_2}^2 / (0,7k_{f_2} l_{\omega_2}^3 + 0,5l_{\omega_2} k_{f_2}^3)} \leq R_{\omega f}; \quad (IV.11)$$

$$6M_{\text{ст}} / (0,7k_{f_2} l_{\omega_2}^2) \leq R_{\omega f}; \quad (IV.12)$$

$$6M_{\text{ст}} / (0,7k_{f_3} l_{\omega_2}^2) \leq R_{\omega z}. \quad (IV.13)$$

## 2. Расчет швов прикрепления раскоса из гнутосварных коробчатых профилей к поясам ферм

### 1. Усилия на швы (рис. IV.1, б):

а) по несущей способности

$$N_1 = N_2 = 1,2AR_y/4;$$

б) по заданным усилиям

$$N_1 = N/4 + M/(b - s); \quad N_2 = N/4; \quad M_{ст} = M(b - s)/(2A);$$

2. Размеры швов

$$а) \quad t_1 \geq \sqrt{(t_1')^2 + (t_1'')^2}, \quad (IV.14)$$

где

$$t_1' \geq N_1 \cos(\alpha/2)/(R_{\omega y} l_{\omega_s});$$

$$t_1'' \geq N_1 \sin(\alpha/2)/(R_{\omega f} l_{\omega_s});$$

$$k_1 \geq N_1/(R_{\omega z} l_{\omega_s}); \quad k_1 \sin \alpha \leq 1,6s;$$

$$B_1 \geq \sqrt{(B_1')^2 + (B_1'')^2},$$

где  $B_1' \geq N_1 \sin \alpha/(R_{\omega y} l_{\omega_s});$   $B_1'' \geq N_1 \cos \alpha/(R_{\omega f} l_{\omega_s});$   $B_1'' \geq N_1 \cos \alpha/(R_{\omega z} l_{\omega_s});$   $B_1''$  — принимают по максимальному значению;

$$б) \quad t_2 \geq \sqrt{(t_2')^2 + (t_2'')^2}, \quad (IV.15)$$

где  $t_2' \geq N_1 \sin(\alpha/2)/(R_{\omega y} l_{\omega_s});$   $t_2'' \geq N_1 \cos(\alpha/2)/(R_{\omega f} l_{\omega_s});$

$$k_2 \geq N_1/(R_{\omega z} l_{\omega_s}); \quad k_2 \sin \alpha \leq 1,6s;$$

$$B_2 \geq \sqrt{(B_2')^2 + (B_2'')^2},$$

где  $B_2' \geq N_1 \sin \alpha/(R_{\omega y} l_{\omega_s});$   $B_2'' \geq N_1 \cos \alpha/(R_{\omega f} l_{\omega_s});$   $B_2'' \geq N_1 \cos \alpha/(R_{\omega z} l_{\omega_s});$   $B_2''$  — принимают по максимальному значению;

в) при  $N > 0; M = 0;$

$$k_{f_1} \geq N_2/(R_{\omega z} l_{\omega_s}); \quad (IV.16)$$

$$k_{f_2} \geq 0,7N_2 \cos \alpha \sqrt{\text{tg}^2 \alpha / R_{\omega y}^2 + (2 + \text{tg}^2 \alpha) / R_{\omega f}^2} / l_{\omega_s}; \quad (IV.17)$$

$$k_{f_3} \geq N_2 \cos \alpha \sqrt{\text{tg}^2 \alpha R_{\omega z}^2 + R_{\omega y}^2} / (R_{\omega y} R_{\omega z} l_{\omega_s}); \quad (IV.18)$$

$k_f \geq k_{f_i}$  (2.3) — принимают по максимальному значению.

При  $N > 0; M > 0$  должны выполняться также условия:

$$M_{ст} \sqrt{(l_{\omega_s}/2)^2 + (k_{f_1}/2)^2} / [(k_{f_1} l_{\omega_s}^3/12) + (l_{\omega_s} k_{f_1}^3/12)] \leq R_{\omega z}; \quad (IV.19)$$

$$M_{ст} \sqrt{(l_{\omega_s}/2)^2 + (0,7k_{f_2}/2)^2} / [(0,7k_{f_2} l_{\omega_s}^3/12) + (0,5l_{\omega_s} k_{f_2}^3/12)] \leq R_{\omega f}; \quad (IV.20)$$

$$M_{ст} / (0,7k_{f_2} l_{\omega_s}^2/6) \leq R_{\omega f}; \quad (IV.21)$$

$$M_{ст} / (0,7k_{f_3} l_{\omega_s}^2/6) \leq R_{\omega z}. \quad (IV.22)$$

Обозначения, принятые в формулах:

$R_y$  — расчетное сопротивление стали растяжению, сжатию, изгибу по пределу текучести (табл. I.1 и I.2);  $R_{\omega y}$  — расчетное сопротивление стыковых сварных соединений сжатию, растяжению, изгибу по пределу текучести  $R_{\omega y} = 0,85 R_y$ ;  $R_{\omega f}$  — расчетное сопротивление

угловых швов срезу (условному) по металлу шва (табл. VI.9);  $R_{\omega z}$  — расчетные сопротивления угловых швов срезу (условному) по металлу границы сплавления (VI.10);  $A$  — площадь сечения брутто;  $A_f$  — площадь сечения полки балки;  $A_w$  — площадь сечения стенки балки;  $b_f$  — ширина полки балки;  $h_w$  — высота стенки балки;  $R$  — радиус закругления балки;  $t_f$  — толщина полки балки;  $t_w$  — толщина стенки балки;  $k_f$  — толщина углового шва;  $l_{\omega}$  — длина углового шва:  $l_{\omega_1} = l_{\omega_2} = b_f - 1$ ;  $l_{\omega_3} = b_f - 2 - 2R - t_w$ ;  $l_{\omega_4} = (h_w - 2R)/\sin \alpha$ ;  $l_{\omega_5} = l_{\omega_6} = h - 2(R + s)$ ;  $l_{\omega_7} = [b - 2(R + s)]/\sin \alpha$ ;  
 $(R + s)$  — закругление наружных граней гнутосварных профилей;  $b, h$  — стороны гнутосварных коробчатых профилей;  $\Delta = 0$  при  $45^\circ \leq \alpha < 90^\circ$ ;  $\Delta = 0,2$  см при  $35^\circ \leq \alpha < 45^\circ$ ;  $\Delta = 0,4$  см при  $25^\circ \leq \alpha \leq 35^\circ$ .

#### IV.4. БАЛОЧНЫЕ КЛЕТКИ

Балочные клетки широко применяют в строительстве.

По конструктивному решению сечений балки могут быть прокатными (из двутавров с параллельными гранями полок по ГОСТ 26020—83, двутавров по ГОСТ 8239—72\* и швеллеров по ГОСТ 8240—72\*) и составные (из листов или нескольких прокатных профилей).

Расположение балок между собой может быть:

этажным (отметка верха второстепенных балок выше отметки верха главных);

повышенным (отметка верха второстепенных балок выше, а низа — ниже отметки верха главных);

в одном уровне (верх главных и второстепенных балок находится на одной отметке);

пониженным (отметка верха второстепенных балок ниже отметки верха главных);

смешанным (в балочной клетке наблюдаются одновременно различные типы сопряжений балок).

Каждый из перечисленных типов сопряжений балок имеет свои преимущества, недостатки и применение их должно быть обосновано. При этажном и повышенном расположении балок проще узлы сопряжения, монтаж, однако выше строительная высота перекрытия. При расположении балок в одном уровне и пониженном меньше строительная высота перекрытия, но сложнее узлы сопряжения, выше трудоемкость изготовления и монтажа балок.

По конструктивному решению узлы сопряжения балок между собой и с колоннами бывают шарнирные и жесткие или рамные. В шарнирных в качестве монтажных соединений принимают болты класса точности В или высокопрочные, реже — монтажную сварку; в жестких — монтажную сварку или высокопрочные болты. При конструировании узлов сопряжений балок из прокатных профилей по возможности избегают вырезов и срезов полок газовой резкой.

Конструирование составных балок двутаврового профиля имеет ряд особенностей.

Поясные швы сварных балок выполняют непрерывными автоматической сваркой. В балках, воспринимающих статическую нагрузку, допускается применение односторонних поясных швов при условии: нагрузка приложена симметрично относительно поперечного сечения балки; устойчивость сжатого пояса балки обеспечена; в местах приложения к поясу балки сосредоточенных нагрузок установлены поперечные ребра жесткости.

Односторонние поясные швы не допускаются в балках: рассчитываемых с учетом развития пластических деформаций; эксплуатируемых в средне- и сильно агрессивной среде; возводимых в климатических районах I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, II<sub>2</sub> и II<sub>3</sub>; изготавливаемых из стали с  $R_{yn} > 390$  МПа; изготавливаемых с применением ручной сварки.

Двусторонние поясные швы сварных балок при действии неподвижной нагрузки рассчитывают по формулам (IV.1) и (IV.2) при действии подвижной нагрузки:

$$\sqrt{T^2 + V^2} / (2\beta_f \bar{k}_f) \leq R_{wf} \gamma_{wf} \gamma_c; \quad (IV.23)$$

$$\sqrt{T^2 + V^2} / (2\beta_2 \bar{k}_f) \leq R_{wz} \gamma_{wz} \gamma_c; \quad (IV.24)$$

Односторонние поясные швы при действии неподвижной нагрузки:

$$T / (\beta_f k_f) \leq R_{wf} \gamma_{wf} \gamma_c; \quad (IV.25)$$

$$T / (\beta_2 k_f) \leq R_{wz} \gamma_{wz} \gamma_c. \quad (IV.26)$$

Обозначения — см. пояснения к формулам (IV.1) и (IV.2).

Ребра жесткости сварных балок конструируют аналогично ребрам жесткости подкрановых балок. В балках с односторонними поясными швами и ребрами жесткости последние предусматривают со стороны стенки, противоположной расположению односторонних поясных швов.

Расстояние между ребрами принимают равным  $2h_{ef}$  при  $\bar{\lambda}_w > 3,2$  и  $2,5 h_{ef}$  при  $\bar{\lambda}_w \leq 3,2$  ( $h_{ef}$  и  $\bar{\lambda}_w$  см. раздел II.2). В местах приложения больших неподвижных сосредоточенных грузов и на опорах также устанавливают поперечные ребра. Ширину выступающей части ребра принимают: для парного ребра  $b_p > h_{ef}/30 + 40$  мм, для одностороннего ребра  $b_p > h_{ef}/24 + 50$  мм; толщину ребра  $t_p > 2b_p \sqrt{R_y/E}$ .

Стенки балок допускается укреплять односторонними поперечными ребрами жесткости из одиночных уголков, привариваемых к стенке пером.

Монтажные стыки балок составного сечения выполняют на сварке (встык или с накладками) или на высокопрочных болтах (с накладками).

Прокатные балки изготавливают из двутавров по ГОСТ 26020—83 и ГОСТ 8239—72\* и швеллеров по ГОСТ 8240—72\*. Предельные усилия и расчетные условные длины балок из прокатных профилей приведены в табл. IV.1. Расчет геометрических характеристик сварных двутавров симметричного сечения определяют по программе IV.1. с помощью микрокалькулятора.

Т а б л и ц а IV.1. Предельные усилия и расчетные условные длины балок

Профиль	Предельные значения при $\phi_0 = 1$						
	$M^H$ при $f/l$		$l_{ef}$ при $l_{ef}/b$ по формулам СНиП II-23-81*			$M_{II}$ и $Q_{II}$ для балок из стали 09Г2С	
	1/250	1/400	35	36	37	$M_{II}$	$Q_{II}$
	кН·м		м			кН·м	кН

Двутавры по ГОСТ 26020—83

23Б1	39	25	2,0	3,0	2,3	86	218
26Б1	53	33	2,2	3,3	2,5	103	253
30Б1	83	52	2,5	3,8	2,9	141	293
35Б1	133	83	2,7	4,1	3,1	192	362
35Б2	152	95	2,8	4,1	3,1	205	362
40Б1	208	130	2,9	4,3	3,2	249	435
40Б2	244	153	2,9	4,3	3,3	290	472
45Б1	329	206	3,1	4,6	3,5	349	547
45Б2	381	238	3,1	4,7	3,5	400	595
50Б1	490	306	3,4	5,1	3,9	468	683
50Б2	559	349	3,5	5,2	3,9	530	723
55Б1	734	459	3,8	5,7	4,3	636	816
55Б2	828	517	3,8	5,7	4,3	712	867
60Б1	1038	649	4,0	5,9	4,4	823	983
60Б2	1155	722	4,0	5,9	4,4	910	1030
70Б1	1660	1038	4,4	6,5	4,9	1120	1290
70Б2	1924	1202	4,4	6,6	5,0	1290	1370
80Б1	2630	1644	4,6	6,9	5,2	1560	1660
90Б1	4013	2508	4,9	7,3	5,5	2110	2070
100Б1	5880	3675	5,2	7,8	5,9	2610	2290
100Б2	6808	4255	5,2	7,8	5,9	3000	2460
100Б3	7748	4843	5,2	7,8	5,9	3380	2640
100Б4	8641	5400	5,2	7,8	5,9	3490	2670
20Ш1	35	22	3,3	4,9	3,7	91	200
23Ш1	56	35	3,3	4,9	3,7	117	237
26Ш1	82	51	3,8	5,6	4,3	154	284
26Ш2	98	61	3,9	5,7	4,4	181	308
30Ш1	137	86	4,1	6,1	4,6	222	376
30Ш2	161	101	4,3	6,2	4,8	256	404
30Ш3	185	116	4,3	6,2	4,8	291	432
35Ш1	261	163	5,1	7,6	5,8	363	519
35Ш2	291	182	5,3	7,8	6,0	401	550
35Ш3	331	207	5,5	8,0	6,1	452	584
40Ш1	453	283	6,1	9,2	7,0	549	601
40Ш2	523	327	6,4	9,5	7,2	628	730
40Ш3	590	369	6,6	9,7	7,4	701	799
50Ш1	803	502	5,7	8,6	6,5	781	859
50Ш2	956	598	6,0	8,8	6,7	920	1120
50Ш3	1110	694	6,1	9,0	6,8	987	1140
50Ш4	1268	792	6,3	8,9	6,8	1110	1220
60Ш1	1415	884	6,0	8,9	6,8	1140	1110
60Ш2	1738	1086	6,2	9,1	6,9	1300	1390
60Ш3	2069	1293	6,2	9,1	6,9	1520	1580
60Ш4	2406	1504	6,2	9,1	6,9	1750	1770
70Ш1	2268	1417	5,8	8,6	6,5	1560	1460
70Ш2	2709	1693	5,9	8,7	6,6	1720	1540

Профиль	Предельные значения при $\varphi_0 = 1$						
	$M^H$ при $l/l$		$l_{ef}$ при $l_{ef}/b$ по формулам СНиП II-23-81*			$M_{II}$ и $Q_{II}$ для балок из стали 09Г2С	
	1/250	1/400	35	36	37	$M_{II}$	$Q_{II}$
	кН·м		м			кН·м	кН

70ШЗ	3258	2036	5,8	8,7	6,5	2040	1860
70Ш4	3750	2343	5,8	8,6	6,5	2320	2130
70Ш5	4359	2724	5,8	8,6	6,5	2480	2240
35ДБ1	113	70	2,1	3,2	2,4	162	339
40ДБ1	172	108	2,3	3,4	2,6	216	414
45ДБ1	288	180	2,5	3,7	2,8	300	521
45ДБ2	380	238	3,1	4,7	3,5	397	546

*Двутавры по ГОСТ 8239—72\**

10	2,6	1,6	1,1	1,6	1,2	13	74
12	4,6	2,9	1,2	1,8	1,4	19	95
14	7,5	4,7	1,4	2,1	1,6	27	115
16	11,5	7,2	1,5	2,3	1,7	36	134
18	17,0	10,6	1,7	2,5	1,9	47	155
20	24,3	15,2	1,9	2,8	2,1	61	176

*Швеллеры по ГОСТ 8240—72\**

10	2,3	1,4	0,9	1,3	1,0	11	73
12	4,0	2,5	0,9	1,4	1,1	17	94
14	6,5	4,0	1,0	1,5	1,2	23	113
16	9,8	6,2	1,1	1,7	1,3	31	132
18	14,4	9,0	1,2	1,8	1,4	40	152
20	20,0	12,5	1,3	1,9	1,5	50	172
22	27,8	17,4	1,4	2,1	1,6	60	186
24	38,2	23,9	1,5	2,3	1,7	75	210
27	54,8	34,3	1,6	2,4	1,8	95	252
30	76,6	47,9	1,6	2,5	1,9	120	303
40	200,7	125,4	1,8	2,7	2,1	236	493

Примечания: 1. Предельные значения  $M^H$  определены при пролете балок  $l = 6$  м для статически определимых балок на двух опорах, нагруженных равномерно распределенной нагрузкой по формуле  $M^H = 9,6 \frac{EI}{l} \left( \frac{l}{7} \right)$ . 2. При пролетах, отличных от 6 м,  $M^H = 6M_T^H/l_{\phi}$ , где  $M_T^H$  — нормативный момент при  $l = 6$  м, определяемый по таблице;  $l_{\phi}$  — фактический пролет балки. 3. Предельные значения расчетной длины  $l_{ef}$ , при которой не требуется производить расчет на устойчивость, определены при  $R_y = 235$  МПа. 4. Предельные усилия  $M_{II}$  и  $Q_{II}$  при  $\gamma_c = 1$  определены по формулам (28) и (29) СНиП II-23-81\*. При марках стали, отличных от приведенных в таблице:  $M_I = M_T R_{y1}/R_y$ ;  $Q_I = Q_T R_{s1}/R_s$ , где  $M_T$  и  $Q_T$  — табличные значения предельных моментов и поперечных сил;  $M_I$  и  $Q_I$  — предельные моменты и поперечные силы для балок из марок сталей, отличных от 09Г2С;  $R_{y1}$  и  $R_{s1}$  — расчетные сопротивления стали 09Г2С;  $R_{y1}$  и  $R_{s1}$  — то же, сталей других марок. 5. Подбор сечений балок при  $\varphi_0 \neq 1$  производят с учетом коэффициента  $\varphi_0$ .

Программа IV.1. Расчет геометрических характеристик сварного двутавра симметричного сечения

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	ИПО	ИП1	×	ПД	2	×	ИП2	ИП3	×	ПС
1	+	П6	С/П	ИПС	ИП2	×	ПС	8	÷	ИП1
2	ИП2	+	ПВ	ИПД	2	÷	ПД	×	+	П7
3	С/П	ИПС	ИП2	×	1	2	÷	ИПД	ИПВ	$x^2$
4	×	+	П8	С/П	ИП8	ИП2	2	÷	ИП1	+
5	÷	П9	С/П	ИП8	ИП6	÷	√	ПА	С/П	ИПД
6	ИПО	↑	×	×	3	+	ПВ	С/П	ИПВ	2
7	×	ИПО	÷	ПС	С/П	ИПВ	ИП6	÷	√	ПД
8	С/П	$C_x$	arctg	БП	80					

Инструкция:  $B_{\Pi} = P_0$ ;  $\delta_{\Pi} = P1$ ;  $h_{ст} = P2$ ;  $\delta_{ст} = P3$ ; В/О; С/П;  $PX = P6 = A$ , С/П;  $PX = P7 = S_x^2$ ; С/П;  $PX = P8 = I_x^2$ ; С/П;  $PX = P9 = W_x$ ; С/П;  $PX = PA = i_x$ ; С/П;  $PX = PB = I_y$ ; С/П;  $PX = PC = W_y$ ; С/П;  $PX = PD = i_y$ ; С/П;  $PX = 00$ .

Общее время выполнения программы 25 с.

Все единицы величин — сантиметры.

Тестовый пример:  $B_{\Pi} = 20$  см,  $\delta_{\Pi} = 1$  см;  $h_{ст} = 18$  см;  $\delta_{ст} = 0,6$  см;  $A = 50,8$  см<sup>2</sup>;  $S_x = 214,3$  см<sup>3</sup>;  $I_x = 3901,6$  см<sup>4</sup>;  $W_x = 390,2$  см<sup>3</sup>;  $i_x = 8,76$  см;  $I_y = 1333,3$  см<sup>4</sup>;  $W_y = 133,3$  см<sup>3</sup>;  $i_y = 5,12$  см.

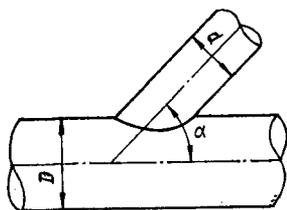
#### IV.5. ТРУБЧАТЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Стальные трубы благодаря симметричности и большой жесткости сечения являются одним из наилучших профилей для элементов, работающих на центральное и внецентренное сжатие. Хорошая обтекаемость поверхности благоприятно сказывается на работе трубчатых конструкций при больших ветровых воздействиях. Эти свойства позволили широко применять трубы в высотных конструкциях башен и мачт, предназначенных для теле- и радиовещания и т. п.

В трубчатых конструкциях применяют трубы бесшовные горячекатаные по ГОСТ 8732—78\* из стали марки 20 по ГОСТ 1050—74\*\* и трубы электросварные по ГОСТ 10704—76\* из стали марки ВСт3 по ГОСТ 380—88.

Для фигурной резки торцов труб при их бесфасоночных соединениях применяют газорезательные машины типа *Picom* (Япония). Технические возможности газорезательных машин приведены в табл. III.3. Параметры резки концов труб приведены в табл. IV.2.

Таблица IV.2. Параметры фигурной резки концов труб на машинах для газовой резки типа «Picom»



$D$  — диаметр магистральной трубы;  $d$  — диаметр штуцера;  
 $\alpha$  — угол наклона штуцера к магистральной трубе или к плоскости при пересечении трубы с плоскостью.

Тип машины	Параметры резки при пересечении труб		
	под углом $\alpha < 90^\circ$	под углом $\alpha = 90^\circ$	с плоскостью
«Picom-250»	$A' = \frac{D - \sqrt{D^2 - d^2}}{2 \sin \alpha}$ ; $B' = d \operatorname{ctg} \alpha$	$A' = \frac{D - \sqrt{D^2 - d^2}}{2}$ ; $B' = 0$	$A' = 0$ ; $B' = d \operatorname{ctg} \alpha$
«Picom-400»	$A = \frac{d}{2} \operatorname{ctg} \alpha$ ; $B = \frac{D}{2} \operatorname{cosec} \alpha$ ; $C = \frac{d}{D} 100$	$A = 0$ ; $B = \frac{D}{2}$ $C = \frac{d}{D} 100$	$A = \frac{d}{2} \operatorname{ctg} \alpha$ ; $B = 0$ ; $C = 0$

Одновременно с резкой трубы снимают фаску по торцу. В связи с тем, что резак машины в процессе резки располагается по отношению к трубе под постоянным углом, а угол раскрытия фаски в трубчатом соединении должен быть переменным, в параметры резки необходимо вносить поправку.

Для «Picom-250» при значениях  $\alpha$ , равных 25—50°, к параметру  $B$  необходимо прибавить поправку по табл. IV.3; для «Picom-400» поправка, взятая по табл. IV.3 и уменьшенная в 2 раза, прибавляется к параметру  $A$  при тех же значениях угла.

Таблица IV.3. Поправки параметров газорезательных машин

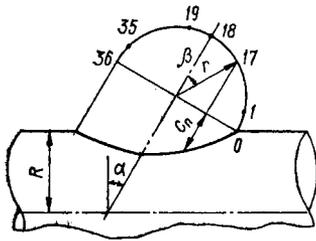
Толщина разрезаемой трубы $\delta$ , мм	Поправки $\Delta$ , мм, при угле пересечения труб $\alpha^\circ$						
	55	50	45	40	35	30	25
4	0,7	1,0	1,7	2,4	3,4	4,6	6,2
5	0,9	1,3	2,1	3,0	4,2	5,7	7,8
6	1,1	1,6	2,5	3,7	5,1	6,9	9,4
7	1,3	1,8	2,9	4,3	6,0	8,0	10,9
8	1,5	2,1	3,4	4,9	6,8	9,2	12,5
9	1,6	2,3	3,8	5,5	7,6	10,4	14,1
10	1,8	2,6	4,2	6,1	8,5	11,5	15,6
11	2,0	2,9	4,6	6,7	9,3	12,7	17,2

Продолжение табл. IV.3.

Толщина разрезаемой трубы $b$ , мм	Поправки $\Delta$ , мм, при угле пересечения труб $\alpha^\circ$						
	55	50	45	40	35	30	25
12	2,2	3,1	5,0	7,3	10,2	13,8	18,8
13	2,4	3,4	5,5	8,0	11,0	15,0	20,4
14	2,6	3,6	5,9	8,6	11,9	16,1	21,9
16	2,9	4,2	6,7	9,8	13,6	18,5	25,0
18	3,3	4,7	7,6	11,0	15,3	20,8	28,2
20	3,6	5,2	8,4	12,3	17,0	23,1	31,3

Примечания: 1. Поправки для промежуточных значений углов выбирать интерполированием. 2. Для «Pisom-400» поправки принимать с коэффициентом  $n = 0,5$ .

При необходимости ручной резки конца трубы для бесфасоночного примыкания делают наметку фигурного реза, для чего строят развертку, ординаты которой определяют по формуле (рис. IV.2)



$$c_n = \pm r \operatorname{tg} \alpha \sin \beta_i + (R - \sqrt{R^2 - r^2 \cos^2 \beta_i}) \operatorname{sec} \alpha + r \operatorname{tg} \alpha, \quad (\text{IV.27})$$

где  $R$  и  $r$  — соответственно радиусы магистральной трубы и штуцера;  $\alpha$  — угол

Рис. IV.2. Определение ординат развертки наклонного цилиндрического штуцера.

между осью штуцера и перпендикуляром к оси магистральной трубы;  $\beta_i$  — угол в интервале  $0-180^\circ$  через  $5^\circ$ ; 0—36 — номера точек.

#### IV.6. ВТОРОСТЕПЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

К ним относят площадки различного назначения, фахверк, оконные и фонарные переплеты и т. п.

Площадки представляют собой балочную клетку различной сложности, балки которой опирают на основные несущие конструкции здания, технологическое оборудование или его опоры, в необходимых случаях устанавливают специальные опоры для балок.

По балкам площадок уложен металлический или железобетонный настил. Металлический настил может быть сплошной или решетчатый. Сплошной изготавливают из рифленой или гладкой листовой стали с ребрами жесткости или без них. Толщину настила и сечение ребер жесткости площадок в зависимости от нормативной нагрузки принимают по табл. IV.4 и IV.5.

К решетчатым относят настилы из просечно-вытяжной стали по ГОСТ 8706—78\*, предельные нагрузки на который в зависимости от пролета приведены в табл. IV.6, штампованные типов «Батайск» по ТУ 36-2044-77 и «ВИСП» по ТУ 36-2370-82, изготавливаемые на специализированных заводах, а также площадок для металлургического

Т а б л и ц а IV.4. Толщина настила и сечение ребер жесткости площадок

Пролет настила $l$	Толщина настила $t_n$ и сечение ребер жесткости $b_p \times t_p$ , мм, при нормативной нагрузке на настил $q$ , кПа				
	10	12	15	18	20

Расстояние между ребрами  $a = 0,8$  м

1	$\frac{5}{60 \times 6}$	$\frac{6}{60 \times 6}$	$\frac{6}{90 \times 6}$	$\frac{8}{90 \times 6}$
1,2	$\frac{5}{60 \times 6}$	$\frac{6}{90 \times 6}$	$\frac{6}{90 \times 6}$	$\frac{8}{90 \times 6}$
1,5	$\frac{5}{90 \times 6}$	$\frac{6}{90 \times 6}$	$\frac{6}{100 \times 8}$	$\frac{8}{100 \times 8}$
1,8	$\frac{5}{100 \times 8}$	$\frac{6}{100 \times 8}$	$\frac{6}{120 \times 8}$	$\frac{8}{120 \times 8}$
2	$\frac{5}{100 \times 8}$	$\frac{6}{120 \times 8}$	$\frac{6}{120 \times 8}$	$\frac{8}{120 \times 8}$

Расстояние между ребрами  $a = 1$  м

1,2	$\frac{6}{90 \times 6}$	$\frac{8}{90 \times 6}$	$\frac{8}{100 \times 8}$	$\frac{10}{100 \times 8}$
1,5	$\frac{6}{100 \times 8}$	$\frac{8}{100 \times 8}$	$\frac{10}{100 \times 10}$	$\frac{10}{120 \times 10}$
1,8	$\frac{6}{120 \times 8}$	$\frac{8}{120 \times 8}$	$\frac{10}{120 \times 8}$	$\frac{10}{120 \times 10}$
2	$\frac{6}{120 \times 8}$	$\frac{8}{120 \times 8}$	$\frac{8}{120 \times 10}$	$\frac{10}{120 \times 10}$

Расстояние между ребрами  $a = 1,2$  м

1,5	$\frac{8}{100 \times 8}$	$\frac{8}{100 \times 8}$	$\frac{10}{120 \times 8}$	$\frac{12}{120 \times 8}$
1,8	$\frac{8}{120 \times 8}$	$\frac{8}{120 \times 10}$	$\frac{10}{120 \times 10}$	$\frac{12}{120 \times 10}$
2	$\frac{8}{120 \times 8}$	$\frac{8}{12 \times 10}$	$\frac{10}{150 \times 10}$	$\frac{12}{150 \times 10}$

Расстояние между ребрами  $a = 1,5$  м

1,8	$\frac{10}{120 \times 10}$	$\frac{10}{150 \times 10}$	$\frac{12}{150 \times 10}$	—
2	$\frac{10}{120 \times 10}$	$\frac{10}{150 \times 10}$	$\frac{12}{150 \times 10}$	—

Примечания: 1. В числителе — толщина настила, в знаменателе — сечение ребер жесткости. 2. При подборе толщины настила и ребер жесткости расчетное сопротивление принято  $R_y = 215$  МПа.

Т а б л и ц а IV.5. Толщина настила площадок  $t_n$  при отсутствии ребер жесткости

Пролет настила $l, \text{ м}$	Нормативная нагрузка, кПа							
	2	4	6	8	10	12	15	20
0,8	4	4	4	4	5	6	6	8
1	4	4	4	5	6	8	8	10
1,2	4	4	5	6	8	8	10	12
1,5	5	5	6	8	10	10	12	—
1,8	5	6	8	10	10	12	—	—
2	6	6	8	10	12	—	—	—

Примечание. При подборе толщины настила расчетное сопротивление  $R_y = 215 \text{ МПа}$ .

Т а б л и ц а IV.6. Предельные нагрузки на просечно-вытяжной настил, кН/м

Ширина листа, мм	Настил марки						
	406	506	508	510	606	608	610
500	4,7	7,9	13,7	21,6	9,7	19,1	28,8
600	3,9	6,6	11,4	18,0	8,1	15,9	24,0
700	3,2	5,6	9,7	15,2	6,8	13,4	20,3
800	2,9	5,0	8,6	13,5	6,1	11,9	18,0
900	2,6	4,4	7,6	12,0	5,4	10,6	16,0
1000	—	4,0	6,8	10,8	4,9	9,5	14,4
1100	—	3,6	6,2	9,8	4,4	8,7	13,1
1250	—	3,2	5,5	8,7	3,9	7,6	11,5
1400	—	2,8	4,9	7,7	3,5	6,8	10,3

Примечания: 1. Марка листа составлена из размера толщины заготовки и подачи. Например, марка листа 406 — толщина заготовки 4 мм, подача 0,6 мм. 2. Предельная сосредоточенная нагрузка приложена по середине пролета при защемленных концах. 3. Для равномерно распределенной нагрузки указанные в таблице значения предельных нагрузок увеличивают в 2,2 раза. 4. При свободном опирании концов настила табличные значения предельных нагрузок уменьшают в 2 раза. 5. Защемление настила на концах обеспечивают приваркой каждой полоски настила к балкам.

производства, работающих в условиях большой запыленности, в местах, где затруднена очистка площадок от пыли и снега, при повышенных требованиях к жесткости настила и допускаемой нормативной нагрузке до  $10 \text{ кН/м}^2$ .

Переход с площадки на площадку осуществляют с помощью лестниц. Площадки и лестницы имеют ограждения. Лестницы и ограждения изготавливают на специализированных заводах по ГОСТ 23120—78 и типовым сериям, однако в некоторых случаях по ряду причин требуется изготовление нетиповых конструкций.

Фахверк-каркас стен, воспринимающий нагрузки, действующие на стены, и передающий их на основной каркас здания и фундаменты, состоит из стоек, ригелей, элементов, обеспечивающих их устойчивость (связей, тяжей и т. п.), а также элементов, передающих на основной каркас здания горизонтальные и вертикальные усилия от стоек и ригелей фахверка. Основные узлы сопряжения элементов фах-

верка между собой и с конструкциями здания приведены в типовых сериях.

Оконные и фонарные переплеты изготавливают по типовым сериям на специализированных заводах.

Монорельсы — балки путей подвешного подъемно-транспортного оборудования изготавливают обычно из прокатных двутавров типа М по ГОСТ 19425—74\*. Для балок пролетом 6 м разработана типовая серия 1.426-1, вып. 3. Длину монорельсов на криволинейных участках определяют по формулам к эскизам 5—10 табл. П.3.



## Раздел V

### ЛИСТОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ

#### V.1. ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ

При разработке чертежей КМД предусматривают:

передачу сосредоточенных воздействий через элементы жесткости; в местах сопряжения оболочек различной формы плавные переходы для уменьшения местных напряжений;

выполнение всех стыковых швов двусторонней или односторонней сваркой с подваркой корня шва или на подкладках;

для швов с полным проплавлением возможность удаления корня шва наиболее простым способом (огневой резкой и зачисткой наждачным кругом и т. п.);

надписи о необходимости обеспечения плотности соединения конструкций и способа ее проверки в соответствии с имеющимися в чертежах КМ указаниями;

изломы образующих для цилиндрических и конических поверхностей («колена», конические переходы) не более  $30^\circ$ , а радиус поворота цилиндрических оболочек по оси цилиндров не менее одного диаметра цилиндра;

членение на отправочные марки, при котором используются возможности завода-изготовителя, требования транспортирования и производства монтажа, максимальной степени заводской готовности;

раскрой листового металлопроката с минимальными отходами;

решение узлов без пооперационных сборок;

минимальное количество технологических операций;

возможность применения для соединений автоматической сварки;

толщины и взаимное расположение швов, а также способы сварки, исключающие или уменьшающие концентрацию напряжений и деформаций в конструкциях;

рассредоточение сварных швов, расстояния между швами не менее десяти толщин свариваемых листов;

снижение расхода наплавленного металла путем уменьшения длины и толщины сварных швов;

учет конструктивных требований, предъявляемых к сварным соединениям;

установку подставок и распорок, обеспечивающих устойчивость и жесткость элементов на время изготовления, транспортирования и производства монтажа;

установку по центру тяжести элементов конструкций специальных проушин, соответствующих массе элементов, согласно документации на погрузку при транспортировании, а также при изготовлении и монтаже;

установку необходимых сборочных приспособлений для производства монтажных работ и дополнительных деталей для увязки конструктивных элементов на подвижном составе.

## **У.2. СОЕДИНЕНИЯ ЛИСТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ**

Для соединения деталей листовых конструкций применяют:

для разъемных (фланцевых) соединений — болты класса точности В по указаниям в чертежах КМ в соответствии с ГОСТ 7798—70\*, ГОСТ 7796—70\* и другими нормативными документами;

для неразъемных (сварных) — электросварные швы всех основных типов: стыковые, угловые, тавровые и внахлестку.

Стыковые швы выполняют двусторонней сваркой либо односторонней с подваркой корня шва или на подкладках (в исключительных случаях, когда невозможна подварка корня шва или сварка с полным проплавлением не обязательна).

В листовых конструкциях сварные соединения рекомендуется выполнять встык. Соединения листов толщиной 5 мм и менее, а также монтажные, разрешается осуществлять внахлестку, при этом необходимо учитывать трудоемкую, а часто и невозможную проверку этих швов на плотность.

Основные типы и конструктивные элементы сварных соединений принимаются при сварке:

автоматической и полуавтоматической под флюсом по ГОСТ 8713—79\* и ГОСТ 11533—75;

электродуговой в защитных газах по ГОСТ 14771—76\* (при сварке проволокой 0,8—1,2 мм основные типы и конструктивные элементы допускаются по ГОСТ 5264—80);

ручной электродуговой по ГОСТ 5264—80 и ГОСТ 11534—75.

Для ручной дуговой сварки рекомендуется применять электроды по ГОСТ 9467—75 типов:

Э42, Э46 — во всех конструкциях из углеродистых сталей обыкновенного качества по ГОСТ 380—88 (за исключением конструкций, где требуются электроды типа Э42А);

Э42А — в конструкциях из углеродистых сталей по ГОСТ 380—88: непосредственно воспринимающих динамическую или вибрационные нагрузки; работающих при температуре ниже  $-40^{\circ}\text{C}$ ; в листовых —

в швах растянутых и швах, расположенных в зоне действия краевых эффектов, крепления патрубков, горловин и т. п.;

Э46 — в конструкциях из термообработанных углеродистых сталей;

Э50, Э50А (в случаях, оговоренных для электродов Э42А) — из низколегированных сталей марок 09Г2С, 09Г2СД, 10Г2С1, 15ХСНД, 14Г2, 15ГС, 10Г2С1Д по ГОСТ 19282—73\*;

Э60А — из высокопрочных сталей марок 10ХСНД, 14Г2АФ, 16Г2АФ по ГОСТ 19282—73\*.

При сварке сталей с разными расчетными сопротивлениями применяют электроды, соответствующие сварке сталей более низкого расчетного сопротивления. При использовании для угловых швов сварочных материалов, соответствующих стали более высокого расчетного сопротивления, следует учитывать требования СНиП II-23-81\*.

Вид сварки угловых швов и марку сварочной проволоки (электродов) проставляют в чертежах КМД в соответствии с указаниями, приведенными в чертежах КМ.

### У.3. ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ПОВЕРХНОСТИ

#### 1. Сечения кругового цилиндра

При сечении кругового цилиндра радиуса  $R$  плоскостью, перпендикулярной к оси цилиндра, получаем окружность радиуса  $R$ ; наклонной к основанию цилиндра под углом  $\alpha$  (рис. V.1) — эллипс с полуосями:  $a = R/\cos \alpha$ ;  $b = R$ .

Координаты кривой сечения

$$x_i = R \sin \beta_i / \cos \alpha; \quad y_i = R \cos \beta_i.$$

Количество точек определяют из условий:

$$n \geq 6; \quad 120 \leq \pi R / (2n \cos \alpha) \leq 150.$$

Вычисления также производят на микрокалькуляторах по программе V.1. Значения  $R$  принимают в зависимости от узла сопряжения (рис. V.2).

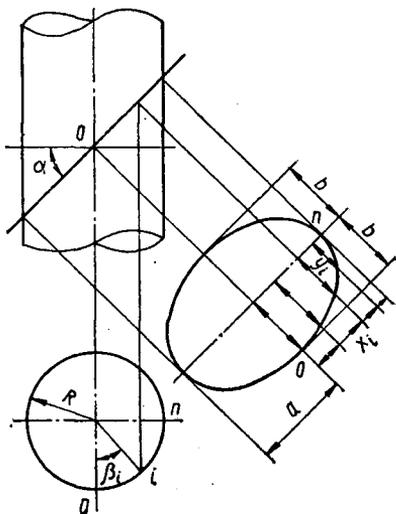


Рис. V.1. Сечение цилиндрической поверхности плоскостью.

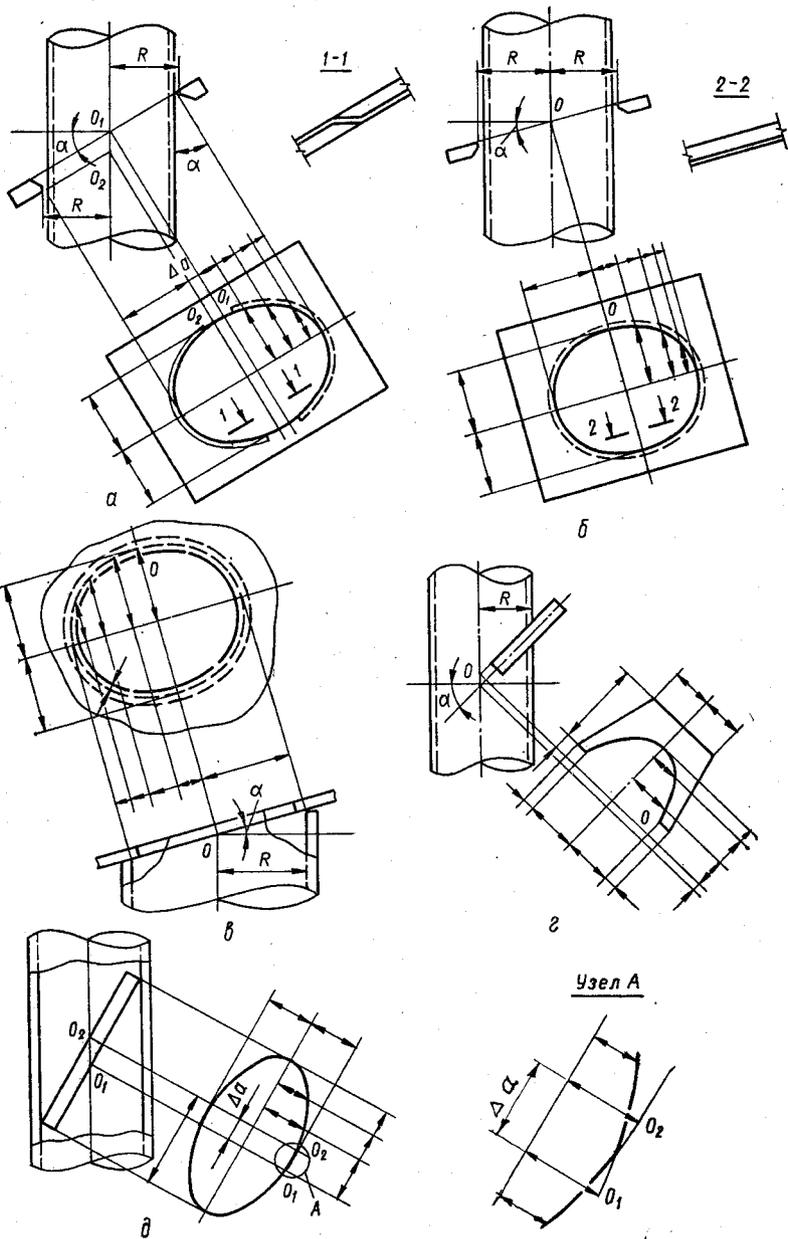


Рис. V.2. Примеры сопряжения секущих плоскостей с цилиндрическими поверхностями:

$a-\delta$  — конструкции узлов.

Программа V.1. Определение координат точек эллипса

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	П9	П1	ИП7	ИП8	cos	÷	П4	9	0	ИП9
1	÷	П6	1	П5	ИП5	ИП6	×	↑	cos	ИП7
2	×	ХУ	sin	ИП4	×	С/П	КИП5	L1	14	0
3	arctg	С/П	БП	29						

Инструкция:  $R = P7; \alpha^\circ = P8; n_T = PX; B/O; C/\Pi (\sim 11 c) PX = X_1; PY = Y_1; C/\Pi; (\sim 5,5 c) PX = X_2; PY = Y_2; C/\Pi \dots PX = X_{n_T}; PY = Y_{n_T} = 0; C/\Pi; (\sim 2 c) PX = 00.$

После окончания расчета можно повторить расчет для любой точки:  $N_T = PX; БП15; C/\Pi; PX = X_{N_T}; PY = Y_{N_T}.$

Можно также в любое время вычислить координаты точки кривой для произвольного угла:  $\alpha^\circ = PX; БП17; C/\Pi; PX = X_\alpha; PY = Y_\alpha.$

Тестовый пример:  $100 = P7; 20 = P8; 2 = PX; B/O; C/\Pi; PX = 75,248729; PY = 70,710681; P9 = 2; P5 = 1; P1 = 2; P4 = 106,41777; P6 = 45; C/\Pi; PX = 106,41777; PY = 0; P5 = 00000002; P1 = 00000001; C/\Pi; PX = 00; C/\Pi; PX = 00.$

2. Развертки цилиндрической поверхности

Ширина развертки  $h$  цилиндрической поверхности, усеченной плоскостями, перпендикулярными к оси цилиндра (рис. V.3), равна длине цилиндра; длина развертки  $l = 2\pi R_{cp}$ ; ординаты точек  $a$  и  $b$ ; 1.  $X_a =$

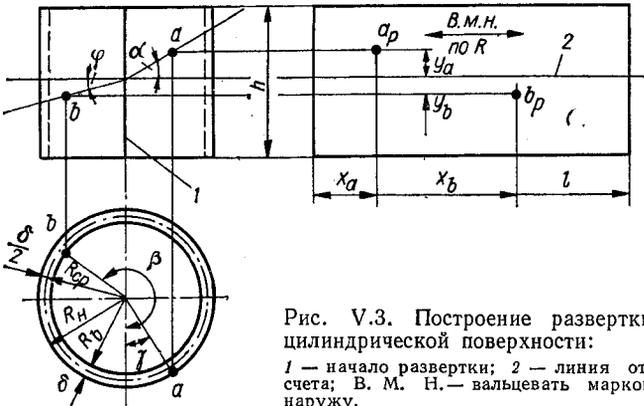


Рис. V.3. Построение развертки цилиндрической поверхности: 1 — начало развертки; 2 — линия отсчета; В. М. Н. — вальцевать маркой наружу.

$= R_{cp}\gamma; 2. Y_a = R_n \sin \gamma \operatorname{tg} a; 3. X_b = R_{cp}\beta; 4. y_b = Rb \sin \beta \operatorname{tg} a.$

Ширина развертки  $h$  цилиндрической поверхности, усеченной наклонной плоскостью (рис. V.4),

$l = 2\pi R_{cp}; m = b/4; a = m/n;$

$n$  — из условий:  $n \geq 6; 120 \leq \pi R/2n \leq 200;$

1.  $h_n = R_n \operatorname{tg} \alpha; 3. h_{ni} = R_n \operatorname{tg} \alpha \sin \beta_i = h_n K_n;$

2.  $h_b = R_n \operatorname{tg} \alpha; 4. h_{bi} = R_n \operatorname{tg} \alpha \sin \beta_i = h_b K_n,$

где  $R_n, R_n$  — соответственно внутренний и наружный радиусы цилиндра;  $\alpha$  — угол наклона секущей плоскости;

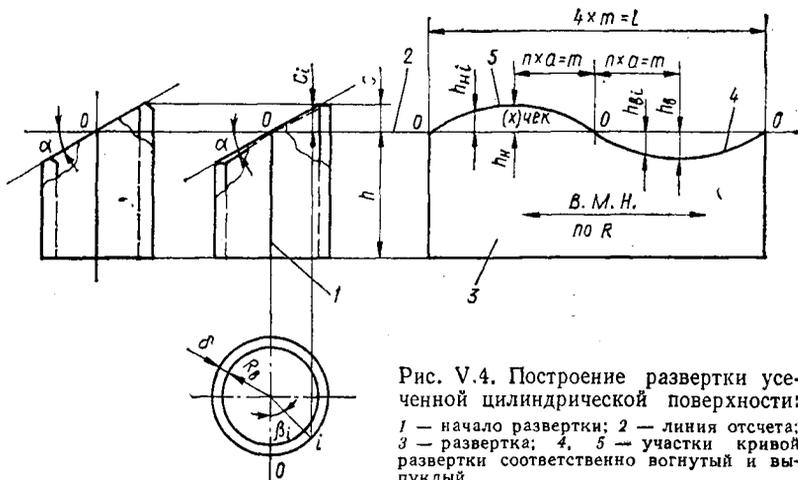
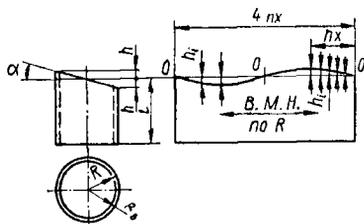


Рис. V.4. Построение развертки усеченной цилиндрической поверхности: 1 — начало развертки; 2 — линия отсчета; 3 — развертка; 4, 5 — участки кривой развертки соответственно вогнутый и выпуклый.

$\beta_i = 0; \frac{1 \cdot 90^\circ}{n}; \frac{2 \cdot 90^\circ}{n} \dots \frac{n \cdot 90^\circ}{n}$ ;  $K_n$  — коэффициенты, принимаемые по табл. V.1.

При определении выпуклости кривой развертки  $h_n, h_v$  значения  $R_v$  и  $R_n$  принимают в зависимости от конструкции узла сопряжения (см. рис. V.4).

Таблица V.1. Коэффициенты ( $K_n$ ) для определения разверток усеченного цилиндра



$$h = R \operatorname{tg} \alpha; h_i = h K_n$$

Номер точки	Радиусы цилиндров $R$ , мм						
	до 400	400—500	500—600	600—700	700—800	800—900	900—1000
0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
1	0,38388	0,30902	0,25682	0,22256	0,10509	0,17365	0,15643
2	0,70711	0,58779	0,50000	0,43389	0,38203	0,34302	0,30902
3	0,92388	0,80902	0,70711	0,62349	0,55557	0,50000	0,45399
4	1,00000	0,90510	0,86603	0,78183	0,70711	0,64279	0,58779
5	—	1,00000	0,96500	0,90097	0,83147	0,76604	0,70711
6	—	—	1,00000	0,97492	0,92388	0,86603	0,80902
7	—	—	—	1,00000	0,98079	0,93969	0,89101
8	—	—	—	—	1,00000	0,98481	0,95106
9	—	—	—	—	—	1,00000	0,98769
10	—	—	—	—	—	—	1,00000

Продолжение табл. V.1

Номер точки	Радиусы цилиндров, R, мм						
	1000—1100	1100—1200	1200—1300	1300—1400	1400—1500	1500—1600	1600—1700
0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
1	0,14332	0,13053	0,12054	0,11197	0,10453	0,09802	0,09227
2	0,23169	0,25882	0,23332	0,22252	0,20791	0,19509	0,18375
3	0,41541	0,38268	0,35460	0,33028	0,30902	0,29029	0,27367
4	0,54064	0,50000	0,46472	0,43389	0,40674	0,38268	0,36125
5	0,65486	0,60876	0,56806	0,53204	0,50000	0,47140	0,44574
6	0,75575	0,70711	0,66312	0,62349	0,58779	0,55557	0,52644
7	0,84124	0,79335	0,74851	0,70711	0,66913	0,63439	0,60264
8	0,90963	0,86603	0,82299	0,78183	0,74315	0,70711	0,67370
9	0,95949	0,92388	0,88546	0,84672	0,80902	0,77301	0,73901
10	0,98982	0,96593	0,93502	0,90097	0,86603	0,83147	0,79801
11	1,00000	0,99145	0,97094	0,94388	0,91355	0,88192	0,85022
12	—	1,00000	0,99271	0,97493	0,95106	0,92388	0,89516
13	—	—	1,00000	0,99371	0,97815	0,95694	0,93247
14	—	—	—	1,00000	0,99452	0,98079	0,96183
15	—	—	—	—	1,00000	0,99519	0,98297
16	—	—	—	—	—	1,00000	0,99573
17	—	—	—	—	—	—	1,00000

Номер точки	Радиусы цилиндров, R, мм						
	1700—1800	1800—1900	1900—2000	2000—2100	2100—2200	2200—2300	2300—2400
0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
1	0,08716	0,08258	0,07846	0,07473	0,07135	0,06824	0,06540
2	0,17365	0,16459	0,15643	0,14904	0,14232	0,13617	0,13053
3	0,25882	0,24549	0,23345	0,22252	0,21257	0,20346	0,19509
4	0,34202	0,32470	0,30902	0,29475	0,28173	0,26800	0,25882
5	0,42262	0,40170	0,38268	0,36534	0,34346	0,33488	0,32144
6	0,50000	0,47594	0,45399	0,43388	0,41542	0,39840	0,38268
7	0,57358	0,54694	0,52250	0,50000	0,47925	0,46007	0,44229
8	0,64279	0,61421	0,58779	0,56332	0,54016	0,51959	0,50000
9	0,70711	0,67728	0,64945	0,62349	0,59929	0,57668	0,55557
10	0,76604	0,73573	0,70711	0,68017	0,65487	0,63109	0,60876
11	0,81915	0,78914	0,76041	0,73305	0,70711	0,68255	0,65935
12	0,86603	0,83717	0,80902	0,78183	0,75574	0,73083	0,70711
13	0,90631	0,87948	0,85264	0,82624	0,80053	0,77571	0,75184
14	0,93969	0,91577	0,89101	0,86603	0,84156	0,81697	0,79335
15	0,96593	0,94582	0,92388	0,90007	0,87763	0,85442	0,83147
16	0,98481	0,96940	0,95106	0,93088	0,90963	0,88788	0,86603
17	0,99630	0,98636	0,97237	0,95557	0,93695	0,91721	0,89687
18	1,00000	0,99659	0,98769	0,97493	0,95949	0,94226	0,92388
19	—	1,00000	0,99692	0,98883	0,97715	0,96292	0,94693
20	—	—	1,00000	0,99720	0,98982	0,97908	0,96593
21	—	—	—	1,00000	0,99745	0,99069	0,98079
22	—	—	—	—	1,00000	0,99767	0,99145
23	—	—	—	—	—	1,00000	0,99786
24	—	—	—	—	—	—	1,00000

Номер точки	Радиусы цилиндров, R, мм						
	2400—2500	2500—2600	2600—2700	2700—2800	2800—2900	2900—3000	3000—3100
0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
1	0,06279	0,06038	0,05814	0,05607	0,05414	0,05234	0,05065
2	0,12533	0,12054	0,11609	0,11197	0,10812	0,10453	0,10117
3	0,18738	0,18026	0,17365	0,16751	0,16178	0,15644	0,15143
4	0,24869	0,23932	0,23062	0,22252	0,21497	0,20791	0,20130
5	0,30902	0,29751	0,28680	0,27684	0,26753	0,25882	0,25065
6	0,36813	0,35460	0,34202	0,33028	0,31930	0,30902	0,29936
7	0,42578	0,41041	0,39608	0,38269	0,36987	0,35837	0,34730
8	0,48175	0,46472	0,44880	0,43389	0,41989	0,40674	0,39435
9	0,53583	0,51734	0,50000	0,48372	0,46841	0,45399	0,44039
10	0,58779	0,56806	0,54951	0,53204	0,51555	0,50000	0,48530
11	0,63742	0,61672	0,59716	0,57868	0,56119	0,54464	0,52897
12	0,68455	0,66312	0,64279	0,62349	0,60517	0,58779	0,57127
13	0,72897	0,70711	0,68624	0,66635	0,64739	0,62932	0,61211
14	0,77051	0,74851	0,72737	0,70711	0,68770	0,66913	0,65137
15	0,80902	0,78718	0,76604	0,74564	0,72600	0,70711	0,68897
16	0,84433	0,82299	0,80212	0,78183	0,76216	0,74315	0,72479
17	0,87631	0,85578	0,83549	0,81556	0,79609	0,77715	0,75876
18	0,90483	0,88546	0,86603	0,84672	0,82769	0,80902	0,79078
19	0,92978	0,91190	0,89363	0,87522	0,85686	0,83867	0,82076
20	0,95106	0,93502	0,91822	0,90097	0,88351	0,86603	0,84864
21	0,96858	0,95472	0,93069	0,92388	0,90758	0,89101	0,87435
22	0,98229	0,97094	0,95799	0,94388	0,92908	0,91355	0,89781
23	0,99212	0,98362	0,97305	0,96092	0,94765	0,93358	0,91896
24	0,99803	0,99271	0,98481	0,97493	0,96355	0,95106	0,93775
25	1,00000	0,99817	0,99324	0,98587	0,97662	0,96593	0,95414
26	—	1,00000	0,99831	0,99371	0,98683	0,97815	0,96808
27	—	—	1,00000	0,99843	0,99414	0,98769	0,97953
28	—	—	—	1,00000	0,99853	0,99452	0,98847
29	—	—	—	—	1,00000	0,99863	0,99487
30	—	—	—	—	—	1,00000	0,99872
31	—	—	—	—	—	—	1,00000

Трубопроводы с изломом сопрягаются сечением трубопровода наклонной плоскостью под равными углами. Рекомендуемый угол наклона секущих плоскостей в этом случае не должен превышать 15°.

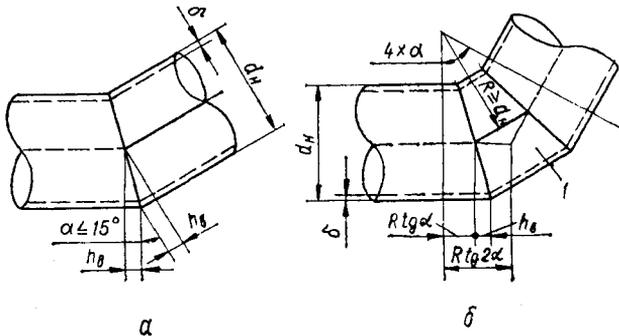


Рис. V.5. Сопряжение трубопровода с изломом: а — без вставки; б — со вставкой; R — радиус излома.

При угле излома больше  $30^\circ$  делают вставки (рис. V.5). Радиус излома должен быть не менее диаметра трубопровода.

При определении  $h_n$  и  $h_b$  учитывают узел соединения кромок трубопровода (рис. V.6). В соединении без разделки кромок при  $\delta \sin \alpha \leq 2$  мм принимают  $h_n = h_b$ .

Вычисления также производят на микрокалькуляторах по программе V.2.

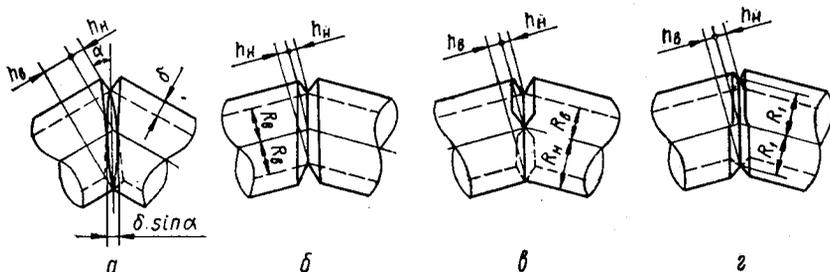


Рис. V.6. Соединение деталей «колена»:

а — без образования фаски; б — фаска с наружной стороны; в — фаски с наружной и внутренней стороны; г — двусторонняя фаска.

**Программа V.2. Определение ординат развертки боковой поверхности цилиндра, усеченного плоскостью под углом к его оси**

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

0	ИП7	$\pi$ ,	2	$\div$	$\times$	ИПД	$\div$	П4	КИП4	ИП4
1	С/П	П4	ПО	9	0	ХУ	$\div$	П2	ИП7	ИП8
2	tg	$\times$	П1	1	П5	ИП5	ИП2	$\times$	sin	ИП1
3	$\times$	С/П	КИП5	L0	25	0	arctg	С/П	БП	35

Инструкция:  $R = P7$ ;  $\alpha^\circ = P8$ ;  $\Delta l = P9$ ;  $V/O$ ;  $C/P$  ( $\sim 3,5$  с);  $PX = n_T$ ; [ $n_T = PX$ ]\*;  $C/P$  ( $\sim 9$  с);  $PX = h_1$ ;  $C/P$  ( $\sim 5$  с);  $PX = h_2$ ;  $C/P \dots PX = h_{n_T}$ ;  $C/P$  ( $\sim 2$  с)  $PX = 00 \dots$

Можно начать расчет непосредственно заданием желаемого количества точек:  $n_T = PX$ ; БП11;  $C/P$  \*; ...

После вычисления ординаты 1-й точки, не нарушая общего хода расчета, можно вычислить ординату любой точки вводом предложения:  $N_{T_i} = PX$ ; БП26;  $C/P$ ;  $PX = h_i$ .

Тестовый пример:  $1000 = P7$ ;  $30 = P8$ ;  $100 = P9$ ;  $V/O$ ;  $C/P$ ;  $PX = 16$ ;  $2 = PX$ ;  $C/P$ ;  $PX = 408,24831$ ;  $C/P$ ;  $PX = 577,35027$ ;  $C/P$ ;  $PX = 00$ .

*Параметры развертки цилиндрической поверхности, усеченной нормальной круговой цилиндрической поверхностью (рис. V.7):*

$$l = 2\pi R_{cp}; \quad m = l/4; \quad a = m/n; \quad n - \text{из условий: } n \geq 6; \quad 120 \leq \leq \pi r_{cp}/(2n) \leq 150; \quad h_i = R(1 - \cos \varphi_i), \quad \text{где } \sin \varphi_i = r \sin \beta_i/R; \quad \beta_i = 0^\circ; \quad 1 \cdot 90^\circ; \quad 2 \cdot 90^\circ \dots \frac{n \cdot 90^\circ}{n}.$$

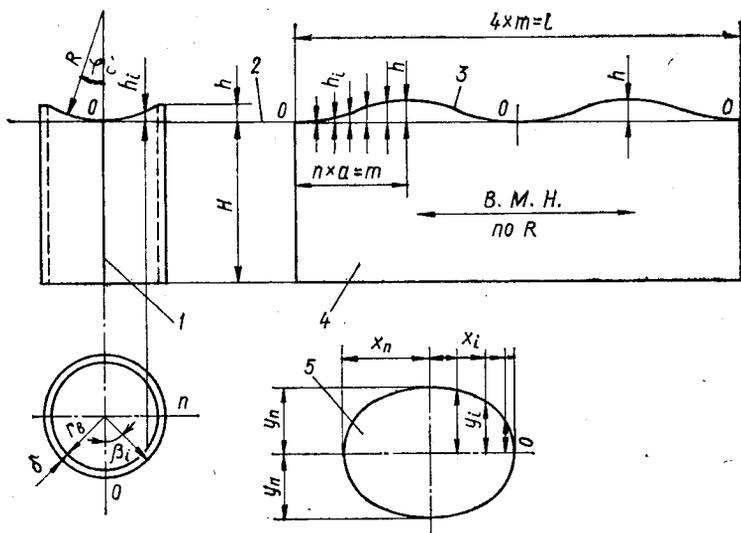


Рис. V.7. Построение развертки прямого цилиндрического штуцера: 1 — начало развертки; 2 — линия отсчета; 3 — кривая развертки; 4 — развертка; 5 — отверстие под штуцер.

При подсчете ординат кривой значения величин  $R$  и  $r$  принимают в зависимости от узла соединения (рис. V.8).

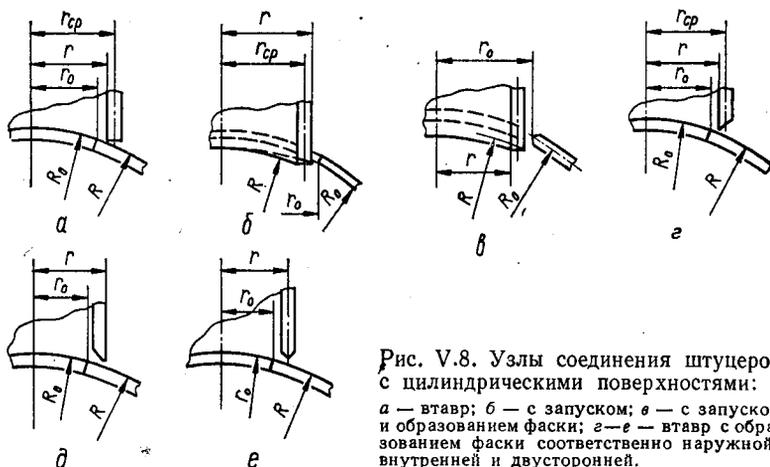


Рис. V.8. Узлы соединения штуцеров с цилиндрическими поверхностями: а — втавр; б — с запуском; в — с запуском и образованием фаски; г — втавр с образованием фаски соответственно наружной, внутренней и двусторонней.

Вычисления также производят на микрокалькуляторах по программе V.3.

Координаты выреза в развертке «воротника» усиления в секущей цилиндрической поверхности:  $x_i = R_0 \varphi_i$ ;  $y_i = r_0 \cos \beta_i$ .

При определении  $x_i$  значение  $R_0$  принимают в зависимости от способов образования выреза: в заготовке  $R_0 = R_{cp}$ ; в готовом изделии

Программа V.3. Определение ординат развертки боковой поверхности прямого цилиндрического патрубка на цилиндрической поверхности

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	ИП8	$\pi$	2	$\div$	$\times$	ИП9	$\div$	П4	КИП4	ИП4
1	С/П	П4	ПО	9	0	ХУ	$\div$	ПА	ИП8	ИП7
2	$\div$	ПВ	1	П5	1	ИПВ	ИПА	ИП5	$\times$	$\sin$
3	$\times$	$X^2$	—	$\sqrt{\quad}$	—	ИП7	$\times$	С/П	КИП5	LO
4	24	0	$\arctg$	С/П	БП	41				

Инструкция:  $R = P7$ ;  $Z = P8$ ;  $\Delta l = P9$ ; В/О; С/П; ( $\sim 3,5$  с);  $PX = n_T [n_T = PX]$  \*; С/П ( $\sim 10$  с);  $PX = h_1$ ; С/П ( $\sim 7,5$  с);  $PX = h_2$ ; С/П... $PX = h_n$ ; С/П; ( $\sim 2$  с)  $PX = 00$ .

Можно начинать расчет с ввода количества точек:  $n_T = PX$ ; БП11; С/П ( $\sim 10$  с)... После окончания расчета можно получить любую из подсчитанных ординат вводом предложения  $N_{T_i} = PX$ ; БП23; С/П ( $\sim 10$  с).

Тестовый пример:  $1000 = P7$ ;  $500 = P8$ ;  $200 = P9$ ; В/О; С/П;  $PX = 4$ ;  $P4 = 00000004$ ;  $2 = PX$ ; С/П;  $PX = 64,5857$ ;  $P4 = 2$ ;  $P5 = 1$ ;  $P0 = 2$ ;  $PA = 45$ ;  $PV = 5 \times 10^{-1}$ ; С/П;  $PX = 133,9746$ ;  $P5 = 00000002$ ;  $P0 = 00000001$ ; С/П;  $PX = 00$ ;  $P5 = 00000003$ ; С/П;  $PX = 00$ .

$R_0 = R_n$ . Значение  $R_0$  и  $r_0$  принимают в зависимости от конструкции узлов.

Параметры развертки цилиндрической поверхности, усеченной наклонной круговой цилиндрической поверхностью (рис. V.9):

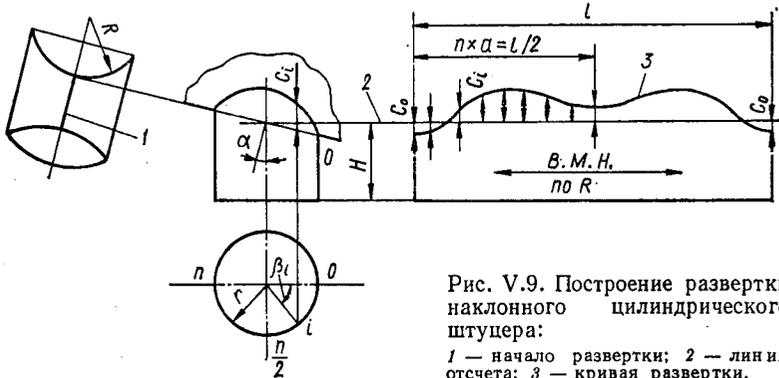


Рис. V.9. Построение развертки наклонного цилиндрического штуцера:

1 — начало развертки; 2 — линия отсчета; 3 — кривая развертки.

$$l = 2\pi R_{cp}; a = l/(2n).$$

Количество точек  $n$  принимается из условий:

$$n \geq 12; 120 \leq \pi r_{cp}/n \leq 150.$$

Ординаты кривой:

$$C_i = \mp r \cos \beta_i \operatorname{tg} \alpha + R (1 - \cos \varphi_i) / \cos \alpha; \sin \varphi_i = r \sin \beta_i / R,$$

где знак минус (—) в первом слагаемом формулы для точек  $0 \dots \frac{n}{2}$ ,

значение  $\cos \beta_i$  от 0 до  $90^\circ$ ; знак плюс (+) для точек  $\frac{n}{2} \dots n$ , значение  $\cos \beta_i$  от  $90$  до  $0^\circ$ .

Значения  $r$ ,  $R$  принимают в зависимости от конструкции узлов соединения (рис. V.10). При подсчете ординат развертки штуцера по рис. IV.16,  $v$  все ординаты вычисляют по значению  $r$ , но для ряда начальных точек по значению  $r_1 = r_v + \delta$ . Из одноименных ординат принимают только те, абсолютное значение которых будет большим.

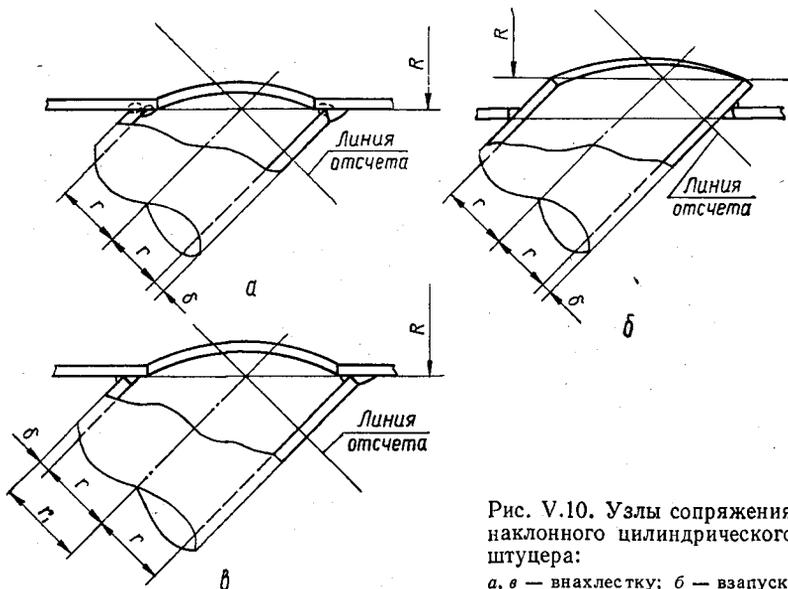


Рис. V.10. Узлы сопряжения наклонного цилиндрического штуцера:

а, в — внахлестку; б — взапуск.

Вычисления также производят на микрокалькуляторах по программе V.4.

Программа V.4. Определение ординат развертки боковой поверхности наклонного цилиндрического патрубка цилиндрической поверхности

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	ИП8	$\pi$	$\times$	ИПД	$\div$	П4	КИП4	ИП4	С/П	П4
1	1	$\times$	ПО	1	8	0	ИП4	$\div$	ПС	ИП9
2	cos	ПА	ИП9	tg	ИП8	$\times$	П1	0	П5	ИП7
3	$\uparrow$	$X^2$	ИП5	ИПС	$\times$	ПВ	sin	ИП8	$\times$	$X^2$
4	$\div$	$\sqrt{\quad}$	—	ИПА	$\div$	ИПВ	cos	ИП1	$\times$	—
5	С/П	КИП5	L0	29	0	arc tg	С/П	БП	54	

Инструкция:  $R = P7$ ;  $r = P8$ ;  $\alpha^\circ = P9$ ;  $\Delta l = PД$ ; В/О; С/П ( $\sim 3$  с);  $PX = n_T$  [ $n_T = PX$ ]; С/П\* ( $\sim 16$  с);  $PX = h_0$ ; С/П ( $\sim 9$  с);  $PX = h_1$ ; С/П... $PX = h_n$ ; С/П ( $\sim 2$  с);  $PX = 00$ .

Можно начинать расчет непосредственно вводом количества точек (шагов):  $n_T = PX$  БП09 С/П\*...

После окончания расчета можно повторно найти ординату любой точки по ее номеру ( $0 \leq N_{T_i} < n_T$ ):  $N_{T_i} = PX$ ; БП28; С/П ( $\sim 8$  с);  $PX = h_i$ .

Тестовый пример:  $999 = P7$ ;  $444 = P8$ ;  $33 = P9 = PД$ ; В/О; С/П;  $PX = 43$ ;  $2 = PX$ ; С/П;  $PX = -288,33696$ ; С/П;  $PX = 124,11236$ ; С/П;  $PX = 288,33696$ ; С/П;  $PX = 00$ .

Развертка выреза в секущей цилиндрической поверхности («воротника» усиления) представлена на рис. V.11. Ширина и толщина «воротника» задаются в чертежах КМ.

Координаты выреза:

$$1. x_i = r(1 \mp \cos \beta_i) / \cos \alpha + R \operatorname{tg} \alpha (1 - \cos \varphi_i);$$

$$2. y_i = \left( R + \frac{\delta}{2} \right) \varphi_i;$$

$$3. \sin \varphi_i = r \sin \beta_i / R,$$

где для точек  $0 \dots n/2$  в первом слагаемом значения  $x_i$  принимают знак минус (-),  $0 \leq \beta_i \leq 90^\circ$ ;

для точек  $n/2 \dots n$  там же принимают знак плюс (+),  $90^\circ \geq \beta_i \geq 0$ ;

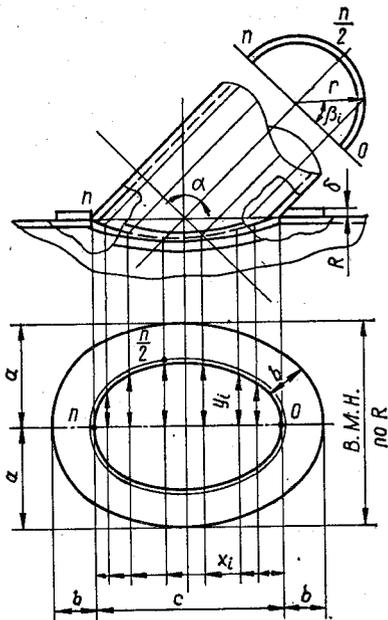


Рис. V.11. Построение развертки «воротника» усиления наклонного цилиндрического штуцера.

$\beta_i = 0; 1 \cdot 90^\circ/n; 2 \cdot 90^\circ/n \dots n \cdot 90^\circ/n; n$  — из условий:  $n \geq 6; 120 \leq \leq \pi R / (2n) \leq 150$ .

Вычисления также производят на микрокалькуляторах по программе V.5.

**Программа V.5. Определение ординат развертки воротника усиления наклонного цилиндрического патрубка цилиндрической поверхности**

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	ПО	ИП8	ИП9	cos	÷	П3	ИП7	ИП9	tg	×
1	П2	ИП8	ИП7	÷	П1	ИП7	ИП6	2	÷	+
2	π	×	1	8	0	÷	ПА	Bx	ИПО	÷
3	П4	1	П5	ИП1	ИП4	ИП5	×	ПС	sin	×
4	arcsin	ПВ	ИПА	×	КППД	1	ИПВ	cos	—	ИП2
5	×	1	ИПС	cos	—	ИП3	×	+	КППД	С/П
6	КИП5	L0	33	0	arctg	С/П	БП	63	7...5	10*
7	+	Bx	—	В/О						

Инструкция:  $R = P7; r = P8; \alpha = P9, \delta = P6 (68 = PД)$ .

1. Определить количество точек из условия  $120 \leq \frac{\pi r}{n} \leq 150$ ;

2.  $n = PХ; В/О; С/П (32 с); PХ = X_1; PУ = Y_1; С/П (20 с); PХ = X_2; PУ = Y_2; С/П...PХ = X_n; PУ = Y_n; С/П (2 с); PХ = 00$ .

Для определения координат произвольной точки после завершения расчета ввести:  $i = PХ БП32 С/П (20 с); PХ = X_i; PУ = Y_i$ .

Тестовый пример:  $68 = PД2000 = P7; 1000 = P8, 30 = P9, 30 = P6$ , в ячейку «68» программной памяти записать «5»  $3 = PХ; В/О; С/П; PХ = 691,22; PУ = 902,38; С/П; PХ = 1845,92; PУ = 902,38; С/П; PХ = 2309,4; PУ = 0; С/П; PХ = 00; [2 = PХ; БП32; С/П; PХ = 1845,92; PУ = 902,38]$ .

Ординаты развертки, усеченной смещенной цилиндрической поверхностью под прямым углом (рис. V.12), определяют при  $(r + x) \leq R$  по формулам:

1.  $h_i = R (\cos \gamma - \cos \varphi_i)$ ; 2.  $\sin \varphi_i = (x \mp r \cos \beta_i)/R$ ; 3.  $\sin \gamma = x/R$ , где  $0^\circ \leq \beta_i \leq 180^\circ$ ;  $n$  — из условий:  $n \geq 12$ ;  $120 \leq \pi R/n \leq 150$ .

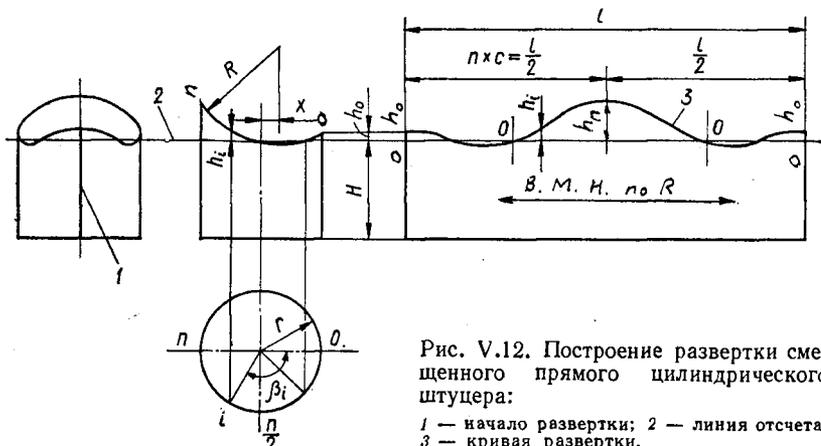


Рис. V.12. Построение развертки смещенного прямого цилиндрического штуцера:  
1 — начало развертки; 2 — линия отсчета; 3 — кривая развертки.

При определении  $\sin \varphi_i$  для точек  $0 \dots n/2$  принимают знак минус (—),  $\cos \beta_i$  — при значениях  $0^\circ \leq \beta_i \leq 90^\circ$ ; для точек  $n/2 \dots n$  — знак плюс (+),  $\cos \beta_i$  —  $90^\circ \leq \beta_i \leq 0^\circ$   $\sin \varphi_i$  — по абсолютному значению.

Ординаты  $h_i$  вычисляют со своим знаком — положительное значение вверх от линии отсчета, отрицательное — вниз. Вычисления также производят на микрокалькуляторах по программе V.6.

**Программа V.6. Определение ординат развертки боковой поверхности смещенного прямого цилиндрического патрубку на цилиндрической поверхности**

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	ИП8	$\pi$	$\times$	ИПД	$\div$	П4	КИП4	ИП4	С/П	П4
1	1	+	ПО	1	8	0	ИП4	$\div$	ПС	ИП7
2	$X^2$	ПА	ИП9	$X^2$	—	$\sqrt$	ПВ	0	П5	ИПВ
3	ИПА	ИП5	ИПС	$\times$	cos	ИП8	$\times$	ИП9	—	$X^2$
4	—	$\sqrt$	—	С/П	КИП5	L0	29	0	arctg	С/П
5	БП	47								

Инструкция:  $R = P7$ ;  $r = P8$ ;  $X = P9$ ;  $\Delta l = PД$ ;  $B/O$ ;  $C/P$ ;  $\langle 3 \text{ с} \rangle P X = P4 = n_T [n_T = P X]$ ;  $C/P^*$ ;  $\langle 11,5 \text{ с} \rangle$ ;  $P X = h_0$ ;  $C/P$ ;  $\langle 7,5 \text{ с} \rangle P X = h_1$ ;  $C/P \dots$ ;  $P X = h_n$ ;  $C/P$ ;  $\langle 2 \text{ с} \rangle$ ;  $P X = 00$ .

Можно начинать расчет непосредственно вводом количества точек (шагов):  $n_T = P X$  БП09 С/П...\*

После окончания расчета можно повторно найти ординату любой точки по ее номеру ( $0 \leq N_{T_i} \leq n_T$ ):

$$N_{T_i} = P X \text{ БП28; } C/P \langle 7 \text{ с} \rangle; P X = h_i.$$

Тестовый пример:  $999 = P7$ ;  $444 = P8$ ;  $333 = P9 = PД$ ;  $B/O$ ;  $C/P$ ;  $P X = 5$ ;  $2 = P X$ ;  $C/P$ ;  $P X = -50,94795$ ;  $C/P$ ;  $P X = 0$ ;  $C/P$ ;  $P X = 313,95541$ ;  $C/P$ ;  $P X = 00$ .

Ординаты развертки цилиндрической поверхности, усеченной смещенной наклонной цилиндрической поверхностью (рис. V.13); при  $(r + x) \leq R$ :

$$1. C_i = \mp r \operatorname{tg} \alpha \cos \beta_i + R (\cos \gamma - \cos \varphi_i) / \cos \alpha;$$

$$2. \sin \varphi_i = (x \mp r \sin \beta_i) / R; \quad 3. \sin \gamma = x / R,$$

где  $0^\circ \leq \beta_i \leq 360^\circ$ ;  $n$  — из условий:  $n \geq 24$ ;  $120 \leq C \leq 200$ ; при определении:  $\sin \varphi_i$  для точек  $0 \dots n/2$  принимают знак минус (—),

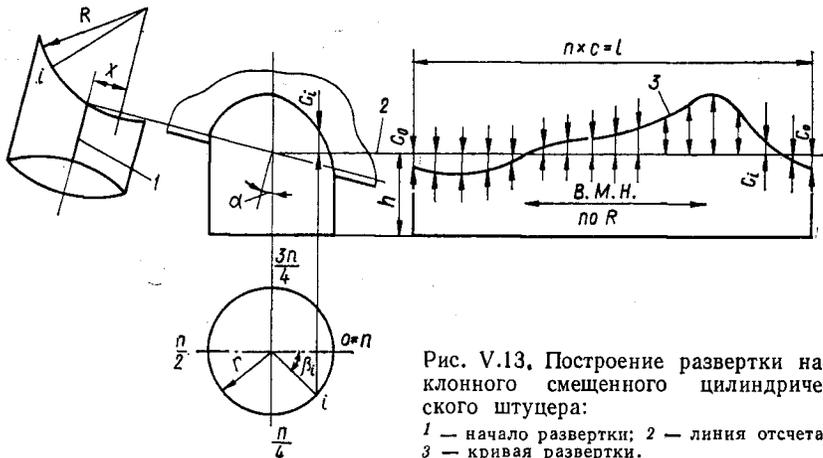


Рис. V.13. Построение развертки наклонного смещенного цилиндрического штуцера:

1 — начало развертки; 2 — линия отсчета; 3 — кривая развертки.

для точек  $n/2 \dots n$  — знак плюс (+);  $\sin \beta_i$  и  $\cos \beta_i$  для точек  $0 \dots n/4$  — от 0 до  $90^\circ$ ; для точек  $n/4 \dots n/2$  — от  $90$  до  $0^\circ$ ; для точек  $n/4 \dots n/2$  — от  $90$  до  $0^\circ$ ; для точек  $n/2 \dots 3n/4$  — от 0 до  $90^\circ$ ; для точек  $3n/4 \dots n$  — от  $90$  до  $0^\circ$ ;  $\sin \varphi_i$  принимают по абсолютному значению.

При определении  $C_i$  в первом слагаемом для точек  $0 \dots n/4$ ;  $3n/4 \dots n$  берется знак минус (—), для точек  $n/4 \dots 3n/4$  — знак плюс (+). Положительные значения ординат откладывают выше линии отсчета, отрицательные — ниже. Вычисления также производят на микрокалькуляторах по программе V.7.

Программа V.7. Определение ординат развертки боковой поверхности смещенного наклонного цилиндрического патрубка на цилиндрической поверхности

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	ИП8	2	×	$\pi$	×	ИПД	÷	П4	КИП4	ИП4
1	С/П	П4	ПО	3	6	0	ИП4	+	ПС	ИП9
2	cos	ПА	ИП7	$x^2$	П3	ИП6	$x^2$	—	$\sqrt{\quad}$	ПВ
3	ИП9	tg	ИП8	×	П1	1	П5	ИПВ	ИП3	ИП5
4	ИПС	×	П2	sin	ИП8	×	ИП6	—	$x^2$	—
5	$\sqrt{\quad}$	—	ИПА	÷	ИП2	cos	ИП1	×	—	С/П
6	КИП5	L0	37	0	arctg	С/П	БП	63		

Инструкция:  $R = P7$ ;  $r = P8$ ;  $\alpha^\circ = P9$ ;  $X = P6$ ;  $\Delta l = PД$ ; В/О; С/П (3,5 с);  $PX = n_r [n_r = PX]$ ; С/П\* (21,5 с);  $PX = C1$ ; С/П (12 с);  $PX = C2$ ; С/П...PX =  $= C_n$ ; С/П (2 с);  $PX = 00$ .

Можно начинать расчет непосредственно вводом количества точек  $n_T = PX$ ; БП11; С/П...\*

После окончания расчета можно повторно вычислить ординату любой точки по ее номеру ( $0 \leq N_{T_i} \leq n_T$ ):

$$N_{T_i} = PX \text{ БП36; С/П } \langle 11 \text{ с} \rangle; PX = C_i.$$

Тестовый пример: 999 = P7; 444 = P8; 33 = P9 = P6 = PД; В/О; С/П; PX = = 85; 3 = PX; С/П; PX = 219,69386; С/П; PX = 252,53706; С/П; PX = -288,33696; С/П; PX = 00.

*Ординаты развертки цилиндрической поверхности, усеченной конической поверхностью,*

при  $\alpha + \gamma \leq 90^\circ$  (рис. V.14, а)

$$C_i = (-h_i K_2 + \sqrt{h_i^2 K_2^2 + K_1 y_i^2}) / K_1 \mp r \sin \beta_i \operatorname{tg} (90^\circ - \alpha - \gamma),$$

где

$$h_i = H \mp r \sin \beta_i \cos \alpha / \cos (90^\circ - \alpha - \gamma);$$

$$K_2 = \operatorname{tg} \alpha (\operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \gamma + \sin \gamma); \quad K_1 = \cos^2 \gamma \operatorname{tg}^2 \gamma - \sin^2 \gamma;$$

$$y_i = r \cos \beta_i.$$

При определении  $C_i$ ;  $h_i$  для вторых слагаемых принимают: для точек  $n/2 \dots 0$  — знак минус (—), для точек  $n/2 \dots n$  — знак плюс (+); при  $\gamma = 0^\circ$  (рис. V.14, б)

$$C_i = -h_i + \sqrt{h_i^2 + y_i^2} \mp r \sin \beta_i \operatorname{tg} (90^\circ - \alpha),$$

где

$$h_i = H \mp r \sin \beta_i \operatorname{tg} \alpha; \quad y_i = r \cos \beta_i;$$

для вторых слагаемых при определении  $C_i$  и  $h_i$  для точек  $0 \dots n/2$  принимают знак минус (—), для точек  $n/2 \dots n$  — знак плюс (+);

при  $\alpha + \gamma = 90^\circ$  (рис. V.14, в)

$$C_i = (-h_i + \sqrt{h_i^2 K_2^2 + K_1 y_i^2}) / K_1;$$

где  $h_i = H \mp r \sin \beta_i \cos \alpha$ ;  $K_1 = \cos^2 \gamma \operatorname{tg}^2 \alpha - \sin^2 \gamma$ ;  $K_2 = \operatorname{tg} \alpha (\operatorname{tg} \alpha \times \times \cos \gamma + \sin \gamma)$ ;  $y_i = r \cos \beta_i$ ; для второго слагаемого при определении  $h_i$  принимают: для точек  $0 \dots n/2$  знак минус (—), для точек  $n/2 \dots n$  — знак плюс (+);

при  $\alpha + \gamma > 90^\circ$  (рис. V.14, г)

$$C_i = (-h_i K_2 + \sqrt{h_i^2 K_2^2 + K_1 y_i^2}) / K_1 \pm r \sin \beta_i \operatorname{tg} (\alpha + \gamma - 90^\circ),$$

где  $h_i = H \mp r \sin \beta_i \cos \alpha / \cos (\alpha + \gamma - 90^\circ)$ ;

$$K_1 = \cos^2 \gamma \operatorname{tg}^2 \alpha - \sin^2 \gamma; \quad K_2 = \operatorname{tg} \alpha (\operatorname{tg} \alpha \cos \gamma + \sin \gamma);$$

$y_i = r \cos \beta_i$ ; для второго слагаемого при определении  $C_i$  для точек  $0 \dots n/2$  принимают знак плюс (+), для точек  $n/2 \dots n$  — знак минус (—); при определении  $h_i$  для этих интервалов точек — соответственно обратные знаки;

при  $\gamma = 90^\circ$  (рис. V.14, д)

$$C_i = h_i K_2 - \sqrt{h_i^2 K_2^2 - y_i^2} \pm r \sin \beta_i \operatorname{tg} \alpha,$$

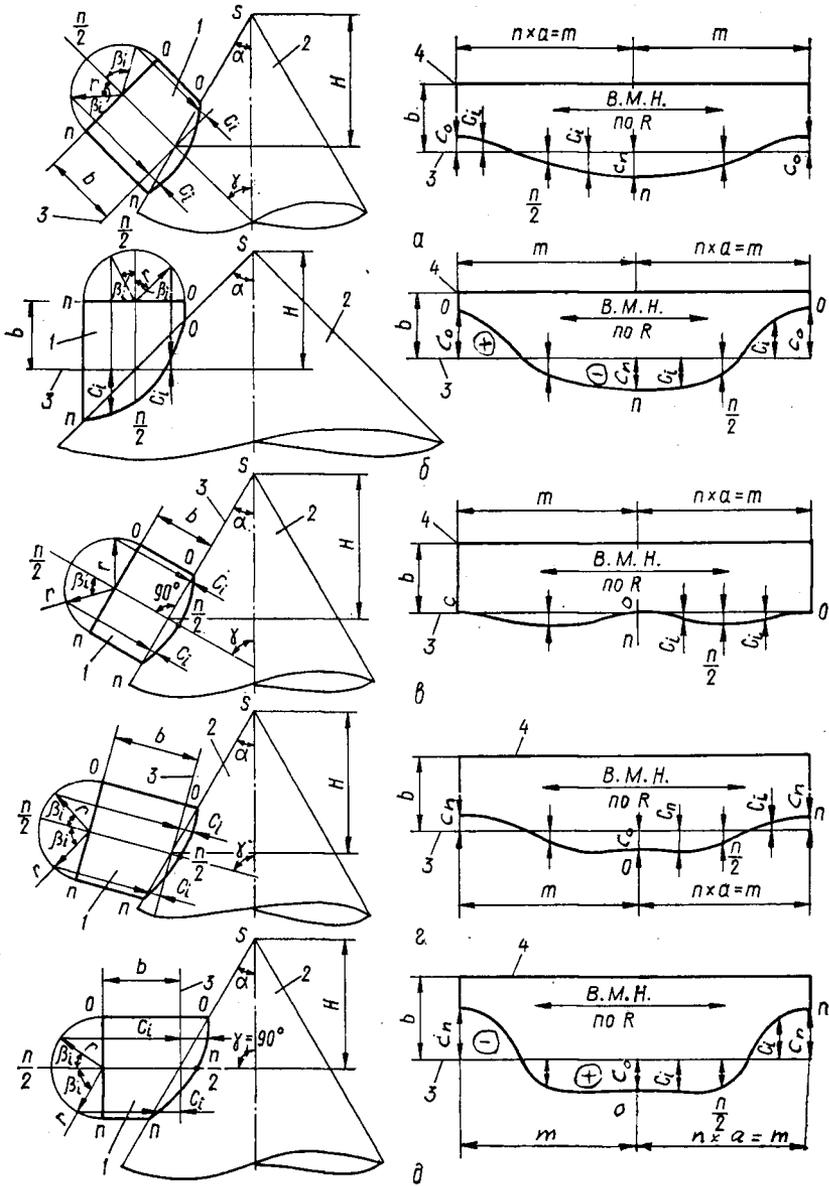


Рис. V.14. Сечения цилиндра коническими поверхностями (цилиндрические штуперы на конических поверхностях):

$a - \alpha + \gamma < 90^\circ$ ;  $б - \gamma = 0^\circ$ ;  $в - \alpha + \gamma = 90^\circ$ ;  $г - \alpha + \gamma > 90^\circ$ ;  $д - \gamma = 90^\circ$ ; 1 — цилиндрический штупер; 2 — коническая поверхность; 3 — линия отсчета ординат развертки; 4 — развертка штупера.

где  $h_i = H \mp r \sin \beta_i$ ;  $K_2 = \operatorname{tg} \alpha$ ;  $y_i = r \cos \beta_i$ ; при определении  $C_i$  для второго слагаемого для точек  $0 \dots n/2$  принимают знак плюс (+), для точек  $n/2 \dots n$  — знак минус (—), при определении  $h_i$  для этих интервалов точек — соответственно обратные знаки.

Вычисления также производят на микрокалькуляторах по программе V.8.

Программа V.8. Определение ординат развертки боковой поверхности цилиндрического патрубка на конической поверхности

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	П5	1	8	0	ХУ	÷	П4	КИП5	ИП5	ПО
1	ИП6	sin	ПА	ИП6	cos	ПВ	ИП9	tg	ПС	×
2	+	ИПС	×	П2	ИПВ	ИПС	×	$x^2$	ИПА	$x^2$
3	—	П1	9	0	ИП6	—	ИП9	—	ПА	tg
4	П3	ИП9	cos	ИПА	cos	÷	ПА	0	П5	ИП4
5	×	ПВ	cos	ИП7	×	ПС	ИПА	×	ИП8	—
6	ИП2	×	↑	$x^2$	ИПВ	sin	ИП7	×	$x^2$	ИП1
7	×	+	√	+	ИП1	÷	ИПС	ИП3	×	—
8	7...5	$10^x$	+	Вх	—	С/П	КИП5	ИП5	L0	49
9	0	arctg	С/П	БП	90					

Инструкция:  $r = P7$ ;  $H = P8$ ;  $\alpha^2 = P9$ ;  $\gamma^2 = P6$ ;  $n = PX$ ;  $B/0$ ;  $C/П$  (37 с);  $PX = C_0$ ;  $C/П$  (16 с);  $PX = C_1 \dots$ ;  $C/П$ ;  $PX = C_n$   $C/П$  (2,5 с);  $PX = 00$ .

Тестовый пример:  $r = 500$ ;  $H = 10000$ ;  $\alpha = 15^\circ$ ;  $\gamma = 60^\circ$ ;  $n = 2$ ;  $C_0 = -133,97$ ;  $C_1 = 46,95$ ;  $C_2 = 133,98$ . В ячейку «80» программной памяти занесено «5».

#### В.4. КОНИЧЕСКИЕ ПОВЕРХНОСТИ

##### 1. Основные положения для нормального кругового конуса

Сечение конической поверхности плоскостью  $P$ , перпендикулярной к оси конуса (рис. V.15) — окружность радиуса  $r_i = h_i \operatorname{tg} \alpha = l_i \sin \alpha$ ;

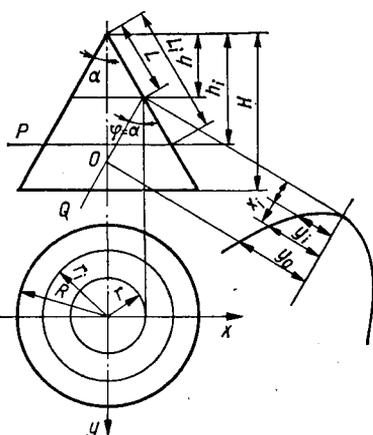


Рис. V.15. Основные параметры нормального кругового конуса.

сечение конуса плоскостью  $Q$ , наклонной к оси конуса под углом  $\varphi = \alpha$  (рис. V.15), — парабола с уравнением:

$$y_i = 2 \sin \alpha \sqrt{x_i h / \cos \alpha}; \quad y_0 = 2h \operatorname{tg} \alpha.$$

Ординаты кривой сечения конуса плоскостью  $M$ , наклонной к оси конуса под углом  $0^\circ \leq \gamma \leq 90^\circ$  (рис. V.16),

$$y_i = \sqrt{x_i^2 (\cos^2 \gamma \operatorname{tg}^2 \alpha - \sin^2 \gamma) + \dots + x_i 2h \operatorname{tg} \alpha (\operatorname{tg} \alpha \cos \gamma + \sin \gamma)}.$$

Сечение конуса плоскостью  $N$ , параллельной оси конуса (рис. V.17), — гипербола, уравнение которой  $y_i =$

$$= \operatorname{tg} \alpha \sqrt{x_i^2 + x_i 2h}.$$

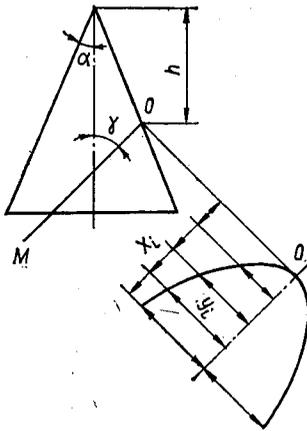
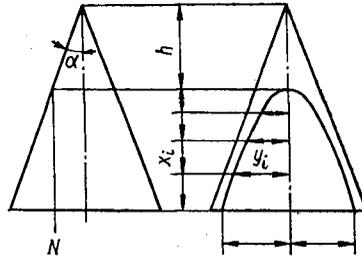


Рис. V.16. Сечение конуса наклонной плоскостью.

Рис. V.17. Сечение конуса вертикальной плоскостью.



## 2. Развертки конических поверхностей

Параметры развертки нормального кругового конуса, усеченного перпендикулярной к оси конуса плоскостью (рис. V.18):

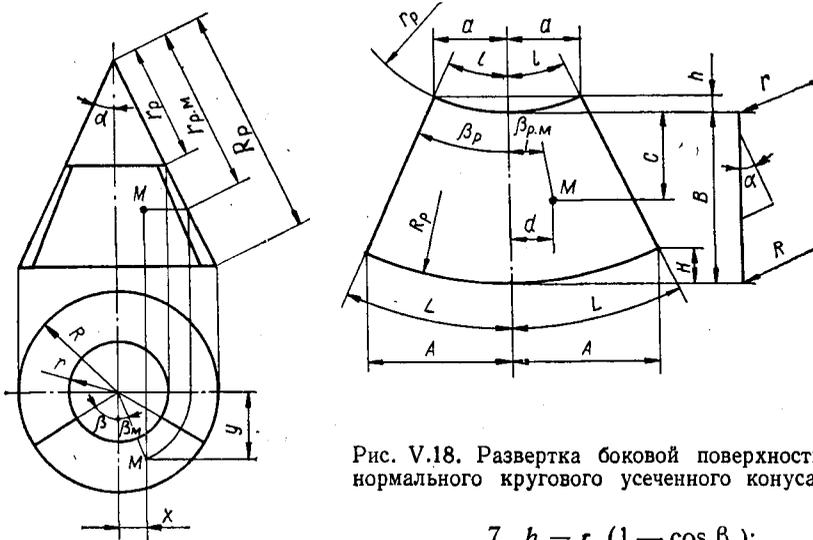


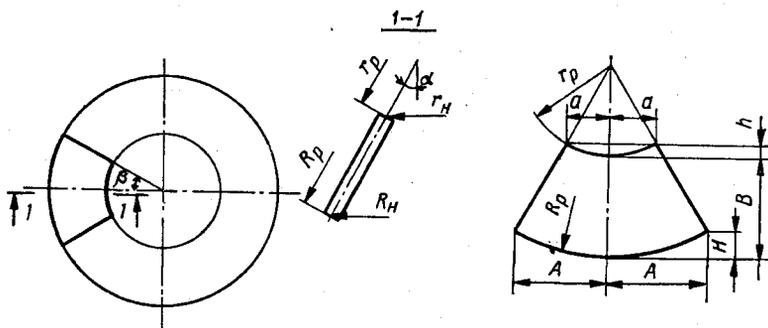
Рис. V.18. Развертка боковой поверхности нормального кругового усеченного конуса.

1.  $\beta_p = \beta \sin \alpha$ ;
2.  $\beta_{p.M} = \beta_M \sin \alpha$ ;
3.  $\operatorname{tg} \beta_M = \frac{x}{y}$ ;
4.  $r_p = r / \sin \alpha$ ;
5.  $r_{p.M} = \sqrt{x^2 + y^2} / \sin \alpha$ ;
6.  $a = r_p \sin \beta_p$ ;

7.  $h = r_p (1 - \cos \beta_p)$ ;
8.  $l = r_p \beta_p$ ;
9.  $R_p = R / \sin \alpha$ ;
10.  $A = R_p \sin \beta_p$ ;
11.  $H = R_p (1 - \cos \beta_p)$ ;
12.  $L = R_p \beta_p$ ;
13.  $d = r_{p.M} \sin \beta_{p.M}$ ;
14.  $C = r_{p.M} \cos \beta_{p.M} - r_p$ .

Определение параметров развертки нормального кругового конуса, усеченного перпендикулярной к оси конуса плоскостью, упростится, если угол конусности  $\alpha$  может быть принят кратным  $5^\circ$  в интервале  $5-45^\circ$ , а угол  $\beta$  — по табл. V.2.

Таблица V.2. Коэффициенты для определения параметров разверток поверхностей усеченного нормального конуса



1.  $R_p = R_H K_p$ ;
2.  $r_p = r_H K_p$ ;
3.  $A = R_H K_A$ ;
4.  $a = r_H K_A$ ;

5.  $H = R_H K_H$ ;
6.  $h = r_H K_H$ ;
7.  $B = R_p - r_p$ ;

$n$  — количество листов в царге.

$n$	$\beta^\circ$	$K_p^{\alpha=5^\circ} = 11,473713$		$K_p^{\alpha=10^\circ} = 5,758771$		$K_p^{\alpha=15^\circ} = 3,863704$	
		$K_A$	$K_H$	$K_A$	$K_H$	$K_A$	$K_H$
1	180	3,102485	0,427417	2,988069	0,835877	2,806687	1,208385
2	90	1,565894	0,107356	1,551390	0,212905	1,527881	0,314931
3	60	1,045744	0,047755	1,041436	0,094951	1,034423	0,141047
4	45	0,784785	0,026870	0,782966	0,053474	0,780000	0,079552
5	36	0,628005	0,017199	0,627073	0,034243	0,625553	0,050976
6	30	0,523417	0,011945	0,522878	0,023787	0,521998	0,035424
7	180/7	0,448685	0,008776	0,448345	0,017479	0,447790	0,026036
8	22,5	0,392622	0,006719	0,392395	0,013384	0,392023	0,019939
9	20	0,349012	0,005309	0,348852	0,010576	0,348591	0,015757
10	18	0,314120	0,004300	0,314004	0,008567	0,313813	0,012765
11	180/11	0,285570	0,003556	0,285482	0,007080	0,285339	0,010551
12	15	0,261777	0,002987	0,261709	0,005950	0,261599	0,008866

$n$	$\beta^\circ$	$K_p^{\alpha=20^\circ} = 2,923806$		$K_p^{\alpha=25^\circ} = 2,366202$		$K_p^{\alpha=30^\circ} = 2,000000$	
		$K_A$	$K_H$	$K_A$	$K_H$	$K_A$	$K_H$
1	180	2,571037	1,531539	2,296626	1,796623	2,000000	2,000000
2	90	1,496316	0,411899	1,457939	0,502516	1,414214	0,585786
3	60	1,024952	0,185539	1,013346	0,227969	1,000000	0,267949

n	$\beta^\circ$	$\alpha = 20^\circ$ $K_p = 2,923806$		$\alpha = 25^\circ$ $K_p = 2,366202$		$\alpha = 30^\circ$ $K_p = 2,000000$	
		$K_A$	$K_H$	$K_A$	$K_H$	$K_A$	$K_H$
4	45	0,775987	0,104855	0,771056	0,129154	0,765367	0,152241
5	36	0,623494	0,067253	0,620961	0,082933	0,618034	0,097887
6	30	0,520805	0,046758	0,519336	0,057696	0,517638	0,068148
7	180/7	0,447039	0,034377	0,446113	0,042435	0,445042	0,050144
8	22,5	0,391519	0,026332	0,390899	0,032512	0,390181	0,038430
9	20	0,348237	0,020812	0,347801	0,025701	0,347296	0,030385
10	18	0,313555	0,016862	0,313237	0,020825	0,312869	0,024623
11	180/11	0,285146	0,013937	0,284906	0,017215	0,284630	0,020357
12	15	0,261450	0,011713	0,261266	0,014468	0,261052	0,017110

n	$\beta^\circ$	$\alpha = 35^\circ$ $K_p = 1,743447$		$\alpha = 40^\circ$ $K_p = 1,555724$		$\alpha = 45^\circ$ $K_p = 1,414214$	
		$K_A$	$K_H$	$K_A$	$K_H$	$K_A$	$K_H$
1	180	1,697078	2,142861	1,401806	2,230421	1,125280	2,270803
2	90	1,366741	0,661031	1,317179	0,727885	1,267162	0,786288
3	60	0,985356	0,305156	0,969889	0,339339	0,954089	0,370320
4	45	0,759102	0,173934	0,752459	0,194077	0,745643	0,212541
5	36	0,614806	0,111999	0,611376	0,125166	0,607851	0,137296
6	30	0,515763	0,078036	0,513770	0,087283	0,511718	0,095826
7	180/7	0,443859	0,057447	0,442600	0,064288	0,441304	0,070617
8	22,5	0,389387	0,044039	0,388542	0,049300	0,387672	0,054173
9	20	0,346738	0,034827	0,346144	0,038997	0,345532	0,042861
10	18	0,312462	0,028228	0,312028	0,031613	0,311582	0,034751
11	180/11	0,284324	0,023340	0,283998	0,026142	0,283662	0,028740
12	15	0,260817	0,019619	0,260566	0,021976	0,260307	0,024163

Вычисления также производят на микрокалькуляторах по программе V.9.

Программа V.9. Расчет геометрических размеров конических цаг с разбивкой по наличному металлу

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	ПВ	ИПВ	ИП9	—	1	ПП	68	cos	—	ИП4
1	×	—	КППД	С/П	П5	ИП4	+	П7	ИПС	sin
2	ПВ	×	КППД	П1	С/П	ПП	77	П0	С/П	1
3	ИПС	cos	—	ПВ	ИП7	×	КППД	П2	С/П	П1
4	77	ПА	С/П	ИПС	$\pi$	×	ИПД	÷	ПВ	ИП7
5	×	КППД	П3	С/П	ПП	77	ПВ	С/П	$C_x$	arctg
6	С/П	ПВ	ИП7	2...4	+	П4	БП	01	ИПД	ИПВ
7	÷	ИП6	×	ПС	В/0	НОП	НОП	ИП4	ИПВ	×
8	7	$10^x$	+	$V_x$	—	В/0	ПВ	ПП	68	ИП5
9	БП	15								

Инструкция. Разбивка на шарниры с немедленным вычислением параметров развертки:

$(180 = PД)$ ;  $(\sin \alpha_k = P6)$ ;  $(B_{л} = P8)$ ;  $(r_1 = P4)$ ;  $(\Delta = P9)$ ;  $n_1 = PХ$ ;  $(B/0)$   $C/П$ ;  $\langle 10 c \rangle PХ = B_1 [B'_1 = PХ]$ ;  $C/П \langle 7 c \rangle$ ;  $PХ = P1 = A_1$ ;  $*C/П \langle 4,5 c \rangle$ ;  $PХ = P0 = a_1$ ;  $C/П \langle 7 c \rangle$ ;  $PХ = P2 = H_1$ ;  $C/П \langle 4,5 c \rangle$ ;  $PХ = PA = h_1$ ;  $C/П \langle 6 c \rangle$ ;  $PХ = P3 = L_1$ ;  $C/П \langle 4,5 c \rangle$ ;  $PХ = PB = l_1$ ;  $C/П \langle 1 c \rangle PХ = 00$ ;  $[B_{л} = P8; \Delta = P9]$ ;  $n_2 = PХ$ ;  $C/П. \langle 12 c \rangle PХ = B_2...$

Можно ввести автономную разбивку на шарниры:  $...n_1 = PХ (B/0) C/П PХ = B_1$   $БП61$ ;  $n_2 = PХ$ ;  $C/П$ ;  $PХ = B_2$ ;  $БП61$ ;  $n_3 = PХ...$

Автономное определение параметров развертки конической шарниры:

$r = P4$ ;  $B = P5$ ;  $\sin \alpha_k = P6$ ;  $n = PХ$ ;  $БП86$ ;  $C/П \langle 11 c \rangle$ ;

$PХ = P1 = A...C/П$ ;  $\langle 11 c \rangle PХ = 00$ .

Тестовый пример: в ячейку «63» программной памяти записать «2»  $1000 = P4$ ;  $\sin 33^\circ = P6$ ;  $2000 = P8$ ;  $20 = P9$ ;  $6 = PХ$ ;  $B/0$ ;  $C/П$ ;  $PХ = 1940$ ;  $C/П PХ = 827$ ;  $C/П$ ;  $PХ = 281$ ;  $C/П$ ;  $PХ = 119$ ;  $C/П$ ;  $PХ = 40$ ;  $C/П$ ;  $PХ = 838$ ;  $C/П$ ;  $PХ = 285$ ;  $C/П$ ;  $PХ = 00$ ;  $6 = PХ$ ;  $C/П$ ;  $PХ = 1861$ ;  $C/П$ ;  $PХ = 1351$ ;  $C/П$ ;  $PХ = 828$ ;  $6 = PХ$ ;  $БП61$ ;  $C/П$ ;  $PХ = 1786$ ;  $6 = PХ$ ;  $БП86$ ;  $PХ = 1875$ ;  $C/П$ ;  $PХ = 1352$ ;  $C/П$ ;  $PХ = 269$ .

Развертки конических поверхностей наклонных конусов (рис. V.19) в общем случае решаются приближенно способом замены криволинейной поверхности определенным числом плоских треугольников, стороны которых определяются как натуральные величины отрезков пространственных прямых, две точки которых имеют определенные пространственные координаты. Этим способом (триангуляции) возможно построение развертки поверхностей, соединяющих практически любые контуры (основания). Так как этот способ обладает значи-

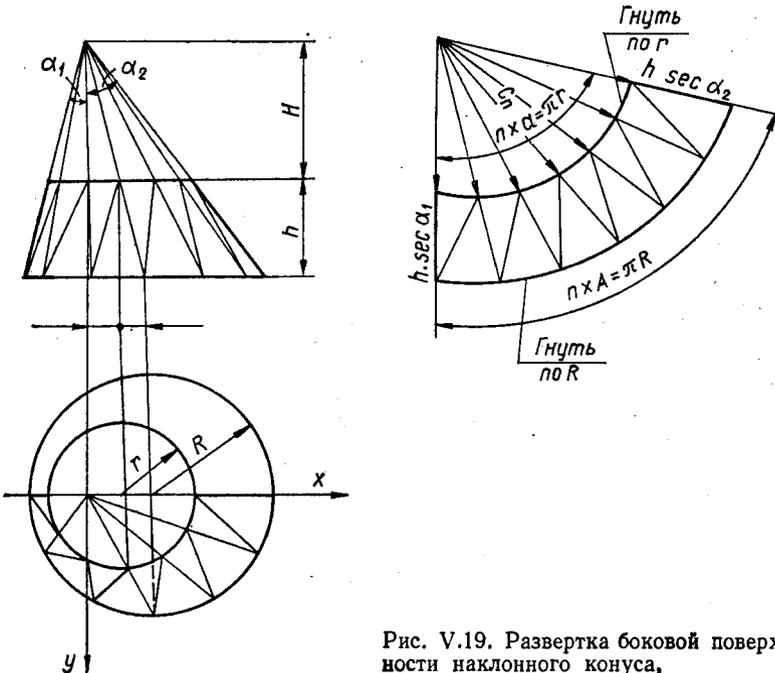
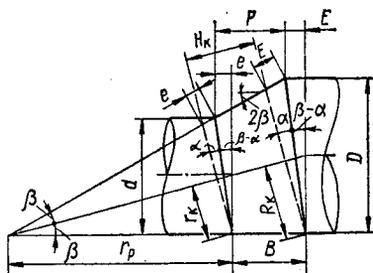


Рис. V.19. Развертка боковой поверхности наклонного конуса.

Рис. V.20. Конический переход с общей образующей.

тельной трудоемкостью при конструировании, параметры конических переходов с общей образующей возможно приспособить к нормальным круговым, усеченными плоскостями, наклонными к оси конуса (рис. V.20), или к наклонным конусам, параметры раз-

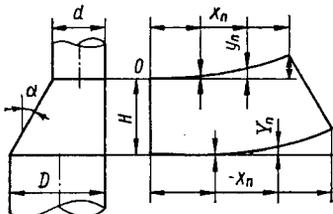


верток которых определяются по табл. V.3, V.4.

Параметры конических переходов (рис. V.20):

1.  $E = (D \operatorname{tg} \beta)/2;$
2.  $\operatorname{tg} (\beta - \alpha) = (\operatorname{tg} \beta)/2;$
3.  $B = (D - d)/2 \operatorname{tg} \beta;$
4.  $R_k = (D \cos \beta)/2;$
5.  $H_k = B \cos \beta = (D - d) \cos \beta/2 \operatorname{tg} \beta;$
6.  $R_p = D/2 \operatorname{tg} \beta = r_p + B;$
7.  $e = d \operatorname{tg} \beta/2;$
8.  $r_k = d \cos \beta/2;$
9.  $r_p = d/(2 \operatorname{tg} \beta);$
10.  $P = B + e - E = (D - d)/\operatorname{tg} 2\beta.$

Таблица V.3. Коэффициенты координат кривых разверток конических переходов при несоосном сопряжении цилиндров с общей образующей



$$H = \frac{D - d}{\operatorname{tg} \alpha}; \quad \begin{aligned} x_n &= dK_x; \\ y_n &= dK_y; \\ X_n &= DK_x; \\ Y_n &= DK_y. \end{aligned}$$

Номер точки	Угол при вершине конуса $\alpha$ , град					
	5		10		15	
	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$

$D \leq 600$

0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
1	0,26136	0,00007	0,25992	0,00013	0,25776	0,00020
2	0,52272	0,00105	0,51984	0,00207	0,51552	0,00305
3	0,78408	0,00508	0,77976	0,01004	0,77328	0,01474
4	1,04544	0,01507	1,03968	0,02981	1,03104	0,04396
5	1,30680	0,03396	1,29960	0,06740	1,28880	0,09970
6	1,56816	0,06400	1,55952	0,12786	1,54656	0,19140

$600 < D \leq 800$

0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
1	0,19602	0,00002	0,19494	0,00004	0,19332	0,00006
2	0,39204	0,00034	0,38988	0,00067	0,38664	0,00098

Продолжение табл. V.3

Номер тонны	Угол при вершине конуса $\alpha$ , град					
	5		10		15	
	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$
3	0,58806	0,00167	0,58482	0,00329	0,57996	0,00433
4	0,78408	0,00508	0,77976	0,01004	0,77328	0,01474
5	0,98010	0,01185	0,97470	0,02342	0,96660	0,03444
6	1,17612	0,02324	1,16964	0,04602	1,15992	0,06786
7	1,37214	0,04037	1,36458	0,08021	1,35324	0,11892
8	1,56816	0,06400	1,55952	0,12786	1,54656	0,19140
$800 < D \leq 900$						
0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
1	0,17424	0,00001	0,17328	0,00003	0,17184	0,00004
2	0,34848	0,00021	0,34656	0,00042	0,34368	0,00061
3	0,52272	0,00105	0,51984	0,00207	0,51552	0,00305
4	0,69696	0,00323	0,69312	0,00637	0,68736	0,00936
5	0,87120	0,00760	0,86640	0,01501	0,85920	0,02205
6	1,04544	0,01507	1,03968	0,02981	1,03104	0,04386
7	1,21968	0,02652	1,21296	0,05254	1,20288	0,07755
8	1,39392	0,04266	1,38624	0,08481	1,37472	0,12584
9	1,56816	0,06400	1,55952	0,12786	1,54656	0,19140
$900 < D \leq 1200$						
0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
1	0,13068	0,00000	0,12996	0,00001	0,12888	0,00001
2	0,26136	0,00007	0,25992	0,00013	0,25776	0,00020
3	0,39204	0,00034	0,38988	0,00067	0,38664	0,00098
4	0,52272	0,00105	0,51984	0,00207	0,51552	0,00305
5	0,65340	0,00251	0,64980	0,00496	0,64440	0,00728
6	0,78408	0,00508	0,77976	0,01004	0,77328	0,01474
7	0,91476	0,00914	0,90972	0,01806	0,90216	0,02654
8	1,04544	0,01507	1,03968	0,02981	1,03104	0,04386
9	1,17612	0,02324	1,16964	0,04602	1,15992	0,06786
10	1,30680	0,03396	1,29960	0,06740	1,28880	0,09970
11	1,43748	0,04749	1,42956	0,09452	1,41768	0,14052
12	1,56816	0,06400	1,55952	0,12786	1,54656	0,19140
$1200 < D \leq 1600$						
0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
1	0,09801	0,00000	0,09747	0,00000	0,09666	0,00000
2	0,19602	0,00002	0,19494	0,00004	0,19332	0,00006
3	0,29403	0,00011	0,29241	0,00021	0,28998	0,00031
4	0,39204	0,00034	0,38988	0,00067	0,38664	0,00098
5	0,49005	0,00082	0,48735	0,00161	0,48330	0,00236
6	0,58806	0,00167	0,58482	0,00329	0,57996	0,00483
7	0,68607	0,00304	0,68229	0,00600	0,67662	0,00880
8	0,78408	0,00508	0,77976	0,01004	0,77328	0,01474
9	0,88209	0,00796	0,87723	0,01573	0,86994	0,02312
10	0,98010	0,01185	0,97470	0,02342	0,96660	0,03444
11	1,07811	0,01689	1,07217	0,03341	1,06326	0,04919
12	1,17612	0,02324	1,16964	0,04602	1,15992	0,06786
13	1,27413	0,03103	1,26711	0,06154	1,25658	0,09095
14	1,37214	0,04037	1,36458	0,08021	1,35324	0,11892
15	1,47015	0,05134	1,46205	0,10223	1,44990	0,15225
16	1,56816	0,06400	1,55952	0,12786	1,54656	0,19140

Продолжение табл. V.3

Номер точки	Угол при вершине конуса $\alpha$ , град					
	5		10		15	
	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$

$1600 < D \leq 1800$

0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
1	0,08712	0,00000	0,08664	0,00000	0,08592	0,00000
2	0,17424	0,00001	0,17328	0,00003	0,17184	0,00004
3	0,26136	0,00007	0,25992	0,00013	0,25776	0,00020
4	0,34848	0,00021	0,34656	0,00042	0,34368	0,00061
5	0,43560	0,00051	0,43320	0,00101	0,42960	0,00149
6	0,52272	0,00105	0,51984	0,00207	0,51552	0,00305
7	0,60984	0,00192	0,60648	0,00379	0,60144	0,00567
8	0,69696	0,00323	0,69312	0,00637	0,68736	0,00936
9	0,78408	0,00508	0,77976	0,01004	0,77328	0,01474
10	0,87120	0,00760	0,86640	0,01501	0,85920	0,02205
11	0,95832	0,01089	0,95304	0,02152	0,94512	0,03164
12	1,04544	0,01507	1,03968	0,02961	1,03104	0,04386
13	1,13256	0,02025	1,12632	0,04008	1,11696	0,05905
14	1,21968	0,02652	1,21296	0,05254	1,20288	0,07755
15	1,30680	0,03396	1,29960	0,06740	1,28880	0,09970
16	1,39392	0,04266	1,38624	0,08481	1,37472	0,12584
17	1,48104	0,05266	1,47288	0,10492	1,46064	0,15631
18	1,56816	0,06400	1,55952	0,12786	1,54656	0,19140

$1800 < D \leq 2400$

0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
1	0,06534	0,00000	0,06498	0,00000	0,06444	0,00000
2	0,13068	0,00000	0,12996	0,00001	0,12888	0,00001
3	0,19602	0,00002	0,19494	0,00004	0,19332	0,00006
4	0,26136	0,00007	0,25992	0,00013	0,25776	0,00020
5	0,32670	0,00016	0,32490	0,00032	0,32220	0,00048
6	0,39204	0,00034	0,38988	0,00067	0,38664	0,00098
7	0,45738	0,00062	0,45486	0,00123	0,45108	0,00180
8	0,52272	0,00105	0,51984	0,00207	0,51552	0,00305
9	0,58806	0,00167	0,58482	0,00329	0,57996	0,00483
10	0,65340	0,00251	0,64980	0,00496	0,64440	0,00728
11	0,71874	0,00364	0,71478	0,00718	0,70884	0,01054
12	0,78408	0,00508	0,77976	0,01004	0,77328	0,01474
13	0,84942	0,00690	0,84474	0,01363	0,83772	0,02002
14	0,91476	0,00914	0,90972	0,01806	0,90216	0,02654
15	0,98010	0,01185	0,97470	0,02342	0,96660	0,03444
16	1,04544	0,01507	1,03968	0,02961	1,03104	0,04386
17	1,11078	0,01885	1,10466	0,03731	1,09548	0,05495
18	1,17612	0,02324	1,16964	0,04602	1,15992	0,06786
19	1,24146	0,02826	1,23462	0,05603	1,22436	0,08273
20	1,30680	0,03396	1,29960	0,06740	1,28880	0,09970
21	1,37214	0,04037	1,36458	0,08021	1,35324	0,11892
22	1,43748	0,04749	1,42956	0,09452	1,41768	0,14052
23	1,50282	0,05537	1,49454	0,11039	1,48212	0,16443
24	1,56816	0,06400	1,55952	0,12786	1,54656	0,19140

$2400 < D \leq 4000$

0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
1	0,04356	0,00000	0,04332	0,00000	0,04296	0,00000
2	0,08712	0,00000	0,08664	0,00000	0,08592	0,00000
3	0,13068	0,00000	0,12996	0,00001	0,12888	0,00001

Номер точки	Угол при вершине конуса $\alpha$ , град					
	5		10		15	
	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$
4	0,17424	0,00001	0,17328	0,00003	0,17184	0,00004
5	0,21780	0,00003	0,21660	0,00006	0,21480	0,00009
6	0,26136	0,00007	0,25992	0,00013	0,25776	0,00020
7	0,30492	0,00012	0,30324	0,00025	0,30072	0,00036
8	0,34848	0,00021	0,34656	0,00042	0,34368	0,00061
9	0,39204	0,00034	0,38988	0,00067	0,38664	0,00098
10	0,43560	0,00051	0,43320	0,00101	0,42960	0,00149
11	0,47916	0,00075	0,47652	0,00167	0,47256	0,00216
12	0,52272	0,00105	0,51984	0,00207	0,51552	0,00305
13	0,56628	0,00144	0,56316	0,00284	0,55848	0,00417
14	0,60984	0,00192	0,60648	0,00379	0,60144	0,00557
15	0,65340	0,00251	0,64980	0,00496	0,64440	0,00728
16	0,69696	0,00323	0,69312	0,00637	0,68736	0,00936
17	0,74052	0,00408	0,73644	0,00805	0,73032	0,01183
18	0,78408	0,00508	0,77976	0,01004	0,77328	0,01474
19	0,82764	0,00625	0,82308	0,01234	0,81624	0,01813
20	0,87120	0,00760	0,86640	0,01501	0,85920	0,02205
21	0,91476	0,00914	0,90972	0,01806	0,90216	0,02654
22	0,95832	0,01089	0,95304	0,02152	0,94512	0,03164
23	1,00188	0,01286	0,99636	0,02543	0,98802	0,03740
24	1,04544	0,01507	1,03968	0,02961	1,03104	0,04386
25	1,08900	0,01753	1,08300	0,03468	1,07400	0,05106
26	1,13256	0,02025	1,12632	0,04008	1,11696	0,05905
27	1,17612	0,02324	1,16984	0,04602	1,15992	0,06786
28	1,21968	0,02652	1,21296	0,05264	1,20288	0,07755
29	1,26324	0,03009	1,25628	0,05966	1,24584	0,08815
30	1,30680	0,03396	1,29960	0,06740	1,28880	0,09970
31	1,35036	0,03815	1,34292	0,07677	1,33176	0,11225
32	1,39392	0,04266	1,38624	0,08481	1,37472	0,12584
33	1,43748	0,04749	1,42956	0,09452	1,41768	0,14052
34	1,48104	0,05266	1,47288	0,10492	1,46064	0,15631
35	1,52460	0,05816	1,51620	0,11603	1,50360	0,17326
36	1,56816	0,06400	1,55952	0,12786	1,54656	0,19140

 $4000 < D \leq 6000$ 

0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
1	0,03267	0,00000	0,03249	0,00000	0,03222	0,00000
2	0,06534	0,00000	0,06498	0,00000	0,06444	0,00000
3	0,09801	0,00000	0,09747	0,00000	0,09666	0,00000
4	0,13068	0,00000	0,12996	0,00001	0,12888	0,00001
5	0,16335	0,00001	0,16245	0,00002	0,16110	0,00003
6	0,19602	0,00002	0,19494	0,00004	0,19332	0,00006
7	0,22869	0,00004	0,22743	0,00008	0,22554	0,00011
8	0,26136	0,00007	0,25992	0,00013	0,25776	0,00020
9	0,29403	0,00011	0,29241	0,00021	0,28998	0,00031
10	0,32670	0,00016	0,32490	0,00032	0,32220	0,00048
11	0,35937	0,00024	0,35739	0,00047	0,35442	0,00069
12	0,39204	0,00034	0,38988	0,00067	0,38664	0,00098
13	0,42471	0,00046	0,42237	0,00091	0,41886	0,00134
14	0,45738	0,00062	0,45486	0,00123	0,45108	0,00180
15	0,49005	0,00082	0,48735	0,00161	0,48330	0,00236
16	0,52272	0,00105	0,51984	0,00207	0,51552	0,00305
17	0,55539	0,00133	0,55233	0,00263	0,54774	0,00386

Продолжение табл. V.3

Номер точки	Угол при вершине конуса $\alpha$ , град					
	5		10		15	
	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$
18	0,58806	0,00167	0,58482	0,00329	0,57996	0,00483
19	0,62073	0,00206	0,61731	0,00406	0,61218	0,00597
20	0,65340	0,00251	0,64980	0,00496	0,64440	0,00728
21	0,68607	0,00304	0,68229	0,00600	0,67662	0,00880
22	0,71874	0,00364	0,71478	0,00718	0,70884	0,01034
23	0,75141	0,00431	0,74727	0,00852	0,74106	0,01251
24	0,78408	0,00508	0,77976	0,01004	0,77328	0,01474
25	0,81675	0,00594	0,81225	0,01173	0,80550	0,01724
26	0,84942	0,00690	0,84474	0,01363	0,83772	0,02002
27	0,88209	0,00796	0,87723	0,01573	0,86994	0,02312
28	0,91476	0,00914	0,90972	0,01806	0,90216	0,02654
29	0,94743	0,01043	0,94221	0,02062	0,93438	0,03031
30	0,98010	0,01185	0,97470	0,02342	0,96660	0,03444
31	1,01277	0,01339	1,00719	0,02648	0,99882	0,03895
32	1,04544	0,01507	1,03968	0,02961	1,03104	0,04386
33	1,07811	0,01689	1,07217	0,03341	1,06326	0,04919
34	1,11078	0,01885	1,10466	0,03731	1,09548	0,05495
35	1,14345	0,02097	1,13715	0,04151	1,12770	0,06117
36	1,17612	0,02324	1,16964	0,04602	1,15992	0,06786
37	1,20879	0,02567	1,20213	0,05086	1,19214	0,07504
38	1,24146	0,02826	1,23462	0,05603	1,22436	0,08273
39	1,27413	0,03103	1,26711	0,06154	1,25658	0,09095
40	1,30680	0,03396	1,29960	0,06740	1,28880	0,09970
41	1,33947	0,03708	1,33209	0,07362	1,32102	0,10902
42	1,37214	0,04037	1,36458	0,08021	1,35324	0,11892
43	1,40481	0,04384	1,39707	0,08717	1,38546	0,12941
44	1,43748	0,04749	1,42956	0,09452	1,41768	0,14052
45	1,47015	0,05134	1,46205	0,10223	1,44990	0,15225
46	1,50282	0,05537	1,49454	0,11039	1,48212	0,16443
47	1,53549	0,05959	1,52703	0,11892	1,51434	0,17768
48	1,56816	0,06400	1,55952	0,12786	1,54656	0,19140

Номер точки	Угол при вершине конуса $\alpha$ , град					
	20		25		30	
	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$

$D \leq 600$

0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
1	0,25464	0,00025	0,25056	0,00030	0,24552	0,00035
2	0,50928	0,00394	0,50112	0,00473	0,49104	0,00540
3	0,76392	0,01908	0,75168	0,02293	0,73656	0,02622
4	1,01856	0,05691	1,00224	0,06859	0,98208	0,07862
5	1,27320	0,13028	1,25280	0,16844	1,22760	0,18342
6	1,52784	0,25449	1,50336	0,31693	1,47312	0,37867

$600 < D \leq 800$

0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
1	0,19098	0,00008	0,18792	0,00010	0,18414	0,00011
2	0,38196	0,00127	0,37584	0,00152	0,36828	0,00174
3	0,57294	0,00625	0,56376	0,00751	0,55242	0,00858

Продолжение табл. V.3

Номер точки	Угол при вершине конуса $\alpha$ , град					
	20		25		30	
	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$
4	0,76392	0,01908	0,75168	0,02293	0,73656	0,02622
5	0,95490	0,04464	0,93960	0,05370	0,92070	0,06153
6	1,14588	0,08829	1,12752	0,10677	1,10484	0,12281
7	1,33686	0,15589	1,31544	0,19033	1,28898	0,22140
8	1,52784	0,25449	1,50336	0,31693	1,47312	0,37867
$800 < D \leq 900$						
0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
1	0,16976	0,00005	0,16704	0,00006	0,16368	0,00007
2	0,33952	0,00079	0,33408	0,00095	0,32736	0,00109
3	0,50928	0,00394	0,50112	0,00473	0,49104	0,00540
4	0,67904	0,01211	0,66816	0,01455	0,65472	0,01662
5	0,84880	0,02856	0,83520	0,03435	0,81840	0,03928
6	1,01856	0,05691	1,00224	0,06859	0,98208	0,07862
7	1,18832	0,10102	1,16928	0,12235	1,14576	0,14098
8	1,35808	0,16517	1,33632	0,20198	1,30944	0,23539
9	1,52784	0,25449	1,50336	0,31693	1,47312	0,37867
$900 < D \leq 1200$						
0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
1	0,12732	0,00002	0,12528	0,00002	0,12276	0,00002
2	0,25464	0,00025	0,25056	0,00030	0,24552	0,00035
3	0,38196	0,00127	0,37584	0,00152	0,36828	0,00174
4	0,50928	0,00394	0,50112	0,00473	0,49104	0,00540
5	0,63660	0,00943	0,62640	0,01133	0,61380	0,01294
6	0,76392	0,01908	0,75168	0,02293	0,73656	0,02622
7	0,89124	0,03438	0,87696	0,04138	0,85932	0,04733
8	1,01856	0,05691	1,00224	0,06859	0,98208	0,07862
9	1,14588	0,08829	1,12752	0,10677	1,10484	0,12281
10	1,27320	0,13028	1,25280	0,15844	1,22760	0,18342
11	1,40052	0,18491	1,37808	0,22692	1,35036	0,26567
12	1,52784	0,25449	1,50336	0,31693	1,47312	0,37867
$1200 < D \leq 1600$						
0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
1	0,09549	0,00001	0,09396	0,00001	0,09207	0,00001
2	0,19098	0,00008	0,18792	0,00010	0,18414	0,00011
3	0,28647	0,00041	0,28188	0,00049	0,27621	0,00055
4	0,38196	0,00127	0,37584	0,00152	0,36828	0,00174
5	0,47745	0,00306	0,46980	0,00367	0,46035	0,00419
6	0,57294	0,00625	0,56376	0,00751	0,55242	0,00858
7	0,66843	0,01139	0,65772	0,01369	0,64449	0,01564
8	0,76392	0,01908	0,75168	0,02293	0,73656	0,02622
9	0,85941	0,02994	0,84564	0,03602	0,82863	0,04119
10	0,95490	0,04464	0,93960	0,05376	0,92070	0,06153
11	1,05039	0,06386	1,03356	0,07702	1,01277	0,08834
12	1,14588	0,08829	1,12752	0,10677	1,10484	0,12281
13	1,24137	0,11869	1,22148	0,14410	1,19691	0,16648
14	1,33686	0,15589	1,31544	0,19033	1,28898	0,21140
15	1,43235	0,20630	1,40940	0,24717	1,38105	0,29053
16	1,52784	0,25449	1,50336	0,31693	1,47312	0,37867

Номер точки	Угол при вершине конуса $\alpha$ , град					
	20		25		30	
	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$

$1600 < D \leq 1800$

0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
1	0,08488	0,00000	0,08352	0,00000	0,08184	0,00000
2	0,16976	0,00005	0,16704	0,00006	0,16368	0,00007
3	0,25464	0,00025	0,25056	0,00030	0,24552	0,00035
4	0,33952	0,00079	0,33408	0,00095	0,32736	0,00109
5	0,42440	0,00192	0,41760	0,00231	0,40920	0,00264
6	0,50928	0,00394	0,50112	0,00473	0,49104	0,00540
7	0,59416	0,00721	0,58464	0,00866	0,57288	0,00989
8	0,67904	0,01211	0,66816	0,01455	0,65472	0,01662
9	0,76392	0,01908	0,75168	0,02293	0,73656	0,02622
10	0,84880	0,02856	0,83520	0,03435	0,81840	0,03928
11	0,93368	0,04101	0,91872	0,04937	0,90024	0,05650
12	1,01856	0,05691	1,00224	0,06859	0,98208	0,07962
13	1,10344	0,07674	1,08576	0,09268	1,06392	0,10646
14	1,18832	0,10102	1,16928	0,12235	1,14576	0,14098
15	1,27320	0,13028	1,25280	0,15844	1,22760	0,18362
16	1,35808	0,16517	1,33632	0,20198	1,30944	0,23539
17	1,44296	0,20630	1,41984	0,25424	1,39128	0,29927
18	1,52784	0,25449	1,50336	0,31693	1,47312	0,37867

$1800 < D \leq 2400$

0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
1	0,06366	0,00000	0,06264	0,00000	0,06138	0,00000
2	0,12732	0,00002	0,12528	0,00002	0,12276	0,00002
3	0,19098	0,00008	0,18792	0,00010	0,18414	0,00011
4	0,25464	0,00025	0,25056	0,00030	0,24552	0,00035
5	0,31830	0,00062	0,31320	0,00074	0,30690	0,00084
6	0,38196	0,00127	0,37584	0,00152	0,36828	0,00174
7	0,44562	0,00233	0,43848	0,00280	0,42966	0,00319
8	0,50928	0,00394	0,50112	0,00473	0,49104	0,00540
9	0,57294	0,00625	0,56376	0,00751	0,55242	0,00858
10	0,63660	0,00943	0,62640	0,01133	0,61380	0,01294
11	0,70026	0,01364	0,68904	0,01640	0,67518	0,01873
12	0,76392	0,01908	0,75168	0,02293	0,73656	0,02622
13	0,82758	0,02593	0,81432	0,03118	0,79794	0,03566
14	0,89124	0,03438	0,87696	0,04138	0,85932	0,04733
15	0,95490	0,04464	0,93960	0,05376	0,92070	0,06153
16	1,01856	0,05691	1,00224	0,06859	0,98208	0,07862
17	1,08222	0,07138	1,06488	0,08616	1,04346	0,09891
18	1,14588	0,08825	1,12752	0,10677	1,10484	0,12281
19	1,20954	0,10784	1,19016	0,13074	1,16622	0,15079
20	1,27320	0,13028	1,25280	0,15844	1,22760	0,18342
21	1,33686	0,15589	1,31544	0,19033	1,28898	0,22140
22	1,40052	0,18491	1,37808	0,22692	1,35036	0,26567
23	1,46418	0,21766	1,44072	0,26885	1,41174	0,31746
24	1,52784	0,25449	1,50336	0,31693	1,47312	0,37867

$2400 < D \leq 4000$

0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
1	0,04244	0,00000	0,04176	0,00000	0,04092	0,00000
2	0,08488	0,00000	0,08352	0,00000	0,08184	0,00000
3	0,12732	0,00002	0,12528	0,00002	0,12276	0,00002
4	0,16976	0,00005	0,16704	0,00006	0,16368	0,00007

Номер точки	Угол при вершине конуса $\alpha$ , град					
	20		25		30	
	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$
5	0,21220	0,00012	0,20880	0,00015	0,20460	0,00017
6	0,25464	0,00025	0,25056	0,00030	0,24552	0,00035
7	0,29708	0,00047	0,29232	0,00056	0,28644	0,00064
8	0,33952	0,00079	0,33408	0,00095	0,32736	0,00109
9	0,38196	0,00127	0,37584	0,00152	0,36828	0,00174
10	0,42440	0,00192	0,41760	0,00231	0,40920	0,00264
11	0,46684	0,00280	0,45936	0,00336	0,45012	0,00384
12	0,50928	0,00394	0,50112	0,00473	0,49104	0,00540
13	0,55172	0,00539	0,54288	0,00648	0,53196	0,00740
14	0,59416	0,00721	0,58464	0,00866	0,57288	0,00989
15	0,63660	0,00943	0,62640	0,01133	0,61380	0,01294
16	0,67104	0,01211	0,66816	0,01455	0,65472	0,01662
17	0,72148	0,01531	0,70992	0,01840	0,69564	0,02103
18	0,76392	0,01908	0,75168	0,02293	0,73656	0,02622
19	0,80636	0,02348	0,79344	0,02823	0,77748	0,03228
20	0,84880	0,02856	0,83520	0,03435	0,81840	0,03928
21	0,89124	0,03438	0,87696	0,04138	0,85932	0,04733
22	0,93368	0,04101	0,91872	0,04937	0,90024	0,05650
23	0,97612	0,04850	0,96048	0,05842	0,94116	0,06690
24	1,01856	0,05691	1,00224	0,06859	0,98208	0,07862
25	1,06100	0,06630	1,04400	0,07998	1,02300	0,09177
26	1,10344	0,07674	1,08576	0,09268	1,06392	0,10646
27	1,14588	0,08829	1,12752	0,10677	1,10484	0,12281
28	1,18832	0,10102	1,16928	0,12235	1,14576	0,14098
29	1,23076	0,11499	1,21104	0,13954	1,18668	0,16112
30	1,27320	0,13028	1,25280	0,15844	1,22760	0,18342
31	1,31564	0,14699	1,29456	0,17920	1,26852	0,20810
32	1,35808	0,16517	1,33632	0,20198	1,30944	0,23539
33	1,40052	0,18491	1,37808	0,22692	1,35036	0,26567
34	1,44296	0,20630	1,41984	0,25424	1,39128	0,29927
35	1,48540	0,22947	1,46160	0,28415	1,43220	0,33672
36	1,52784	0,25449	1,50336	0,31692	1,47312	0,37867

 $4000 < D \leq 6000$ 

0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
1	0,03183	0,00000	0,03132	0,00000	0,03069	0,00000
2	0,06366	0,00000	0,06264	0,00000	0,06138	0,00000
3	0,09549	0,00001	0,09396	0,00001	0,09207	0,00001
4	0,12732	0,00002	0,12528	0,00002	0,12276	0,00002
5	0,15915	0,00004	0,15660	0,00005	0,15345	0,00005
6	0,19098	0,00008	0,18792	0,00010	0,18414	0,00011
7	0,22281	0,00015	0,21924	0,00018	0,21483	0,00020
8	0,25464	0,00025	0,25056	0,00030	0,24552	0,00035
9	0,28647	0,00041	0,28188	0,00049	0,27621	0,00055
10	0,31830	0,00062	0,31320	0,00074	0,30690	0,00084
11	0,35013	0,00090	0,34452	0,00108	0,33759	0,00123
12	0,38196	0,00127	0,37584	0,00152	0,36828	0,00174
13	0,41371	0,00174	0,40716	0,00209	0,39897	0,00238
14	0,44562	0,00233	0,43848	0,00280	0,42966	0,00319
15	0,47745	0,00306	0,46980	0,00367	0,46035	0,00419
16	0,50928	0,00394	0,50112	0,00473	0,49104	0,00540
17	0,54111	0,00500	0,53244	0,00600	0,52173	0,00686
18	0,57294	0,00625	0,56376	0,00751	0,55242	0,00858
19	0,60477	0,00772	0,59508	0,00928	0,58311	0,01060

Номер точки	Угол при вершине конуса $\alpha$ , град					
	20		25		30	
	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$
20	0,63660	0,00943	0,62640	0,01133	0,61380	0,01294
21	0,66843	0,01139	0,65770	0,01369	0,64449	0,01564
22	0,70026	0,01364	0,68904	0,01640	0,67518	0,01873
23	0,73209	0,01620	0,72046	0,01947	0,70587	0,02225
24	0,76392	0,01908	0,75168	0,02293	0,73656	0,02622
25	0,79575	0,02231	0,78300	0,02683	0,76725	0,03068
26	0,82758	0,02593	0,81432	0,03118	0,79794	0,03566
27	0,85941	0,02994	0,84564	0,03602	0,82863	0,04119
28	0,89124	0,03438	0,87696	0,04138	0,85932	0,04733
29	0,92307	0,03928	0,90828	0,04728	0,89001	0,05410
30	0,95490	0,04464	0,93960	0,05376	0,92070	0,06153
31	0,98673	0,05051	0,97092	0,06085	0,95139	0,06971
32	1,01856	0,05691	1,00224	0,06859	0,98208	0,07862
33	1,05039	0,06386	1,03356	0,07702	1,01277	0,08834
34	1,08222	0,07138	1,06488	0,08616	1,04346	0,09891
35	1,11405	0,07952	1,09620	0,09607	1,07415	0,11038
36	1,14588	0,08829	1,12752	0,10677	1,10484	0,12281
37	1,17771	0,09772	1,15884	0,11831	1,13553	0,13626
38	1,20954	0,10784	1,19016	0,13074	1,16622	0,15079
39	1,24137	0,11869	1,22148	0,14410	1,19691	0,16648
40	1,27320	0,13028	1,25280	0,15844	1,22760	0,18342
41	1,30503	0,14268	1,28412	0,17383	1,25829	0,20169
42	1,33686	0,15589	1,31544	0,19033	1,28898	0,22140
43	1,36869	0,16995	1,34676	0,20800	1,31967	0,24268
44	1,40052	0,18491	1,37808	0,22692	1,35036	0,26587
45	1,43235	0,20079	1,40940	0,24717	1,38105	0,29053
46	1,46418	0,21766	1,44072	0,26885	1,41174	0,31746
47	1,49601	0,23555	1,47204	0,29207	1,44243	0,34675
48	1,52784	0,25449	1,50336	0,31693	1,47312	0,37867

Номер точки	Угол при вершине конуса $\alpha$ , град					
	35		40		45	
	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$

 $D \leq 600$ 

0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
1	0,23928	0,00038	0,23208	0,00040	0,22392	0,00042
2	0,47856	0,00593	0,46416	0,00631	0,44784	0,00650
3	0,71784	0,02881	0,69624	0,03063	0,67176	0,03164
4	0,95712	0,08664	0,92832	0,09236	0,89568	0,09556
5	1,19640	0,20425	1,16040	0,21998	1,11960	0,22951
6	1,43568	0,43943	1,39248	0,49913	1,34352	0,55766

 $600 < D \leq 800$ 

0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
1	0,17946	0,00012	0,17406	0,00013	0,16794	0,00013
2	0,35892	0,00190	0,34812	0,00202	0,33588	0,00209
3	0,53838	0,00942	0,52218	0,01001	0,50382	0,01033
4	0,71784	0,02881	0,69624	0,03063	0,67176	0,03164
5	0,89730	0,06775	0,87030	0,07217	0,83970	0,07460

Продолжение табл. V.3

Номер точки	Угол при вершине конуса $\alpha$ , град					
	35		40		45	
	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$
6	1,07676	0,13583	1,04436	0,14530	1,00764	0,15074
7	1,25622	0,24790	1,21842	0,26851	1,17558	0,28162
8	1,43568	0,43943	1,39248	0,49913	1,34352	0,55766

 $800 < D \leq 900$ 

0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
1	0,15952	0,00008	0,15472	0,00008	0,14928	0,00008
2	0,31904	0,00119	0,30944	0,00127	0,29856	0,00131
3	0,47856	0,00593	0,46416	0,00631	0,44784	0,00650
4	0,63808	0,01827	0,61888	0,01942	0,59712	0,02005
5	0,79760	0,04320	0,77360	0,04596	0,74640	0,04748
6	0,95712	0,08664	0,92832	0,09236	0,89568	0,09556
7	1,11664	0,15621	1,08304	0,16739	1,04496	0,17391
8	1,27616	0,26417	1,23776	0,28683	1,19424	0,30157
9	1,43568	0,43943	1,39248	0,49913	1,34352	0,55766

 $900 < D \leq 1200$ 

0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
1	0,11964	0,00002	0,11604	0,00003	0,11196	0,00003
2	0,23928	0,00038	0,23208	0,00040	0,22392	0,00042
3	0,35892	0,00190	0,34812	0,00202	0,33588	0,00209
4	0,47856	0,00593	0,46416	0,00631	0,44784	0,00650
5	0,59820	0,01421	0,58020	0,01511	0,55980	0,01560
6	0,71784	0,02881	0,69624	0,03063	0,67176	0,03164
7	0,83748	0,05206	0,81228	0,05541	0,78372	0,05726
8	0,95712	0,08664	0,92832	0,09236	0,89568	0,09556
9	1,07676	0,13583	1,04436	0,14530	1,00764	0,15074
10	1,19640	0,20425	1,16040	0,21998	1,11960	0,22951
11	1,31604	0,29974	1,27644	0,32742	1,23156	0,34636
12	1,43568	0,43943	1,39248	0,49913	1,34352	0,55766

 $1200 < D \leq 1600$ 

0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
1	0,08973	0,00001	0,08703	0,00001	0,08397	0,00001
2	0,17946	0,00012	0,17406	0,00013	0,16794	0,00013
3	0,26919	0,00061	0,26109	0,00064	0,25191	0,00067
4	0,35892	0,00190	0,34812	0,00202	0,33588	0,00209
5	0,44865	0,00460	0,43515	0,00489	0,41985	0,00505
6	0,53838	0,00942	0,52218	0,01001	0,50382	0,01033
7	0,62811	0,01718	0,60921	0,01826	0,58779	0,01885
8	0,71784	0,02881	0,69624	0,03063	0,67176	0,03164
9	0,80757	0,04530	0,78327	0,04820	0,75573	0,04980
10	0,89730	0,06775	0,87030	0,07217	0,83970	0,07460
11	0,98703	0,09742	0,95733	0,10392	0,92367	0,10757
12	1,07676	0,13583	1,04436	0,14530	1,00764	0,15074
13	1,16649	0,18500	1,13139	0,19881	1,09161	0,20705
14	1,25622	0,24790	1,21842	0,26851	1,17558	0,28162
15	1,34595	0,32943	1,30545	0,36202	1,25955	0,38547
16	1,43568	0,43943	1,39248	0,49913	1,34352	0,55766

Продолжение табл. V.3

Номер точки	Угол при вершине конуса $\alpha$ , град					
	35		40		45	
	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$

 $1600 < D \leq 1800$ 

0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
1	0,07976	0,00000	0,07736	0,00001	0,07464	0,00001
2	0,15952	0,00008	0,15472	0,00008	0,14928	0,00008
3	0,23928	0,00038	0,23208	0,00040	0,22392	0,00042
4	0,31904	0,00119	0,30944	0,00127	0,29856	0,00131
5	0,39880	0,00289	0,38680	0,00307	0,37320	0,00317
6	0,47856	0,00593	0,46416	0,00631	0,44784	0,00650
7	0,55832	0,01086	0,54152	0,01154	0,52248	0,01191
8	0,63808	0,01827	0,61888	0,01942	0,59712	0,02005
9	0,71784	0,02881	0,69624	0,03063	0,67176	0,03164
10	0,79760	0,04320	0,77360	0,04596	0,74640	0,04748
11	0,87736	0,06218	0,85096	0,06622	0,82104	0,06844
12	0,95712	0,08664	0,92832	0,09236	0,89568	0,09556
13	1,03688	0,11756	1,00568	0,12559	0,97032	0,13014
14	1,11664	0,15621	1,08304	0,16739	1,04496	0,17391
15	1,19640	0,20425	1,16040	0,21998	1,11960	0,22951
16	1,27616	0,26417	1,23776	0,28683	1,19424	0,30157
17	1,35592	0,34000	1,31512	0,37452	1,26888	0,39980
18	1,43568	0,43943	1,39248	0,49913	1,34352	0,55766

 $1800 < D \leq 2400$ 

0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
1	0,05982	0,00000	0,05802	0,00000	0,05598	0,00000
2	0,11964	0,00002	0,11604	0,00003	0,11196	0,00003
3	0,17946	0,00012	0,17406	0,00013	0,16794	0,00013
4	0,23928	0,00038	0,23208	0,00040	0,22392	0,00042
5	0,29910	0,00093	0,29010	0,00098	0,27990	0,00101
6	0,35892	0,00190	0,34812	0,00202	0,33588	0,00209
7	0,41874	0,00351	0,40614	0,00372	0,39186	0,00384
8	0,47856	0,00593	0,46416	0,00631	0,44784	0,00650
9	0,53838	0,00942	0,52218	0,01001	0,50382	0,01033
10	0,59820	0,01421	0,58020	0,01511	0,55980	0,01560
11	0,65802	0,02058	0,63822	0,02188	0,61578	0,02259
12	0,71784	0,02881	0,69624	0,03063	0,67176	0,03164
13	0,77766	0,03920	0,75426	0,04170	0,72774	0,04306
14	0,83748	0,05206	0,81228	0,05541	0,78372	0,05726
15	0,89730	0,06775	0,87030	0,07217	0,83970	0,07469
16	0,95712	0,08664	0,92832	0,09236	0,89568	0,09556
17	1,01694	0,10916	0,98634	0,11665	0,95165	0,12071
18	1,07676	0,13583	1,04436	0,14530	1,00764	0,15074
19	1,13658	0,16726	1,10238	0,17942	1,06362	0,18657
20	1,19640	0,20425	1,16040	0,21998	1,11960	0,22951
21	1,25622	0,24790	1,21842	0,26851	1,17558	0,28162
22	1,31604	0,29974	1,27644	0,32742	1,23156	0,34636
23	1,37586	0,36219	1,33446	0,40114	1,28754	0,43102
24	1,43568	0,43943	1,39248	0,49913	1,34352	0,55766

 $2400 < D \leq 4000$ 

0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
1	0,03988	0,00000	0,03868	0,00000	0,03732	0,00000
2	0,07976	0,00000	0,07736	0,00001	0,07464	0,00001
3	0,11964	0,00002	0,11604	0,00003	0,11196	0,00003

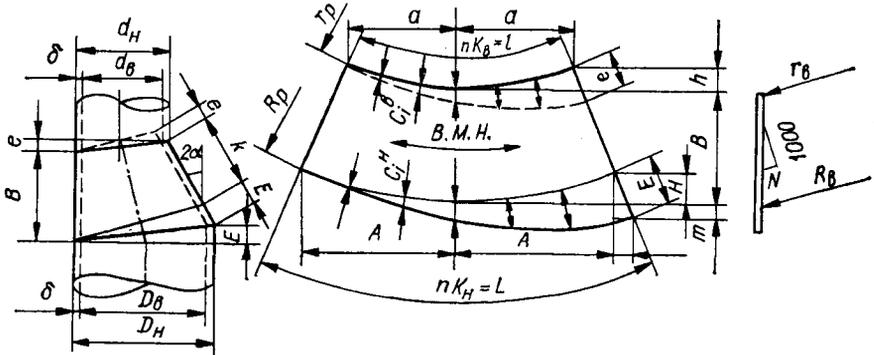
Номер точка	Угол при вершине конуса $\alpha$ , град					
	35		40		45	
	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$
4	0,15952	0,00008	0,15472	0,00008	0,14928	0,00008
5	0,19940	0,00018	0,19340	0,00020	0,18660	0,00020
6	0,23928	0,00038	0,23208	0,00040	0,22392	0,00042
7	0,27916	0,00070	0,27076	0,00075	0,26124	0,00077
8	0,31904	0,00119	0,30944	0,00127	0,29856	0,00131
9	0,35892	0,00190	0,34812	0,00202	0,33588	0,00209
10	0,39880	0,00289	0,38680	0,00307	0,37320	0,00317
11	0,43868	0,00421	0,42548	0,00447	0,41052	0,00462
12	0,47856	0,00593	0,46416	0,00631	0,44784	0,00650
13	0,51844	0,00813	0,50284	0,00863	0,48516	0,00891
14	0,55832	0,01086	0,54152	0,01154	0,52248	0,01191
15	0,59820	0,01421	0,58020	0,01511	0,55980	0,01560
16	0,63808	0,01827	0,61888	0,01942	0,59712	0,02005
17	0,67796	0,02310	0,65756	0,02457	0,63444	0,02536
18	0,71784	0,02881	0,69624	0,03063	0,67176	0,03164
19	0,75772	0,03548	0,73492	0,03774	0,70908	0,03897
20	0,79760	0,04320	0,77360	0,04596	0,74640	0,04748
21	0,83748	0,05206	0,81228	0,05541	0,78372	0,05726
22	0,87736	0,06218	0,85096	0,06622	0,82104	0,06844
23	0,91724	0,07367	0,88964	0,07849	0,85836	0,08116
24	0,95712	0,08664	0,92832	0,09236	0,89568	0,09556
25	0,99700	0,10122	0,96700	0,10801	0,93300	0,11182
26	1,03688	0,11756	1,00568	0,12559	0,97032	0,13014
27	1,07676	0,13583	1,04436	0,14530	1,00764	0,15074
28	1,11664	0,15621	1,08304	0,16739	1,04496	0,17391
29	1,15652	0,17893	1,12172	0,19215	1,08228	0,20001
30	1,19640	0,20425	1,16040	0,21998	1,11960	0,22951
31	1,23628	0,23254	1,19908	0,25130	1,15692	0,26307
32	1,27616	0,26417	1,23776	0,28683	1,19424	0,30157
33	1,31604	0,29974	1,27644	0,32742	1,23156	0,34636
34	1,35592	0,34000	1,31512	0,37452	1,26888	0,39980
35	1,39580	0,38601	1,35380	0,43033	1,30620	0,46635
36	1,43568	0,43943	1,39248	0,49913	1,34352	0,55766

$$4000 < D \leq 6000$$

0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
1	0,02991	0,00000	0,02901	0,00000	0,02799	0,00000
2	0,05982	0,00000	0,05802	0,00000	0,05598	0,00000
3	0,08973	0,00001	0,08703	0,00001	0,08397	0,00001
4	0,11964	0,00002	0,11604	0,00003	0,11196	0,00003
5	0,14955	0,00006	0,14505	0,00006	0,13995	0,00005
6	0,17946	0,00012	0,17406	0,00013	0,16794	0,00013

Номер точки	Угол при вершине конуса $\alpha$ , град					
	35		40		45	
	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$
7	0,20937	0,00022	0,20307	0,00024	0,19593	0,00024
8	0,23928	0,00038	0,23208	0,00040	0,22392	0,00042
9	0,26919	0,00061	0,26109	0,00064	0,25191	0,00067
10	0,29910	0,00093	0,29010	0,00098	0,27990	0,00101
11	0,32901	0,00135	0,31911	0,00143	0,30789	0,00148
12	0,35892	0,00190	0,34812	0,00202	0,33588	0,00209
13	0,38883	0,00262	0,37713	0,00278	0,36387	0,00287
14	0,41874	0,00351	0,40614	0,00372	0,39186	0,00384
15	0,44865	0,00460	0,43515	0,00489	0,41985	0,00505
16	0,47856	0,00593	0,46416	0,00631	0,44784	0,00650
17	0,50847	0,00753	0,49317	0,00600	0,47583	0,00826
18	0,53838	0,00942	0,52218	0,01001	0,50382	0,01033
19	0,56829	0,01163	0,55119	0,01237	0,53181	0,01276
20	0,59820	0,01421	0,58020	0,01511	0,55980	0,01560
21	0,62811	0,01718	0,60921	0,01826	0,58779	0,01885
22	0,65802	0,02058	0,63822	0,02188	0,61578	0,02259
23	0,68793	0,02444	0,66723	0,02599	0,64377	0,02684
24	0,71784	0,02881	0,69624	0,03063	0,67176	0,03164
25	0,74775	0,03371	0,72525	0,03586	0,69975	0,03704
26	0,77766	0,03920	0,75426	0,04170	0,72774	0,04306
27	0,80757	0,04530	0,78327	0,04820	0,75573	0,04980
28	0,83748	0,05206	0,81228	0,05541	0,78372	0,05726
29	0,86739	0,05952	0,84129	0,06339	0,81171	0,06550
30	0,89730	0,06775	0,87030	0,07217	0,83970	0,07460
31	0,92721	0,07677	0,89931	0,08180	0,86769	0,08460
32	0,95712	0,08664	0,92832	0,09236	0,89568	0,09556
33	0,98703	0,09742	0,95733	0,10392	0,92367	0,10757
34	1,01694	0,10916	0,98634	0,11655	0,95166	0,12071
35	1,04685	0,12194	1,01535	0,13031	0,97965	0,13507
36	1,07676	0,13583	1,04436	0,14530	1,00764	0,15074
37	1,10667	0,15091	1,07337	0,16163	1,03563	0,16786
38	1,13658	0,16726	1,10238	0,17942	1,06362	0,18657
39	1,16649	0,18500	1,13139	0,19881	1,09161	0,20705
40	1,19640	0,20425	1,16040	0,21998	1,11960	0,22951
41	1,22631	0,22517	1,18941	0,24312	1,14759	0,25427
42	1,25622	0,24790	1,21842	0,26851	1,17558	0,28162
43	1,28613	0,27268	1,24743	0,29645	1,20357	0,31209
44	1,31604	0,29974	1,27644	0,32742	1,23156	0,34636
45	1,34595	0,32943	1,30545	0,36202	0,25955	0,38547
46	1,37586	0,36219	1,33446	0,40114	1,28754	0,43102
47	1,40577	0,39860	1,36347	0,44608	1,31553	0,48605
48	1,43568	0,43943	1,39248	0,49913	1,34352	0,55766

Т а б л и ц а V.4. Коэффициенты для определения параметров конических переходов



P	m	Коэффициент K		
		2,5	5	7,5
E	D <sub>B</sub>	0,021831	0,043745	0,065826
e	d <sub>H</sub>			
R <sub>P</sub>	D <sub>CP</sub>	11,451900	5,715025	3,797877
r <sub>D</sub>	d <sub>CP</sub>			
A	D <sub>CP</sub>	0,784031	0,779969	0,773233
a	d <sub>CP</sub>			
H	D <sub>CP</sub>	0,026866	0,053475	0,079547
h	d <sub>CP</sub>			
L	D <sub>CP</sub>	1,569301	1,564819	1,557358
l	d <sub>CP</sub>			
R <sub>B</sub>	D <sub>B</sub>	0,499524	0,498097	0,495722
r <sub>B</sub>	d <sub>B</sub>			

Номер точки	Коэффициент			
	2,5	5	7,5	10

D<sub>B</sub> (d<sub>H</sub>)

0	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1	0,001460	0,002910	0,004339	0,005728
2	0,005450	0,010874	0,016246	0,021539
3	0,010905	0,021789	0,032631	0,043407
4	0,016365	0,032746	0,049157	0,065613
5	0,020366	0,040794	0,061346	0,082087
6	0,021831	0,043745	0,065826	0,088163

600 < D<sub>B</sub> (d<sub>H</sub>)

0	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1	0,000829	0,001653	0,002464	0,003258
2	0,003192	0,006365	0,009500	0,012577
3	0,006730	0,013431	0,020078	0,026640
4	0,010905	0,021789	0,032631	0,043407
5	0,015084	0,030174	0,045267	0,060372
6	0,018629	0,037297	0,056045	0,074912
7	0,020999	0,042068	0,063280	0,084708
8	0,021831	0,043745	0,065826	0,088163

и разверток при несоосном сопряжении цилиндров с общей образующей

$$P = mK; \quad K_H = L/n; \quad C_i^H = D_B K_1;$$

$$B = R_p - r_p; \quad K_B = l/n; \quad C_i^B = d_H K_1.$$

при $\alpha$ , град					
10	12,5	15	17,5	20	22,5
0,088163	0,110847	0,133975	0,157650	0,181985	0,207107
2,835641	2,255354	1,866025	1,585798	1,373739	1,207107
0,763910	0,752095	0,737910	0,721503	0,703038	0,682696
0,104836	0,129094	0,152100	0,173640	0,193528	0,211601
1,546933	1,533562	1,517273	1,498095	1,476066	1,451227
0,492404	0,488148	0,482963	0,476859	0,469846	0,461940

$K_1$ при $\alpha$ , град				
12,5	15	17,5	20	22,5
$\leq 600$				
0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0,007100	0,008411	0,009664	0,010850	0,011959
0,026727	0,031782	0,036678	0,041384	0,045874
0,054095	0,064665	0,075092	0,085099	0,095372
0,082126	0,098708	0,115370	0,132112	0,148941
0,103083	0,124401	0,146116	0,168299	0,191038
0,110847	0,133975	0,157650	0,181985	0,207107
$\leq 800$				
0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0,004028	0,004769	0,005476	0,006143	0,006766
0,015580	0,018487	0,021285	0,023943	0,026456
0,033090	0,039397	0,045530	0,051458	0,057147
0,054095	0,064665	0,075092	0,085099	0,095372
0,075489	0,090613	0,105745	0,120870	0,135985
0,093938	0,113164	0,132631	0,152376	0,172444
0,106430	0,128523	0,151078	0,174179	0,197932
0,110847	0,133975	0,157650	0,181985	0,207107

Номер точки	Коэффициент			
	2,5	5	7,5	10
				$800 < D_B (d_H)$
0	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1	0,000657	0,001309	0,001952	0,002581
2	0,002550	0,005083	0,007584	0,010038
3	0,005450	0,010874	0,016246	0,021539
4	0,009010	0,017994	0,026924	0,035775
5	0,012801	0,025590	0,038354	0,051081
6	0,016366	0,032746	0,049157	0,065613
7	0,019273	0,038594	0,058009	0,077569
8	0,021172	0,042416	0,063809	0,085426
9	0,021831	0,043745	0,065826	0,088163
				$900 < D_B (d_H)$
0	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1	0,000209	0,000417	0,000622	0,000822
2	0,000829	0,001653	0,002464	0,003258
3	0,001836	0,003660	0,005460	0,007224
4	0,003192	0,006365	0,009500	0,012577
5	0,004844	0,009663	0,014433	0,019129
6	0,006730	0,013431	0,020078	0,026640
7	0,008776	0,017525	0,026221	0,034835
8	0,010905	0,021789	0,032631	0,043407
9	0,013035	0,026059	0,038901	0,052031
10	0,015084	0,030174	0,045267	0,060372
11	0,016973	0,033964	0,051003	0,068102
12	0,018629	0,037297	0,056045	0,074912
13	0,019988	0,040033	0,060195	0,080524
14	0,020999	0,042068	0,063280	0,084708
15	0,021621	0,043322	0,065184	0,087291
16	0,021831	0,043745	0,065826	0,088163
				$1350 < D_B (d_H)$
0	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1	0,000165	0,000330	0,000492	0,000649
2	0,000657	0,001309	0,001952	0,002581
3	0,001460	0,002910	0,004339	0,005728
4	0,002550	0,005083	0,007584	0,010038
5	0,003893	0,007764	0,011592	0,015355
6	0,005450	0,010874	0,016246	0,021539
7	0,007173	0,014318	0,021407	0,028413
8	0,009010	0,017994	0,026924	0,035775
9	0,010905	0,021789	0,032631	0,043407
10	0,012801	0,025590	0,038354	0,051081
11	0,014640	0,029280	0,043920	0,058561
12	0,016366	0,032746	0,049157	0,065613
13	0,017926	0,035883	0,053903	0,072018
14	0,019273	0,038594	0,058009	0,077569
15	0,020366	0,040794	0,061346	0,082087
16	0,021172	0,042416	0,063809	0,085426
17	0,021665	0,043410	0,065318	0,087474
18	0,021831	0,043745	0,065826	0,088163
				$1800 < D_B (d_H)$
0	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1	0,000093	0,000186	0,000277	0,000366
2	0,000371	0,000740	0,001103	0,001457

$K_t$ при $\alpha$ , град	12,5	15	17,5	20	22,5
$\angle 900$					
0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0,003190	0,003777	0,004335	0,004863	0,005354	0,005874
0,012427	0,014738	0,016953	0,019059	0,021040	0,023421
0,026727	0,031782	0,036678	0,041384	0,045874	0,050364
0,044517	0,053117	0,061546	0,069768	0,077744	0,085599
0,063754	0,076354	0,088862	0,101251	0,113472	0,125599
0,082126	0,098708	0,115370	0,132112	0,148941	0,165599
0,097322	0,117317	0,137608	0,158244	0,179282	0,199828
0,107346	0,129654	0,152439	0,175795	0,199828	0,220374
0,110847	0,133975	0,157650	0,181985	0,207107	0,230828
$\angle 1350$					
0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0,001015	0,001202	0,001379	0,001546	0,001701	0,001856
0,004028	0,004769	0,005476	0,006143	0,006766	0,007349
0,008938	0,010593	0,012176	0,013676	0,015082	0,016404
0,015580	0,018487	0,021285	0,023943	0,026456	0,028924
0,023725	0,028196	0,032517	0,036662	0,040604	0,044444
0,033090	0,039397	0,045530	0,051458	0,057147	0,062699
0,043295	0,051700	0,059889	0,067868	0,075601	0,083169
0,054095	0,064665	0,075092	0,085099	0,095372	0,105924
0,064952	0,077807	0,090579	0,103239	0,115762	0,128559
0,075489	0,090613	0,105745	0,120870	0,135985	0,151169
0,085284	0,102566	0,119967	0,137496	0,155169	0,172444
0,093938	0,113164	0,132631	0,152376	0,172444	0,192924
0,101089	0,121946	0,143166	0,164809	0,186953	0,210599
0,106430	0,128523	0,151078	0,174179	0,197432	0,220374
0,109731	0,132595	0,155986	0,180007	0,204780	0,220374
0,110847	0,133975	0,157650	0,181985	0,207107	0,230828
$\angle 1800$					
0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0,000803	0,000949	0,001090	0,001222	0,001344	0,001456
0,003190	0,003777	0,004335	0,004863	0,005354	0,005874
0,007100	0,008411	0,009664	0,010850	0,011959	0,012990
0,012427	0,014738	0,016953	0,019059	0,021040	0,023421
0,019030	0,022596	0,026031	0,029314	0,032421	0,035464
0,026727	0,031782	0,036678	0,041384	0,045874	0,050364
0,035303	0,042050	0,048621	0,054929	0,061102	0,067479
0,044517	0,053117	0,061546	0,069768	0,077744	0,085599
0,054095	0,064665	0,075092	0,085099	0,095372	0,105924
0,063754	0,076354	0,088862	0,101251	0,113472	0,125599
0,073196	0,087824	0,102434	0,116994	0,131546	0,146099
0,082126	0,098708	0,115370	0,132112	0,148941	0,165599
0,090257	0,108652	0,127233	0,146027	0,165059	0,183599
0,097322	0,117317	0,137608	0,158244	0,179282	0,199828
0,103083	0,124401	0,146116	0,168299	0,191038	0,212599
0,107346	0,129654	0,152439	0,175795	0,199828	0,220374
0,109965	0,132885	0,156334	0,180421	0,205267	0,220374
0,110847	0,133975	0,157650	0,181985	0,207107	0,230828
$\angle 2400$					
0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0,000452	0,000535	0,000614	0,000688	0,000757	0,000821
0,001801	0,002132	0,002447	0,002737	0,003019	0,003294

Номер точки	Коэффициент			
	2,5	5	7,5	10
3	0,000829	0,001653	0,002464	0,003258
4	0,001460	0,002910	0,004339	0,005728
5	0,002252	0,004489	0,006697	0,008862
6	0,003192	0,006365	0,009500	0,012577
7	0,004264	0,008505	0,012700	0,016826
8	0,005450	0,010874	0,016246	0,021539
9	0,006730	0,013431	0,020078	0,026640
10	0,008081	0,016134	0,024132	0,032046
11	0,009481	0,018936	0,028340	0,037666
12	0,010905	0,021789	0,032631	0,043407
13	0,012330	0,024646	0,036931	0,049171
14	0,013731	0,027455	0,041168	0,054859
15	0,015084	0,030174	0,045267	0,060372
16	0,016366	0,032746	0,049157	0,065613
17	0,017554	0,035135	0,052771	0,070488
18	0,018629	0,037297	0,056045	0,074912
19	0,019572	0,039194	0,058920	0,078801
20	0,020366	0,040794	0,061346	0,082087
21	0,020999	0,042068	0,063280	0,084708
22	0,021458	0,042951	0,064687	0,086622
23	0,021738	0,043556	0,065541	0,087775
24	0,021831	0,043745	0,065826	0,088163
$2400 < D_B (d_H)$				
0	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1	0,000041	0,000083	0,000123	0,000163
2	0,000165	0,000330	0,000492	0,000649
3	0,000371	0,000740	0,001103	0,001457
4	0,000657	0,001309	0,001952	0,002581
5	0,001021	0,002034	0,003034	0,004011
6	0,001460	0,002910	0,004339	0,005728
7	0,001971	0,003928	0,005860	0,007753
8	0,002550	0,005083	0,007584	0,010038
9	0,003192	0,006365	0,009500	0,012577
10	0,003893	0,007764	0,011592	0,015355
11	0,004648	0,009271	0,013846	0,018349
12	0,005450	0,010874	0,016246	0,021539
13	0,006294	0,012560	0,018772	0,024902
14	0,007173	0,014318	0,021407	0,028413
15	0,008081	0,016134	0,024132	0,032046
16	0,009010	0,017994	0,026924	0,035775
17	0,009954	0,019884	0,029764	0,039572
18	0,010905	0,021789	0,032631	0,043407
19	0,011857	0,023696	0,035501	0,047254
20	0,012801	0,025590	0,038354	0,051081
21	0,013731	0,027455	0,041168	0,054859
22	0,014640	0,029280	0,043920	0,058561
23	0,015520	0,031048	0,046590	0,062155
24	0,016366	0,032746	0,049157	0,065613
25	0,017171	0,034362	0,051601	0,068910
26	0,017926	0,035883	0,053903	0,072018
27	0,018629	0,037297	0,056045	0,074912
28	0,019273	0,038594	0,058009	0,077569
29	0,019854	0,039762	0,059781	0,079968
30	0,020366	0,040794	0,061346	0,082087
31	0,020807	0,041681	0,062692	0,083912

## Продолжение табл. V.4

K, при $\alpha$ , град				
12,5	15	17,5	20	22,5
0,004028	0,004769	0,005476	0,006143	0,006766
0,007100	0,008411	0,009664	0,010850	0,011959
0,010970	0,013005	0,014956	0,016807	0,018546
0,015580	0,018487	0,021285	0,023943	0,026456
0,020860	0,024777	0,028556	0,032171	0,035601
0,026727	0,031782	0,036678	0,041384	0,045874
0,033090	0,039397	0,045530	0,051458	0,057147
0,039847	0,047502	0,054983	0,062251	0,069272
0,046887	0,055972	0,064889	0,073603	0,082077
0,054095	0,064665	0,075092	0,085099	0,095372
0,061348	0,073430	0,085422	0,097267	0,108944
0,068521	0,082138	0,095700	0,109182	0,122562
0,075489	0,090613	0,105745	0,120870	0,135985
0,082126	0,098708	0,115370	0,132112	0,148941
0,088315	0,106273	0,124391	0,142686	0,161183
0,093938	0,113164	0,132631	0,152376	0,172444
0,098892	0,119246	0,139923	0,160932	0,182473
0,103083	0,124401	0,146116	0,168299	0,191038
0,106430	0,128523	0,151078	0,174179	0,197932
0,108868	0,131530	0,154701	0,178481	0,202986
0,110350	0,133359	0,156911	0,181102	0,206070
0,110847	0,133975	0,157650	0,181985	0,207107

≤ 4000

0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0,000201	0,000238	0,000273	0,000306	0,000336
0,000803	0,000949	0,001090	0,001222	0,001344
0,001801	0,002132	0,002447	0,002737	0,003019
0,003190	0,003777	0,004335	0,004863	0,005354
0,004961	0,005874	0,006746	0,007569	0,008338
0,007100	0,008411	0,009664	0,010850	0,011959
0,009594	0,011372	0,013073	0,014686	0,016199
0,012427	0,014738	0,016953	0,019059	0,021040
0,015580	0,018487	0,021285	0,023943	0,026456
0,019030	0,022596	0,026031	0,029314	0,032421
0,022754	0,027038	0,031174	0,035139	0,038906
0,026727	0,031782	0,036678	0,041384	0,045874
0,030920	0,036798	0,042506	0,048013	0,053287
0,035303	0,042050	0,048621	0,054929	0,061102
0,039847	0,047502	0,054983	0,062251	0,069272
0,044517	0,053117	0,061546	0,069768	0,077744
0,049278	0,058852	0,068266	0,077482	0,086465
0,054095	0,064665	0,075092	0,085099	0,095372
0,058933	0,070515	0,081975	0,093283	0,104403
0,063754	0,076354	0,088862	0,101251	0,113472
0,068521	0,082138	0,095700	0,109182	0,122562
0,073196	0,087824	0,102434	0,116994	0,131546
0,077744	0,093362	0,109009	0,124679	0,140364
0,082126	0,098708	0,115370	0,132112	0,148941
0,086309	0,103820	0,121462	0,139250	0,157199
0,090257	0,108652	0,127233	0,146027	0,165059
0,093938	0,113164	0,132631	0,152376	0,172444
0,097322	0,117317	0,137608	0,158244	0,179282
0,100378	0,121074	0,142117	0,163570	0,185502
0,103083	0,124401	0,146116	0,168299	0,191038
0,105412	0,127270	0,149568	0,172390	0,195796

Номер точки	Коэффициент			
	2,5	5	7,5	10
32	0,021172	0,042416	0,063809	0,085426
33	0,021458	0,042951	0,064687	0,086622
34	0,021665	0,043410	0,065318	0,087474
35	0,021790	0,043661	0,065700	0,087992
36	0,021831	0,043745	0,065826	0,088163
				$4000 < D_n (d_n) \ll$
0	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1	0,000023	0,000046	0,000069	0,000091
2	0,000093	0,000186	0,000277	0,000366
3	0,000209	0,000417	0,000622	0,000822
4	0,000371	0,000740	0,001103	0,001457
5	0,000578	0,001152	0,001718	0,002271
6	0,000829	0,001653	0,002464	0,003258
7	0,001124	0,002239	0,003339	0,004416
8	0,001460	0,002910	0,004339	0,005728
9	0,001836	0,003660	0,005460	0,007224
10	0,002252	0,004489	0,006697	0,008862
11	0,002705	0,005392	0,008046	0,010649
12	0,003192	0,006365	0,009500	0,012577
13	0,003713	0,007404	0,011053	0,014639
14	0,004264	0,008505	0,012700	0,016826
15	0,004844	0,009663	0,014433	0,019129
16	0,005450	0,010874	0,016246	0,021539
17	0,006080	0,012132	0,018130	0,024046
18	0,006730	0,013431	0,020078	0,026640
19	0,007398	0,014767	0,022081	0,029310
20	0,008081	0,016134	0,024132	0,032046
21	0,008776	0,017525	0,026221	0,034835
22	0,009481	0,018936	0,028340	0,037666
23	0,010191	0,020345	0,030479	0,040527
24	0,010905	0,021789	0,032631	0,043407
25	0,011619	0,023220	0,034784	0,046292
26	0,012330	0,024646	0,036931	0,049171
27	0,013035	0,026059	0,038901	0,052031
28	0,013731	0,027455	0,041168	0,054859
29	0,014415	0,028828	0,043239	0,057644
30	0,015084	0,030174	0,045267	0,060372
31	0,015735	0,031479	0,047242	0,063033
32	0,016366	0,032746	0,049157	0,065613
33	0,016973	0,033964	0,051003	0,068102
34	0,017554	0,035135	0,052771	0,070488
35	0,018107	0,036247	0,054454	0,072762
36	0,018629	0,037297	0,056045	0,074912
37	0,019117	0,038280	0,057536	0,076928
38	0,019572	0,039194	0,058920	0,078801
39	0,019988	0,040033	0,060192	0,080524
40	0,020366	0,040794	0,061346	0,082087
41	0,020698	0,041473	0,062377	0,083484
42	0,020999	0,042068	0,063280	0,084708
43	0,021250	0,042576	0,064051	0,085754
44	0,021458	0,042951	0,064687	0,086622
45	0,021621	0,043322	0,065184	0,087291
46	0,021738	0,043556	0,065541	0,087775
47	0,021808	0,043698	0,065755	0,088067
48	0,021831	0,043745	0,065826	0,088163

K <sub>1</sub> при α, град					
	12,5	15	17,5	20	22,5
	0,107346	0,129654	0,152439	0,175795	0,199828
	0,108868	0,131530	0,154701	0,178481	0,202986
	0,109965	0,132885	0,156334	0,180421	0,205267
	0,110627	0,133702	0,157320	0,181593	0,206645
	0,110847	0,133975	0,157650	0,181985	0,207107
6000					
	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	0,000113	0,000134	0,000154	0,000172	0,000189
	0,000452	0,000535	0,000614	0,000688	0,000757
	0,001015	0,001202	0,001379	0,001546	0,001701
	0,001801	0,002132	0,002447	0,002737	0,003019
	0,002807	0,003323	0,003814	0,004277	0,004709
	0,004028	0,004769	0,005476	0,006143	0,006766
	0,005461	0,006468	0,007428	0,008336	0,009185
	0,007100	0,008411	0,009664	0,010850	0,011959
	0,008938	0,010593	0,012176	0,013676	0,015082
	0,010970	0,013065	0,014956	0,016807	0,018546
	0,013186	0,015640	0,017994	0,020233	0,022340
	0,015580	0,018487	0,021285	0,023943	0,026456
	0,018141	0,021537	0,024806	0,027927	0,030880
	0,020860	0,024777	0,028556	0,032171	0,035601
	0,023725	0,028196	0,032517	0,036662	0,040604
	0,026727	0,031782	0,036678	0,041384	0,045874
	0,029852	0,035520	0,041020	0,046322	0,051394
	0,033090	0,039397	0,045530	0,051458	0,057147
	0,036426	0,043396	0,050191	0,056774	0,063113
	0,039847	0,047502	0,054983	0,062251	0,069272
	0,043295	0,051700	0,059889	0,067868	0,075601
	0,046887	0,055971	0,064889	0,073603	0,082077
	0,050477	0,060297	0,069824	0,079435	0,088676
	0,054095	0,064665	0,075092	0,085099	0,096372
	0,057723	0,069045	0,080252	0,091242	0,102137
	0,061348	0,073430	0,085422	0,097267	0,108944
	0,064952	0,077807	0,090579	0,103239	0,115762
	0,069521	0,082138	0,095700	0,109182	0,122562
	0,072038	0,086414	0,100763	0,115069	0,129312
	0,075489	0,090613	0,105745	0,120870	0,135985
	0,078856	0,094718	0,110621	0,126561	0,142535
	0,082126	0,098708	0,115370	0,132112	0,148941
	0,085284	0,102566	0,119967	0,137496	0,155169
	0,088315	0,106273	0,124391	0,142686	0,151183
	0,091204	0,109813	0,128619	0,147655	0,166926
	0,093938	0,113164	0,132631	0,152376	0,172444
	0,096505	0,116314	0,136405	0,156825	0,177627
	0,098892	0,119246	0,139923	0,160932	0,182473
	0,101089	0,121946	0,143166	0,164809	0,186953
	0,103083	0,124401	0,146116	0,168299	0,191038
	0,104886	0,126597	0,148758	0,171429	0,194706
	0,106430	0,128523	0,151078	0,174179	0,197932
	0,107766	0,130170	0,153063	0,176534	0,202698
	0,108868	0,131530	0,154701	0,178481	0,202986
	0,109731	0,132595	0,155986	0,180007	0,204780
	0,110350	0,133359	0,156911	0,181102	0,206070
	0,110723	0,133820	0,157463	0,181763	0,209848
	0,110847	0,133975	0,157650	0,181985	0,207107

Параметры разверток боковой поверхности конического перехода (рис. V.21):

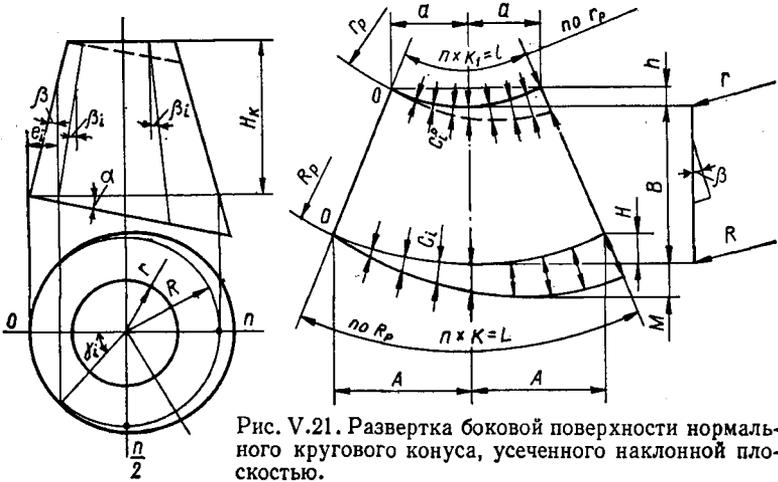


Рис. V.21. Развертка боковой поверхности нормального кругового конуса, усеченного наклонной плоскостью.

1.  $\beta_p = 90^\circ \sin \beta$ ;
2.  $R_p = R / \sin \beta$ ;
3.  $A = R_p \sin \beta_p$ ;
4.  $H = R_p (1 - \cos \beta_p)$ ;
5.  $B = H_k / \cos \beta$ ;
6.  $r_p = r / \sin \beta$ ;

7.  $a = r_p \sin \beta_p$ ;
8.  $h = r_p (1 - \cos \beta_p)$ ;
9.  $l = r_p 2\beta_p$ ;
10.  $L = R_p 2\beta_p$ ;
11.  $C_i = \frac{e_i \sin \alpha \cos \beta_i}{\cos \beta \sin \varphi_i}$ ,

где  $e_i = R (1 \pm \cos \gamma_i)$   $0^\circ \leq \gamma_i \leq 90^\circ$ ;

(знак (-) для точек  $0 \dots n/2$ ; (знак (+) для точек  $n/2 \dots n$ );

$\text{tg } \beta_i = \text{tg } \beta \cos \gamma_i$   $\varphi_i = 90^\circ - \alpha \pm \beta_i$  (знак (+) — для точек  $0 \dots n/2$ ;

знак (-) — для точек  $n/2 \dots n$ );

$M = (R_p + C_i) \cos \beta_p$ , где  $\beta_p = \beta_i \sin \beta$ ;  $M$  — принимается макси-

мальное.

Параметры конического перехода (рис. V.22) с учетом толщины стенки трубопроводов определяют с учетом способа образования фасок по кольцевым стыкам.

При образовании двусторонней фаски в кольцевых стыках (при толщинах листов трубопроводов  $\delta \geq 20$  мм) геометрические величины на-

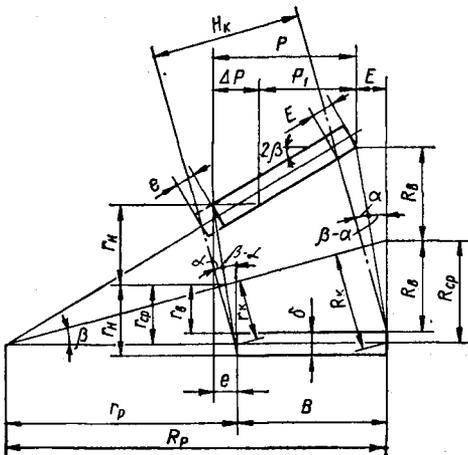


Рис. V.22. Основные размеры конического перехода с учетом толщины стенки трубопровода.

ходят по нейтральным линиям листов. При образовании односторонней фаски в кольцевых стыках перехода  $R = R_B$ ;  $r = r_H$ . Определение длины развертки малого  $r_p$  и большого  $R_p$  радиусов развертки перехода, а также длины их дуг определяют по нейтральной линии листа перехода. *Параметры перехода и развертки:*

1.  $E = R_B \operatorname{tg} \beta$ ;
2.  $\operatorname{tg} (\beta - \alpha) = (\operatorname{tg} \beta) / 2$ ;
3.  $B = (R_B - r_B) / \operatorname{tg} \beta$ ;
4.  $e = r_B \operatorname{tg} \beta$ ;
5.  $H_K = (R_B - r_B) \frac{\cos \beta}{\operatorname{tg} \beta}$ ;
6.  $R_K = R_{cp} \cos \beta$ ;
7.  $r_K = r_{cp} \cos \beta$ ;
8.  $r_p = r_{cp} / \operatorname{tg} \beta$ ;
9.  $R_p = R_{cp} / \operatorname{tg} \beta$ ;
10.  $P = \Delta P + P_1 =$   
 $= \delta / \sin 2\beta + (2R_B -$   
 $- r_B - r_H) / \operatorname{tg} 2\beta =$   
 $= B + e - E.$

*Конические переходы общего случая* (рис. V.23) решаются с помощью нормальных круговых конусов, усеченных наклонными плоскостями.

Параметры переходов (рис. V.23, а):

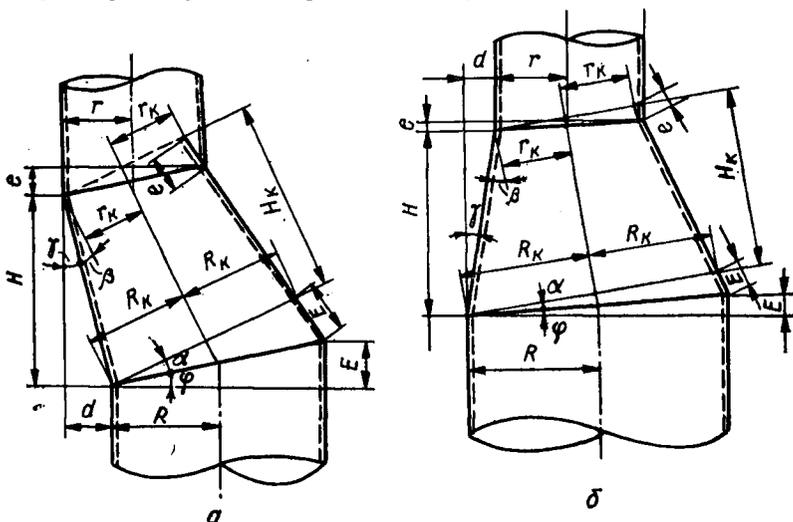


Рис. V.23. Основные размеры конического перехода общего положения со смещением:

$a$  — наружу большего цилиндра;  $б$  — внутрь большего цилиндра.

1.  $\operatorname{tg} \gamma = \frac{d}{H}$ ;
2.  $\operatorname{tg} \beta = \frac{R - r}{H / \cos \gamma + (R - r) \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2}}$ ;
3.  $\operatorname{tg} \varphi = \frac{\operatorname{tg} \gamma / 2 + \operatorname{tg} (\gamma / 2 - \beta)}{2}$ ;
4.  $\alpha = \beta + \gamma - \varphi$ ;
5.  $R_K = \frac{R \cos (\beta + \gamma / 2)}{\cos (\gamma / 2)}$ ;
6.  $r_K = \frac{r \cos (\beta + \gamma / 2)}{\cos (\gamma / 2)}$ ;
7.  $H_K = H \cos \beta / \cos \gamma$ ;
8.  $E = R (\operatorname{tg} \gamma / 2 + \operatorname{tg} (\beta + \gamma / 2))$ ;
9.  $e = r [\operatorname{tg} \gamma / 2 + \operatorname{tg} (\beta + \gamma / 2)]$ .

Параметры переходов (рис. V.23, б):

$$1. \operatorname{tg} \gamma = \frac{d}{H};$$

$$2. \operatorname{tg} \beta =$$

$$= \frac{R-r}{H/\cos \gamma - (R-r) \operatorname{tg}(\gamma/2)};$$

$$3. \operatorname{tg} \varphi = \frac{\operatorname{tg}(\beta - \gamma/2) - \operatorname{tg}(\gamma/2)}{2};$$

$$4. \alpha = \beta + \gamma - \varphi;$$

$$5. R_{\kappa} = \frac{R \cos(\beta - \gamma/2)}{\cos(\gamma/2)};$$

$$6. r_{\kappa} = \frac{r \cos(\beta - \gamma/2)}{\cos(\gamma/2)};$$

$$7. H_{\kappa} = H \cos \beta / \cos \gamma;$$

$$8. E = R[\operatorname{tg}(\beta - \gamma/2) - \operatorname{tg}(\gamma/2)] = 2R \operatorname{tg} \varphi;$$

$$9. e = r[\operatorname{tg}(\beta - \gamma/2) - \operatorname{tg}(\gamma/2)] = 2r \operatorname{tg} \varphi.$$

По определенным таким образом параметрам перехода развертки боковой поверхности вычисляют по формулам конического перехода по рис. V.21. Такой переход обладает большей степенью технологичности, чем переходы, полученные другим способом, так как кривизна этой поверхности постоянна.

*Переход с круга на прямоугольник* (рис. V.24, V.25) — сочетание нескольких плоских и конических поверхностей общего положения. Присоединительные размеры, высота  $H$  и толщина стенки перехода указываются в чертежах КМ. По условиям производства  $H$  назначается от 250 до 2500 мм. При  $a \leq 300$ ,  $b \leq 300$  детали стыкуются по оси перехода.

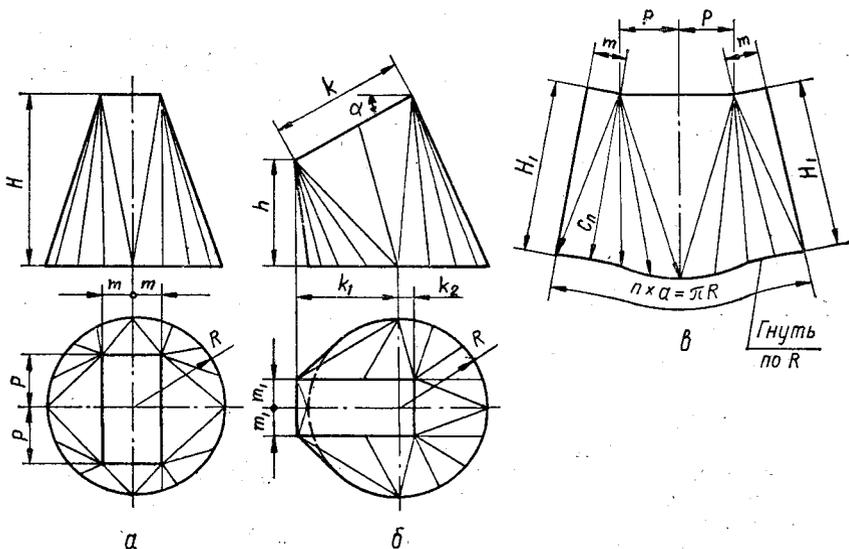


Рис. V.24. Переходы с круга на прямоугольник:

$a$  — с параллельными основаниями;  $b$  — с непараллельными основаниями;  $a$  — развертка боковой поверхности.

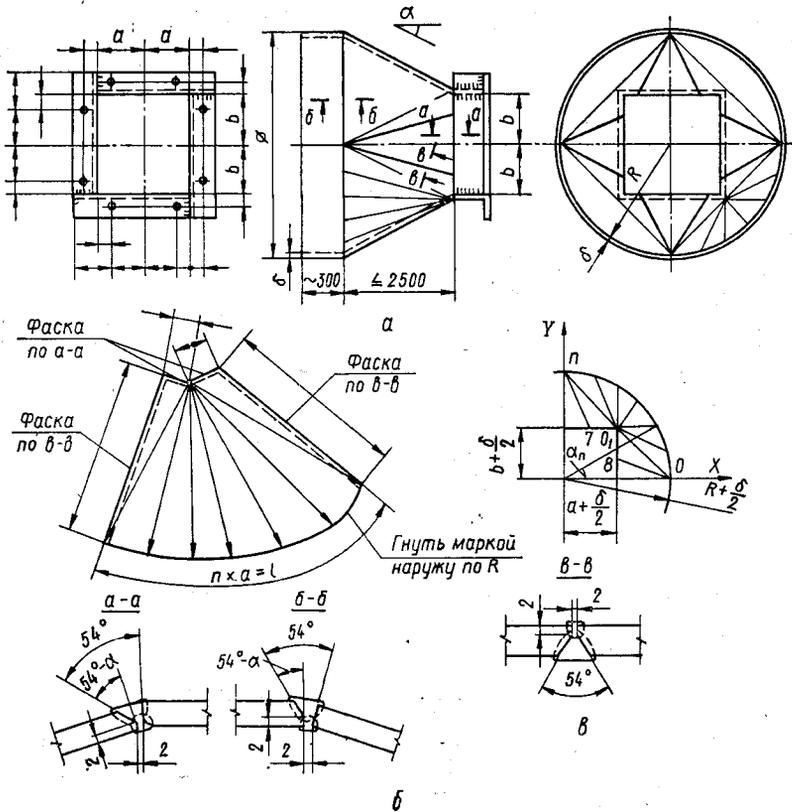


Рис. V.25. Переход с круга на прямоугольник:

*a* — конструкция; *б* — развертка; *в* — определение образующих конической части.

Для упрощения изготовления при бóльших значениях  $H$  в углах перехода необходимо делать вставку (рис. V.26) высотой  $h$  300—500 мм, гибку которой производят кузнечным способом. Параметры вставки определяют умножением соответствующих параметров перехода на коэффициент подобия, равный  $K_n = h/H$ ; развертку перехода — последовательным построением плоских треугольников с одной общей вершиной; размеры элементов развертки — нахождением натуральной величины сторон плоских треугольников. Радиус основания принимают по средней линии листа. Длины дуг по окружности  $R$  принимают в развертке прямолинейными.

Для производства гибки развертки изготавливают шаблон, пример которого изображен на рис. V.26, б.

Размер шаблона  $d = R - \sqrt{a^2 + b^2}$ .

Нормальный конический переход, параметры перехода и развертки с учетом толщины листа представлены на рис. V.27.

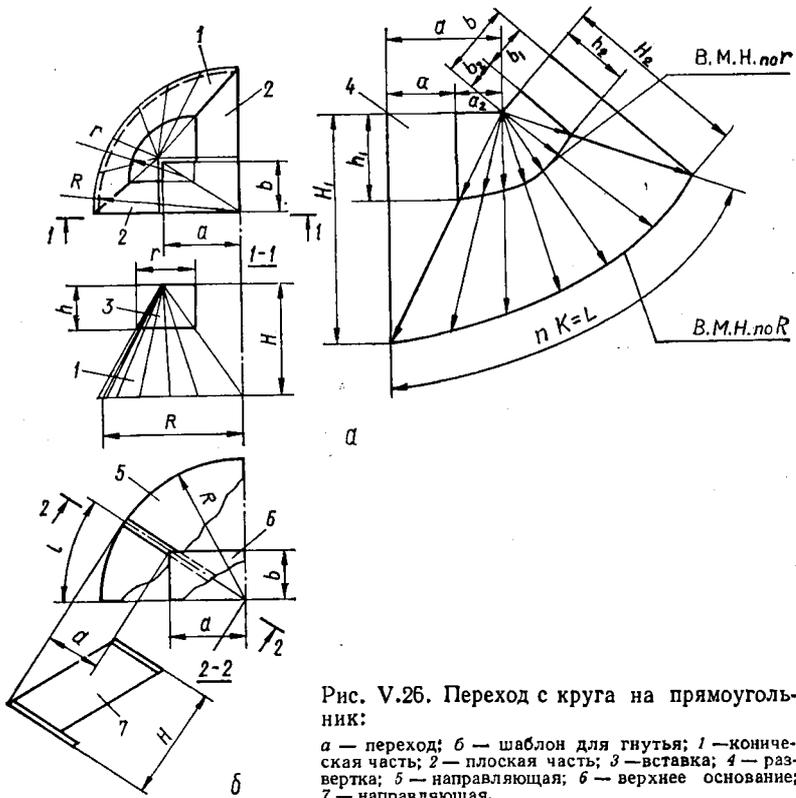


Рис. V.26. Переход с круга на прямоугольник:

*a* — переход; *b* — шаблон для гнутья; *1* — коническая часть; *2* — плоская часть; *3* — вставка; *4* — развертка; *5* — направляющая; *6* — верхнее основание; *7* — направляющая.

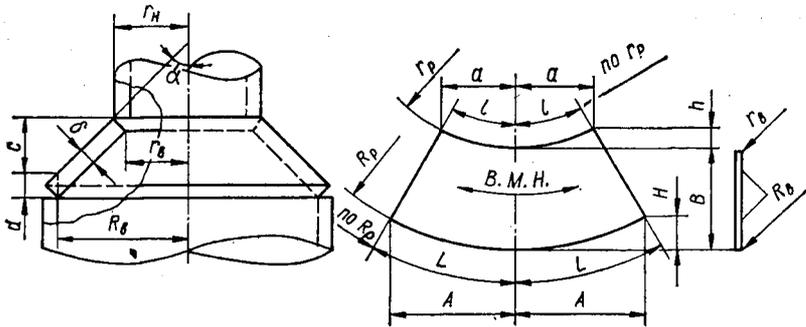


Рис. V.27. Нормальный конический переход с учетом толщин листов.

Расчетные формулы:

$$1. C = (R_n - r_n) / \operatorname{tg} \alpha;$$

$$2. d = \delta / \sin \alpha;$$

$$3. r_p = r_n / \sin \alpha - \delta / 2 \operatorname{tg} \alpha;$$

$$4. r_v = (r_p - \delta / \operatorname{tg} \alpha) \sin \alpha;$$

$$5. R_p = R_v / \sin \alpha + \delta / 2 \operatorname{tg} \alpha;$$

$$6. B = R_p - r_p;$$

$$7. B_p = 360^\circ \sin \alpha / 2K;$$

$$8. a = r_p \sin \beta_p;$$

$$9. h = r_p (1 - \cos \beta_p);$$

$$10. A = R_p \sin \beta_p;$$

$$11. H = R_p (1 - \cos \beta_p);$$

$$12. L = \pi R_p \sin \alpha / K;$$

$$13. l = \pi r_p \sin \alpha / K;$$

где  $K$  — число листов в коническом поясе.

Параметры развертки прямого конического штуцера на цилиндрической поверхности (рис. V.28):

$R_u$ ;  $r_u$ ;  $D$ ;  $\delta$ ;  $\alpha$  — заданы.

$$1. B = D / \cos \alpha - \delta \operatorname{tg} \alpha;$$

$$2. r = r_u - \delta \cos \alpha;$$

$$3. R = r + B \sin \alpha;$$

$$4. R_p = R / \sin \alpha + \delta / 2 \operatorname{tg} \alpha;$$

$$5. \beta_p = 90^\circ \sin \alpha;$$

$$11. C_i = [R_u \cos \varphi_i - R \sin \varphi_i \sin \gamma_i -$$

$$- \sqrt{R_u^2 - (R_u \sin \varphi_i + R \sin \gamma_i \cos \varphi_i)^2}] \cos \varphi_i / \cos \alpha; \quad n \geq 6;$$

$$100 \leq L/n \leq 150,$$

где  $\gamma_i = \frac{1 \cdot 90^\circ}{n}; \frac{2 \cdot 90^\circ}{n}, \dots, \frac{n \cdot 90^\circ}{n};$

$$\operatorname{tg} \varphi_i = \operatorname{tg} \alpha \sin \gamma_i.$$

Область применения:  $R_u \sin \alpha + R \cos \alpha \leq R_u.$

Вычисления также производят на микрокалькуляторах по программе V.10.

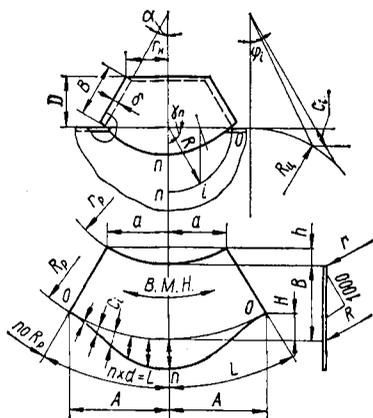


Рис. V.28. Нормальный конический штуцер на цилиндрической поверхности.

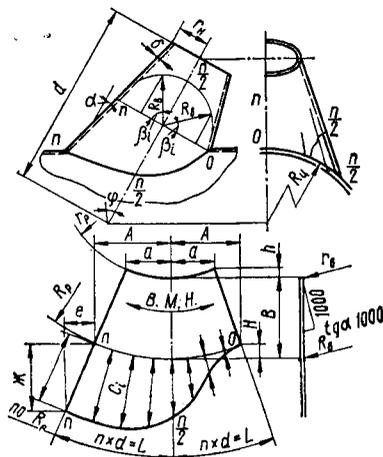


Рис. V.29. Наклонный конический штуцер на цилиндрической поверхности.

**Программа V.10. Определение ординат развертки боковой поверхности нормального конического патрубка на цилиндрической поверхности**

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	П0	ИП9	tg	П1	ИП9	cos	П3	ИП7	X <sup>2</sup>	П2
1	9	0	ИП0	÷	ПВ	1	П5	ИП2	ИП5	ИПВ
2	×	sin	П4	ИП1	×	arctg	П6	sin	ИП7	×
3	ИП4	ИП8	×	П4	ИП6	cos	П6	×	+	X <sup>2</sup>
4	—	ПА	ИП4	X <sup>2</sup>	+	√	ИПА	√	—	ИП6
5	×	ИП3	÷	ИПС	+	ИПС	—	С/П	КИП5	LO
6	17	0	arctg	С/П	БП	61				

Инструкция:  $R_u = P7$ ;  $R = P8$ ;  $\alpha^\circ = P9$ ;  $10^\circ = PC$ ;  $n = PX$ ;  $B/0$ ;  $C/\Pi$  (31с);  $PX = C_1$ ;  $C/\Pi$  (20);  $PX = C_2$ ;  $C/\Pi$ ;  $PX = C_n$ ;  $C/\Pi$  (2с)  $PX = 00$ .  
 Тестовый пример:  $1000 = P7$ ;  $300 = P8$ ;  $45^\circ = P9$ ;  $10^\circ = PC$ ;  $2 = PX$ ;  $PX = 38$ ;  $C/\Pi$ ;  $PX = 101$ ;  $C/\Pi$ ;  $PX = 00$ .

*Параметры развертки наклонного конического штуцера на цилиндрической поверхности (рис. V.29):*

$R_u$ ;  $\gamma_n$ ;  $\varphi$ ;  $\delta$ ;  $\alpha$  — заданы.

- $r_B = r_n - \delta \cos \alpha$ ;
  - $B = (d - \delta \sin \alpha - r_B \operatorname{tg} \varphi - R_u / \cos \varphi) / (\cos \alpha + \sin \alpha \operatorname{tg} \varphi)$ ;
  - $R_B = r_B + B \sin \alpha$ ;
  - $r_p = r_n / \sin \alpha - \delta / 2 \operatorname{tg} \alpha$ ;
  - $R_p = R_B / \sin \alpha - \delta / 2 \operatorname{tg} \alpha$ ;
  - $\beta_p = 90^\circ \sin \alpha$ ;
  - $a = r_p \sin \beta_p$ ;
  - $A = R_p \sin \beta_p$ ;
  - $h = r_p (1 - \cos \beta_p)$ ;
  - $H = R_p (1 - \cos \beta_p)$ ;
  - $L = (\pi R_p \sin \alpha) / 2$ ;
  - $X_i = (R_u + h_i) \cos \gamma_i - C_i \sin \gamma_i - \sqrt{R_u^2 - [(R_u + h_i) \sin \gamma_i + C_i \cos \gamma_i]^2}$ ;
  - $h_i = R_B (1 - \cos \beta_i) \sin \varphi$  — для точек  $0 \dots n/2$ ;
  - $h_i = R_B (1 + \cos \beta_i) \sin \varphi$  — для точек  $n/2 \dots n$ ;
  - $C_i = R_B \sin \beta_i$ ;
  - $\operatorname{tg} \alpha_i = \operatorname{tg} \alpha \cos \beta_i$ ;
  - $\operatorname{tg} \gamma_i = \operatorname{tg} \alpha \sin \beta_i / \cos \varphi (1 \pm \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \varphi \cos \beta_i)$ ;
- $$n \geq 6; 100 \leq \frac{L}{n}; \beta_i = 0^\circ; \frac{1 \cdot 90^\circ}{n}; \frac{2 \cdot 90^\circ}{n}, \dots, \frac{n \cdot 90^\circ}{n}.$$

Область применения:  $(R_u + h_n) \sin \gamma_i + C_i \cos \gamma_i \leq R_u$ .

Значение  $X$  принимается минимальным.

18.  $C_i = X_i \cos \gamma_i \cos \alpha_i / \cos \alpha \cos (\varphi \pm \alpha_i)$ , где знак минус (—) — для точек  $0 \dots n/2$ , знак плюс (+) — для точек  $n/2 \dots n$ ;

19.  $e = C_i \sin \beta_p$ ; 20.  $ж = C_i \cos \beta_p$ .

## V.5. СФЕРИЧЕСКИЕ ПОВЕРХНОСТИ

Существует несколько способов приближенного определения разверток сферических элементов, учитывающих производственные возможности изготовления, параметры сферических элементов, требования к обеспечению геометрических размеров и т. п. В практике строительства распространен меридиональный раскрой сферических элементов (рис. V.30). Используя метод нормальных сечений, автор получил

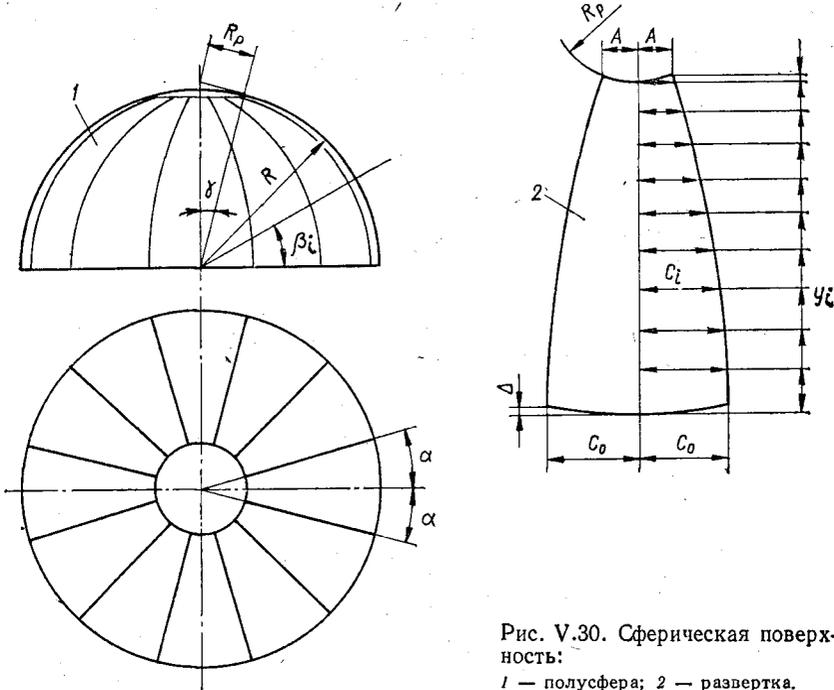


Рис. V.30. Сферическая поверхность:

1 — полусфера; 2 — развертка.

следующие формулы для определения параметров развертки сферического элемента:

$$y_i = R\beta_i; \quad R_p = R \operatorname{tg} \gamma; \quad H = R \operatorname{tg} \gamma (1 - \cos \varphi_p),$$

$$C_i = R x_i; \quad A = R \operatorname{tg} \gamma \sin \varphi_p;$$

где  $R$  — радиус сферической поверхности;  $\beta_i$  — угол положения секующих плоскостей, принимаемый из условий:

$$0^\circ \leq \beta_i \leq 90^\circ - \gamma; \quad 150 \leq R(\beta_{i+1} - \beta_i) \leq 20;$$

$$\operatorname{tg} x_i = \operatorname{tg} \alpha \cos \beta_i; \quad \varphi_p = \alpha \sin (90^\circ - \gamma).$$

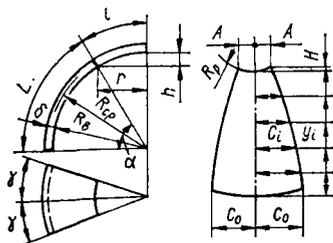
Для учета вытяжки материала при холодной вальцовке заготовок сферических элементов кривизна нижней и верхней кромки заготовки должна быть изменена во внутрь заготовки на размер  $\Delta$ , устанавливаемый эмпирически с учетом размеров заготовки, толщины и марки

стали. При ширине заготовки 1400 мм, толщине 10—25 мм, относительном удлинении стали 21—23 %  $\Delta \approx 6$  мм.

В табл. V.5, V.6 приведены коэффициенты для определения параметров сферических элементов и разверток заготовок при меридиональном раскрое по нормальным сечениям при значениях радиуса сферической поверхности до 8000 мм. Максимальная ширина заготовки в рекомендуемых таблицах интервалах радиусов сферической поверхности не превышает 1400 мм. Приведенные коэффициенты справедливы и при других интервалах значений  $R_{cp}$ , но при этом максимальная ширина заготовки будет отличаться от 1400 мм.

Вычисления также производят на микрокалькуляторах по программе V.11.

Т а б л и ц а V.5. Значения коэффициентов для определения параметров разверток сферических поверхностей при  $1325 < R_{cp} \leq 4900$



$$C_i = R_{cp} K_x;$$

$$y_i = R_{cp} K_y;$$

$n$  — количество элементов полусферы

Величины	$R_{cp} \leq 1325$	$1325 < R_{cp} \leq 1750$	$1750 < R_{cp} \leq 2250$
$n$	8	9	10
$\alpha$	$60^\circ$	$67^\circ 30'$	$54^\circ$
$\gamma$	$22^\circ 30'$	$20^\circ$	$18^\circ$
$A$	$0,192586R_{cp}$	$0,131278R_{cp}$	$0,182675R_{cp}$
$H$	$0,033068R_{cp}$	$0,021353R_{cp}$	$0,023340R_{cp}$
$R_{cp}$	$0,577350R_{cp}$	$0,414214R_{cp}$	$0,726543R_{cp}$
$L$	$1,047197R_{cp}$	$1,178098R_{cp}$	$0,942418R_{cp}$
$l$	$0,523599R_{cp}$	$0,392699R_{cp}$	$0,628318R_{cp}$
$r$	$0,500000R_B$	$0,382683R_B$	$0,587785R_B$
$h$	$0,133975R_B$	$0,076120R_B$	$0,190983R_B$

Номер точки	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$
0	0,392699	0,000000	0,349066	0,000000	0,314159	0,000000
1	0,390760	0,104120	0,347519	0,098175	0,313253	0,078540
2	0,384947	0,209440	0,342875	0,196350	0,310538	0,157080
3	0,375275	0,314159	0,335157	0,294524	0,306019	0,235619
4	0,361749	0,418879	0,324389	0,392699	0,299998	0,314159
5	0,344421	0,523599	0,310606	0,490874	0,291630	0,392699
6	0,323346	0,628319	0,293870	0,589049	0,281803	0,471239
7	0,298616	0,733039	0,274264	0,687223	0,270264	0,549779
8	0,270386	0,837758	0,251900	0,785398	0,257053	0,628318
9	0,238824	0,942478	0,226922	0,883573	0,242223	0,706858
10	0,204218	1,047198	0,199520	0,981748	0,225836	0,785398
11	—	—	0,169918	1,079922	0,207971	0,863938
12	—	—	0,138395	1,178098	0,188709	0,942478

Продолжение табл. V.5

Величины	$2250 < R_{cp} \leq 2675$	$2675 < R_{cp} \leq 3350$	$3350 < R_{cp} \leq 3550$
$n$	12	15	16
$\alpha$	$60^\circ$	$66^\circ$	$68^\circ$
$\gamma$	$15^\circ$	$12^\circ$	$11^\circ 15'$
$A$	$0,129780R_{cp}$	$0,084668R_{cp}$	$0,039237R_{cp}$
$H$	$0,014775R_{cp}$	$0,008125R_{cp}$	$0,002697R_{cp}$
$R_p$	$0,571350R_{cp}$	$0,445229R_{cp}$	$0,404026R_{cp}$
$L$	$1,047197R_{cp}$	$1,151917R_{cp}$	$1,186824R_{cp}$
$l$	$0,523599R_{cp}$	$0,418879R_{cp}$	$0,383972R_{cp}$
$r$	$0,500000R_B$	$0,406737R_B$	$0,374607R_B$
$h$	$0,133975R_B$	$0,086455R_B$	$0,072816R_B$

Номер точки	$2250 < R_{cp} \leq 2675$		$2675 < R_{cp} \leq 3350$		$3350 < R_{cp} \leq 3550$	
	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$
0	0,261799	0,000000	0,209440	0,000000	0,196349	0,000000
1	0,261271	0,065450	0,209163	0,052360	0,196116	0,049451
2	0,259661	0,130900	0,208324	0,104720	0,195414	0,098902
3	0,256990	0,196349	0,206933	0,157080	0,194245	0,148353
4	0,253262	0,261790	0,204994	0,209440	0,192907	0,197804
5	0,248486	0,327249	0,205502	0,261799	0,190522	0,247255
6	0,242674	0,392699	0,199467	0,314159	0,187976	0,296706
7	0,235842	0,458149	0,195984	0,366519	0,184976	0,346157
8	0,228018	0,523598	0,191792	0,418879	0,181529	0,395608
9	0,219213	0,589048	0,187172	0,471239	0,177641	0,448059
10	0,209459	0,654498	0,182043	0,523599	0,173326	0,494510
11	0,198793	0,719948	0,176414	0,575959	0,168585	0,543961
12	0,187250	0,785398	0,170296	0,628318	0,163436	0,593412
13	0,174867	0,850847	0,163712	0,680678	0,157880	0,642863
14	0,161593	0,916297	0,156668	0,733038	0,151935	0,692314
15	0,147781	0,981747	0,149182	0,785398	0,145614	0,741765
16	0,133183	1,047197	0,141280	0,837758	0,138919	0,791216
17	—	—	0,132975	0,890118	0,131898	0,840667
18	—	—	0,124297	0,942478	0,124820	0,890118
19	—	—	0,115255	0,994838	0,116646	0,939568
20	—	—	0,105883	1,047197	0,108870	0,989020
21	—	—	0,096202	1,099557	0,100613	1,038471
22	—	—	0,086244	1,151917	0,092100	1,087922
23	—	—	—	—	0,083343	1,137373
24	—	—	—	—	0,074375	1,186824

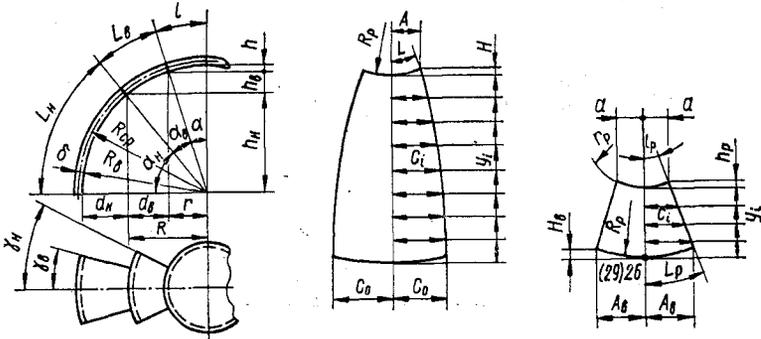
Величины	$3550 < R_{cp} \leq 4000$	$4000 < R_{cp} \leq 4450$	$4450 < R_{cp} \leq 4900$
$n$	18	20	22
$\alpha$	$72^\circ$	$72^\circ$	$74^\circ$
$\gamma$	$10^\circ$	$9^\circ$	$8^\circ 10' 54,54''$
$A$	$0,053686R_{cp}$	$0,048359R_{cp}$	$0,039237R_{cp}$
$H$	$0,004466R_{cp}$	$0,003619R_{cp}$	$0,002697R_{cp}$
$R_p$	$0,324920R_{cp}$	$0,324920R_{cp}$	$0,286745R_{cp}$
$L$	$1,256637R_{cp}$	$1,256637R_{cp}$	$1,291544R_{cp}$
$l$	$0,314159R_{cp}$	$0,314159R_{cp}$	$0,279253R_{cp}$
$r$	$0,309017R_B$	$0,309017R_B$	$0,275637R_B$
$h$	$0,048943R_B$	$0,048943R_B$	$0,038738R_B$

Номер точки	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$
0	0,174533	0,000000	0,157080	0,000000	0,142799	0,000000
1	0,174300	0,052360	0,156866	0,052360	0,142598	0,053813
2	0,173597	0,104720	0,156231	0,104720	0,141987	0,107629
3	0,172429	0,157080	0,155174	0,157080	0,140969	0,161443
4	0,170795	0,209440	0,153700	0,209440	0,139548	0,215253
5	0,168701	0,261799	0,151810	0,261790	0,137730	0,269071
6	0,166150	0,314159	0,149507	0,314159	0,135515	0,322886
7	0,163150	0,366519	0,146802	0,366519	0,132912	0,376700
8	0,159712	0,418879	0,143697	0,418379	0,129925	0,430515
9	0,155834	0,471239	0,140194	0,471239	0,126565	0,434329
10	0,151533	0,523599	0,136315	0,523509	0,122837	0,538143
-11	0,146816	0,575959	0,132059	0,575959	0,118683	0,591258
12	0,141696	0,628318	0,127438	0,628318	0,114329	0,645772
13	0,136184	0,680678	0,122512	0,680678	0,109568	0,699586
-14	0,130294	0,733038	0,117160	0,733038	0,104486	0,753401
15	0,124040	0,785398	0,111531	0,785398	0,099101	0,807214
16	0,117441	0,837758	0,105582	0,837758	0,093424	0,861029
17	0,110513	0,890118	0,099348	0,890118	0,087470	0,914843
18	0,103275	0,942478	0,092827	0,942478	0,081360	0,968698
19	0,095741	0,994338	0,086050	0,994338	0,074807	1,022472
20	0,087936	1,047198	0,079025	1,047198	0,068130	1,076287
21	0,079883	1,099587	0,071782	1,099557	0,061256	1,130100
22	0,071597	1,151917	0,064330	1,151917	0,054196	1,183915
23	0,063108	1,204277	0,056899	1,204277	0,046983	1,237730
24	0,054435	1,256637	0,048903	1,256637	0,039610	1,291544

Таблица V.6. Значения коэффициентов для определения параметров разверток элементов сферических поверхностей при  $4900 \leq R_{cp} \leq 8000$ ;

$$C_i = R_{cp} K_x; \quad y_i = R_{cp} K_y;$$

$n$  — количество элементов полусферы



Величины	$4900 \leq R_{cp} \leq 5350$	$5350 \leq R_{cp} \leq 6700$	$6700 \leq R_{cp} \leq 8000$
$n_n$	24	30	36
$\alpha_n$	$62^\circ 30'$	$50^\circ$	$49^\circ$
$\gamma_n$	$70^\circ 30'$	$6^\circ$	$5^\circ$
$L_n$	$1,090830 R_{cp}$	$0,872665 R_{cp}$	$0,855211 R_{cp}$
$d_n$	$0,538251 R_B$	$0,357212 R_B$	$0,343941 R_B$

Продолжение табл. V.6

Величины	$4900 \leq R_{cp} \leq 5350$	$5350 \leq R_{cp} \leq 6700$	$6700 \leq R_{cp} \leq 8000$
$h_H$	0,887011 $R_B$	0,766044 $R_B$	0,754710 $R_B$
$R$	0,461749 $R_B$	0,642788 $R_B$	0,656059 $R_B$
$R_D$	0,520567 $R_{cp}$	0,839100 $R_{cp}$	0,869287 $R_{cp}$
$A$	0,060306 $R_{cp}$	0,067242 $R_{cp}$	0,057212 $R_{cp}$
$H$	0,003505 $R_{cp}$	0,002699 $R_{cp}$	0,001885 $R_{cp}$
$L$	0,060443 $R_{cp}$	0,067314 $R_{cp}$	0,057252 $R_{cp}$
$n_B$	12	20	24
$\alpha_B$	12° 30'	20°	< 31° 30'
$\gamma_B$	15°	9°	7° 30'
$L_B$	0,218166 $R_{cp}$	0,488692 $R_{cp}$	0,549779 $R_{cp}$
$d_B$	0,202930 $R_B$	0,434876 $R_B$	0,431011 $R_B$
$h_B$	0,076915 $R_B$	0,212104 $R_B$	0,231576 $R_B$
$r$	0,258319 $R_B$	0,207912 $R_B$	0,165048 $R_B$
$R_D$	0,520567 $R_{cp}$	0,839100 $R_{cp}$	0,869287 $R_{cp}$
$A_B$	0,119303 $R_{cp}$	0,100726 $R_{cp}$	0,085738 $R_{cp}$
$H_B$	0,013973 $R_{cp}$	0,006068 $R_{cp}$	0,004238 $R_{cp}$
$L_D$	0,120886 $R_{cp}$	0,100970 $R_{cp}$	0,085877 $R_{cp}$
$r_D$	0,267949 $R_{cp}$	0,212557 $R_{cp}$	0,167343 $R_{cp}$
$a$	0,067039 $R_{cp}$	0,032531 $R_{cp}$	0,021250 $R_{cp}$
$h_D$	0,003522 $R_{cp}$	0,002504 $R_{cp}$	0,001374 $R_{cp}$
$l_D$	0,067759 $R_{cp}$	0,032659 $R_{cp}$	0,021605 $R_{cp}$
$l$	0,261799 $R_B$	0,209440 $R_B$	0,165807 $R_B$
$h$	0,034074 $R_B$	0,021852 $R_B$	0,013714 $R_B$

Номер точки	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$
0	0,130900	0,000000	0,104720	0,000000	0,087266	0,000000
1	0,130774	0,043633	0,104662	0,034907	0,087227	0,030543
2	0,130405	0,087866	0,104438	0,069813	0,087106	0,061086
3	0,129794	0,130000	0,104148	0,104720	0,086903	0,091629
4	0,138931	0,174533	0,103707	0,139626	0,086617	0,122173
5	0,137831	0,218166	0,103139	0,174533	0,086258	0,152716
6	0,126488	0,261799	0,102446	0,209439	0,085812	0,183259
7	0,124907	0,305432	0,101632	0,244346	0,085288	0,213282
8	0,123084	0,349066	0,100691	0,279253	0,084687	0,244346
9	0,121639	0,392699	0,099629	0,314159	0,084009	0,274889
10	0,118755	0,436332	0,098446	0,349066	0,083246	0,305432
11	0,116249	0,479965	0,097142	0,383972	0,082403	0,335975
12	0,113524	0,523598	0,095722	0,418879	0,081498	0,366519
13	0,110581	0,567232	0,094185	0,453786	0,080508	0,397062
14	0,107425	0,610865	0,092536	0,488692	0,079446	0,427605
15	0,104070	0,654498	0,090772	0,523599	0,078307	0,458148
16	0,100512	0,698131	0,088395	0,558505	0,077095	0,488692
17	0,096759	0,741769	0,086913	0,593412	0,075811	0,519235
18	0,092822	0,785398	0,084828	0,628318	0,074457	0,549778
19	0,088706	0,829631	0,083632	0,663225	0,073037	0,580321
20	0,084426	0,872667	0,080339	0,698132	0,071543	0,610865
21	0,079975	0,916297	0,077949	0,733038	0,069988	0,641408
22	0,075363	0,959930	0,075461	0,767945	0,068363	0,671951
23	0,070618	1,003563	0,072882	0,802851	0,066676	0,702494

Номер точки	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$	$K_x$	$K_y$
24	0,065731	1,047197	0,070211	0,837758	0,064925	0,733038
25	0,060713	1,090830	0,067452	0,872665	0,063112	0,763581
26	0,123099	0,000000	0,101457	0,000000	0,061246	0,794124
27	0,112758	0,043833	0,097205	0,034907	0,059306	0,824667
28	0,102180	0,087266	0,093827	0,069813	0,057333	0,855211
29	0,091387	0,130900	0,088338	0,104720	0,086156	0,000000
30	0,080401	0,174533	0,083737	0,139626	0,083107	0,030543
31	0,069341	0,218166	0,079025	0,174533	0,079975	0,061086
32	—	—	0,074220	0,209439	0,076765	0,091029
33	—	—	0,069319	0,244346	0,073486	0,122173
34	—	—	0,064330	0,279253	0,070033	0,152716
35	—	—	0,059258	0,314159	0,066720	0,183259
36	—	—	0,054115	0,349066	0,063237	0,213802
37	—	—	0,048903	0,383072	0,059699	0,244346
38	—	—	0,043628	0,418879	0,056097	0,274889
39	—	—	0,038300	0,453786	0,052446	0,305432
40	—	—	0,032919	0,488692	0,048749	0,335975
41	—	—	—	—	0,044996	0,366519
42	—	—	—	—	0,041205	0,397062
43	—	—	—	—	0,037374	0,427605
44	—	—	—	—	0,033505	0,458148
45	—	—	—	—	0,029607	0,488692
46	—	—	—	—	0,025600	0,519235
47	—	—	—	—	0,021724	0,549779

Программа V.11. Определение ординат развертки элемента сферической поверхности

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	$\pi$	1	8	0	+	ИП7	×	ПЗ	ИП8	×
1	ИП6	÷	П4	КИП4	ИП4	С/П	П4	1	+	П1
2	ИП8	ИП4	÷	П2	ИП9	tg	П0	0	П5	ИП2
3	×	↑	cos	ИП0	×	arctg	ИП3	×	ХУ	ИП3
4	×	С/П	КИП5	ИП5,	L1	29	0	arctg	С/П	БП
5	46									

Инструкция:  $R_{cp} = P7; \beta_k = P8; \alpha = P9; \Delta l = P6; B/0; C/П \langle 5 c \rangle; PХ = n; [n = PХ]; C/П \langle 10 c \rangle; PХ = y_0 = 0; PУ = C0; C/П; \langle 8 c \rangle PХ = y_1; PУ = C_1; C/П...C/П; PХ = y_n; PУ = C_n; C/П \langle 2,5 c \rangle PХ = 00.$

Для вычисления координат любой точки  $i (i = 0, 1, 2, \dots, n)$  после окончания расчета следует ввести  $i = PХ БП29 C/П \langle 7 c \rangle PХ = y_i PУ = C_i.$

Тестовый пример:  $4444 = P7; 77 = P8; 7 = P9; 222 = P6; B/0; C/П; PХ = 27; 2 = PХ; C/П; PХ = 0; PУ = 542,93693; C/П; PХ = 2986,1535; PУ = 425,72659; C/П; PХ = 5972,307; PУ = 122,71436; C/П; PХ = 00.$

## У.6. ТОРОВЫЕ И ВИНТОВЫЕ ПОВЕРХНОСТИ

### 1. Торевые поверхности

Торевые поверхности неразворачиваемые. Параметры и развертки перехода с применением торевых поверхностей (рис. V.31) могут быть определены при заданных величинах  $r$ ,  $R$ ,  $\delta$ ,  $\alpha$  по следующим формулам:

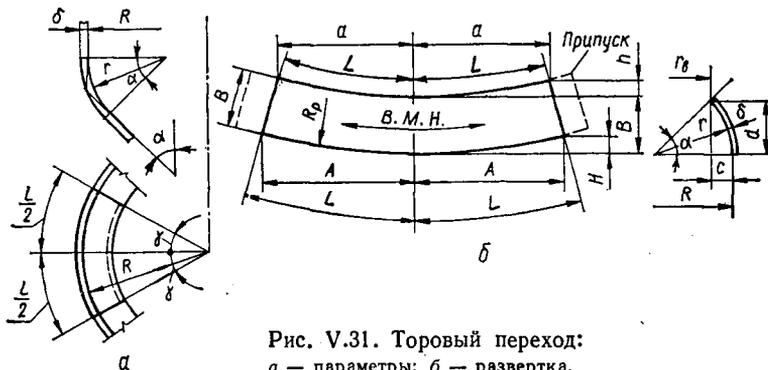


Рис. V.31. Торевый переход:  
а — параметры; б — развертка.

1.  $R_p = 4 \{ [R + \delta/2] - (r + \delta/2) (1 - \cos(\alpha/4)) \} + (r + \delta/2) \sin(\alpha/2) \alpha / 4 \sin(\alpha/2);$
2.  $B = (r + \delta/2) \alpha;$
3.  $A = R_p \sin \gamma_p;$
4.  $\gamma_p = \gamma \sin \alpha/2;$
5.  $\gamma = 360^\circ / (2n);$

( $n$  — количество элементов в поясе);

6.  $H = R_p (1 - \cos \gamma_p);$
7.  $L = 2(R + \delta/2) \gamma = 2R_p \gamma_p;$
8.  $l = (R_p - B) \gamma_p;$
9.  $a = (R_p - B) \sin \gamma_p;$
10.  $h = (R_p - B) (1 - \cos \gamma_p);$
11.  $C = r (1 - \cos \alpha);$
12.  $d = r \sin \alpha;$
13.  $r_b = R - C.$

Величины  $r$ ,  $\alpha$ ,  $\gamma$  увязывают с параметрами используемого при изготовлении приспособления.

### 2. Винтовые поверхности

Параметры разверток винтовых поверхностей (рис. V.32): при нормальной образующей:

$$R_p = b \sqrt{R^2 \alpha^2 + d^2} / (\sqrt{(R + b)^2 \alpha^2 + d^2} - \sqrt{R^2 \alpha^2 + d^2});$$

при наклонной образующей:

1.  $R_p = b \sqrt{R^2 \alpha^2 + d^2} / (\sqrt{(R + b \sin \alpha)^2 \alpha^2 + d^2} - \sqrt{R^2 \alpha^2 + d^2});$
2.  $K = f \cos \varphi;$
3.  $C = f \sin \varphi$
4.  $\operatorname{tg} \varphi = d/R\alpha;$
5.  $b = \sqrt{(R_p + K)^2 + C^2} - R_p;$
6.  $\Delta A = C \cos \beta_p;$
7.  $\Delta H = C \sin \beta_p;$

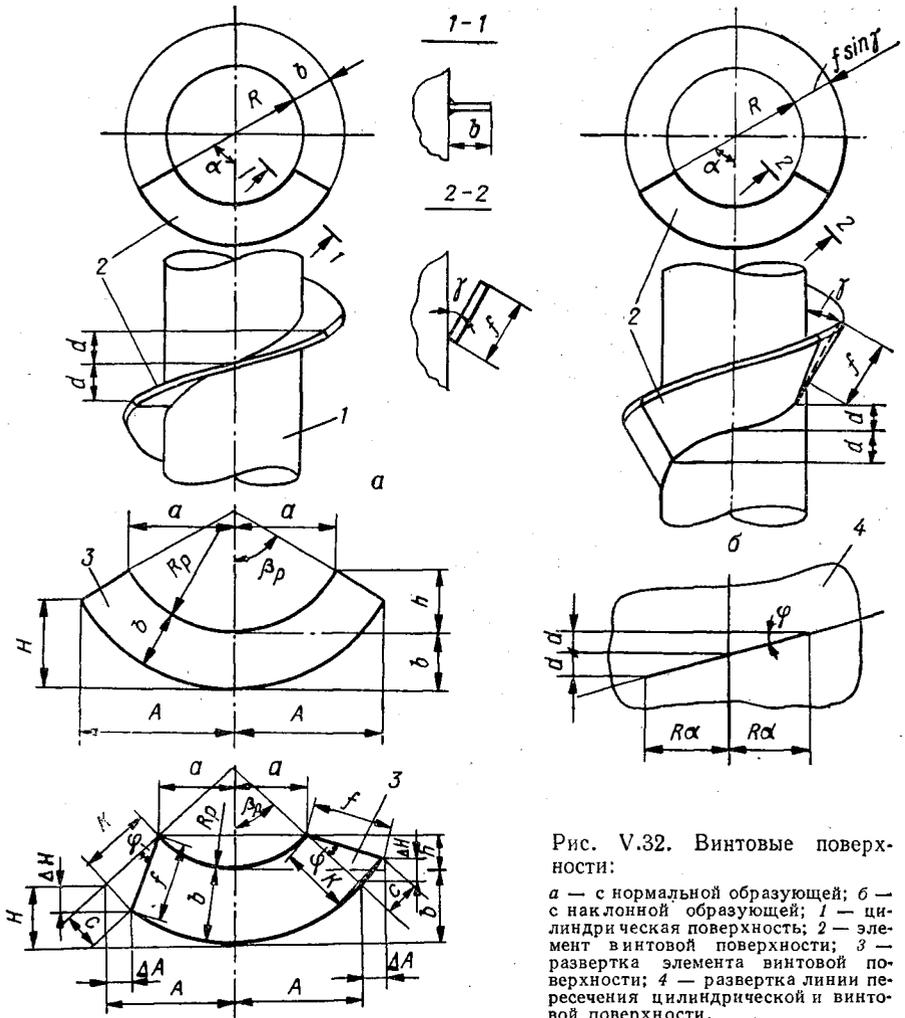


Рис. V.32. Винтовые поверхности:  
 а — с нормальной образующей; б — с наклонной образующей; 1 — цилиндрическая поверхность; 2 — элемент винтовой поверхности; 3 — развертка элемента винтовой поверхности; 4 — развертка линии пересечения цилиндрической и винтовой поверхности.

при нормальной и наклонной образующей:

- |  |   |
|--|---|
| 1. $\beta_p = \sqrt{R^2 \alpha^2 + d^2} / R_p$ ; | 4. $A = (R_p + b) \sin \beta_p$ ;       |
| 2. $a = R_p \sin \beta_p$ ;                      | 5. $H = (R_p + b) (1 - \cos \beta_p)$ . |
| 3. $h = R_p (1 - \cos \beta_p)$ ;                |   |

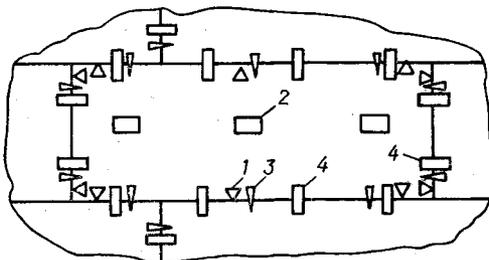
## В.7. НЕГАБАРИТНЫЕ ЛИСТОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Листовые сооружения (кожухи доменных печей, воздухонагревателей, пылеуловителей, скрубберов, электрофильтров и др.) с размерами больше транспортных габаритов членятся на отправочные марки, размеры которых соответствуют возможностям транспортных средств доставки от места изготовления их до места монтажа. Такие элементы получили название негабаритных. Для сборки и сварки их на монтаже требуется установка вдоль кромок монтажных сборочных приспособлений (рис. V.33; V.35), основные из которых приведены в табл. VIII.24.

Негабаритные листовые конструкции изготавливаются и отгружаются на монтаж

Рис. V.33. Схема размещения сборочных приспособлений на негабаритном элементе.

1 — фиксатор; 2 — монтажная скоба; 3 — монтажная прокладка; 4 — монтажная планка.



отдельными габаритными отправочными элементами. В большинстве случаев они имеют сложную пространственную геометрическую форму, строганные без фасок или с фасками кромки, вдоль которых установлены сборочные шайбы и фиксаторы, поверхность с линиейгиба либо вальцованную и т. п. Особенно важно для них соблюдение требований рационального раскроя, производственных возможностей изготовления и транспортабельности. Последовательность выполнения рабочих чертежей негабаритных листовых конструкций сводится к следующему.

Разработка монтажной схемы:

- составление геометрической схемы конструкции;
- разбивка конструкций на отправочные марки с учетом рациональности раскроя, производственных возможностей завода-изготовителя и их транспортабельности;

- размещение монтажных сборочных приспособлений с учетом особенностей изготовления (контрольных сборок на заводе-изготовителе, жесткости отправочных элементов, правил размещения приспособлений, максимальной однотипности этих элементов);

- выбор места монтажной оси и маркировка отправочных элементов; определение точных геометрических размеров листов.

Разработка чертежей КМД отправочных элементов:

- изображение отправочных элементов с максимальным совмещением малоотличающихся марок;

- размещение на элементах шайб для сборочных приспособлений и расстановка фиксаторов. Все размеры указывают на чертеже с точностью до 1 мм, кроме положения фиксаторов;

- составление спецификаций отправочных элементов, таблиц и примечаний.

## 1. Разработка чертежей КМД монтажных схем

На монтажных схемах негабаритных листовых конструкций помещают:

общий вид конструкций (кожухи доменной печи, воздухонагревателей, пылеуловителя, скруббера и т. п.) с основными размерами и отметками, указанием положения, маркировки и узлов примыкающих элементов (патрубков, штуцеров, лазов, воронок и т. п.), входящих в комплекс сооружения; монтажную ось наносят на конструкции с одной наружной или внутренней стороны;

геометрическую схему сооружения в виде продольного вертикального разреза оболочкой с размерами ее контура, разбивкой кожуха на пояса и их размерами с учетом принятых зазоров в стыках, размерами фаски по кольцевым стыкам (для этого толщину стенки кожуха изображают в большем масштабе, чем геометрические размеры контура оболочки);

развертку кожуха (с наружной стороны), в которой указывают положение монтажной оси, разбивку его на отправочные элементы и их марки, маркировку разрезов по вертикальным стыкам оболочки, положение и марки монтажных сборочных приспособлений;

схему (вертикальный разрез) и фрагмент фасада установки монтажных приспособлений с размерами контура кожуха, очертаниями поясов, с указанием места и марки монтажных приспособлений;

разрезы вертикальных стыков кожуха и стыков, не изображенных на геометрической схеме;

узлы примыкания, выполненные в процессе разработки чертежей КМД, или измененные по сравнению с узлами, помещенными в чертежах КМ;

таблицы монтажных элементов, монтажных приспособлений, монтажных швов, монтажных сборочных пробок;

примечания, в которых, кроме типовых, помещают сведения о контрольной или общей сборке и связанные с ними маркировки отправочных элементов, о количестве заказанных монтажных приспособлений и другие специальные требования.

Если монтажные схемы негабаритных конструкций не размещаются на одном листе, рекомендуется компоновать их следующим образом:

на первом листе приводят общий вид и узлы примыкающих конструкций, таблицы и примечания; на втором — геометрическую схему сооружения, развертку кожуха, разрезы вертикальных стыков, схему установки монтажных приспособлений (см. рис. V.33).

Разработку монтажной схемы начинают с геометрической схемы кожуха, которую изображают в полном соответствии со схемой, помещенной на чертежах КМ, а при ее отсутствии — согласно другим указаниям, имеющимся в чертежах КМ. При разработке схемы должно быть обращено внимание на следующее:

ширина поясов, изготавливаемых из двух и более элементов, должна быть не менее 700 мм. Это условие необходимо для размещения на торцевых кромках элементов не менее двух сборочных приспособлений.

лений, требующихся для устранения винтообразности (разнозначную депланацию в верхних и нижних зонах стыков);

размещение фасок по кольцевым стыкам должно соответствовать принятому проектом организации работ (ПОР) способу монтажной сварки элементов конструкций, а при его отсутствии — полному соответствию чертежам КМ;

зоны расположения толщин листов должны соответствовать чертежам КМ, а размещение стыков в пределах одной толщины может быть изменено с целью получения более рационального раскроя листового металлопроката. При увеличении зоны более толстого листа возможно устранение дополнительного кольцевого стыка в зоне менее толстого листа;

ширина поясов должна соответствовать ширине заказанного и реализованного листового металлопроката, предназначенного для данного сооружения. Припуск для строжки продольных кромок 10 мм;

швы приварки патрубков, лазов и штуцеров не должны иметь пересечений с кольцевыми швами под углами менее  $30^\circ$  или располагаться на расстояниях менее 10 толщин от них (рис. V.34).

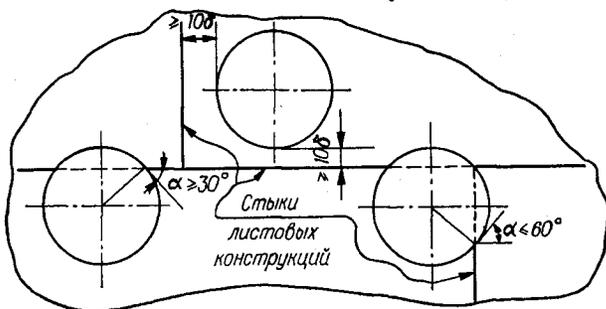


Рис. V.34. Ограничения расположения стыков кожуха.

Развертку кожуха строят справа от геометрической схемы, линии поясов размещают по линиям связи стыков. Количество листов в поясе должно быть минимальным и соответствовать предварительным ориентировочным подсчетам, учитывающим требования транспортабельности, рациональности раскроя, расположения патрубков, лазов, опор и монтажных приспособлений, получения минимального количества типоразмеров отправочных элементов. Монтажные приспособления размещают на равных расстояниях симметрично для каждого элемента. Изменение количества их в смежных стыках не должно увеличивать количество типоразмеров элементов.

Пример оформления чертежа цилиндрической и конической части негабаритных листовых конструкций и основные правила расположения монтажных сборочных приспособлений приведены на рис. V.35.

На развертке указывают место монтажной оси. Для элементов цилиндрической части расположена по вертикальным стыкам монтажная ось уменьшает количество типоразмеров. Элементы маркируют по часовой стрелке, начиная от монтажной оси. Элементы, проходящие на заводе контрольную или общую сборку, также маркируют

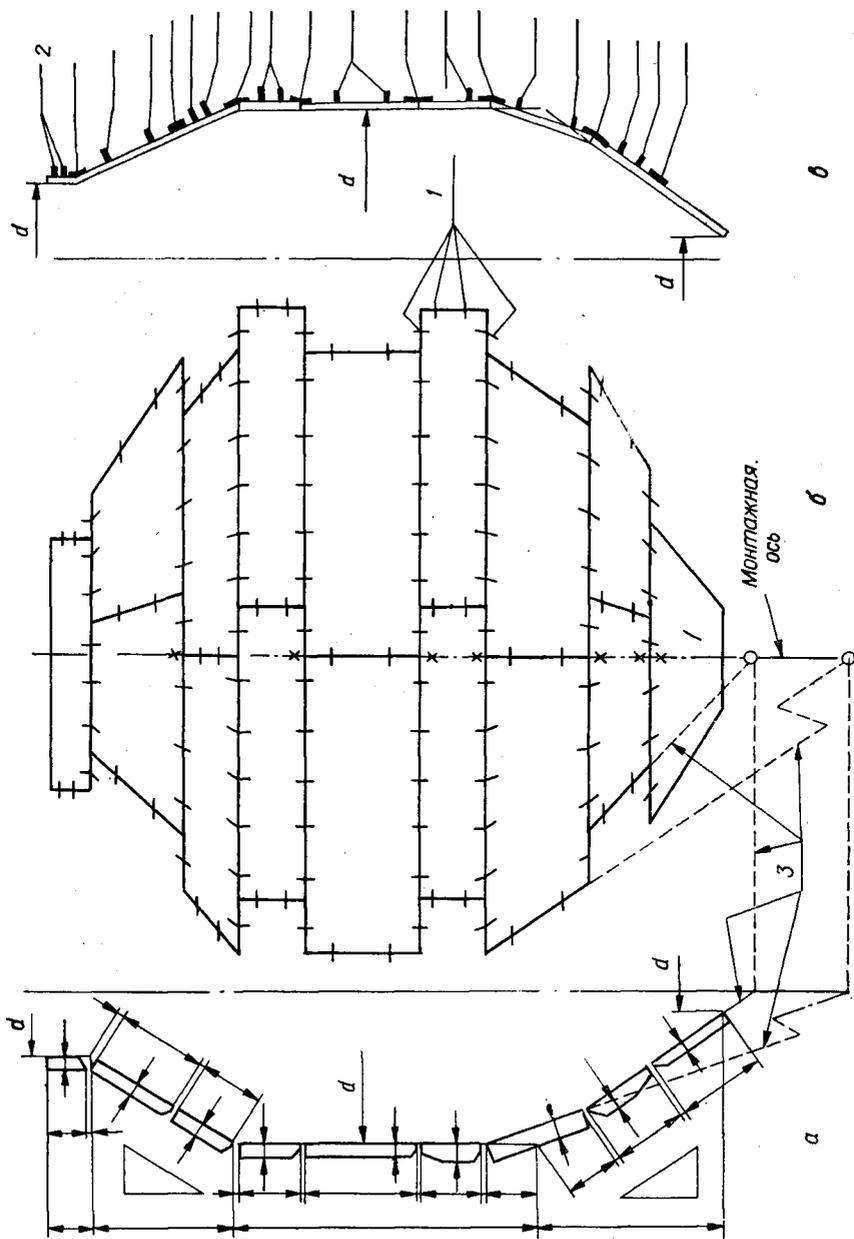


Рис. V.35. К монтажной схеме негабаритных листовых конструкций:  
 а — геометрическая схема; б — развертка кожуха (вид с наружной стороны); в — схема расположения монтажных приспособлений; 1 — монтажные приспособления; 2 — полка-выноска для обозначения марок монтажных приспособлений; 3 — линии построения; (X) — знак кернения оси.

по часовой стрелке по порядку, начиная от монтажной оси. Участки монтажной оси у продольных кромок на каждом элементе, по которому она проходит, кернят и обозначают белой масляной краской. Схему установки монтажных приспособлений приводят с правой стороны развертки, она повторяет в тонких линиях геометрическую схему без указаний размеров поясов и фасок кожуха (с изображением разницы толщин). Расположение монтажных приспособлений изображают сплошной основной линией условных обозначений, марки их указывают на выносных линиях.

## **2. Разработка чертежей КМД элементов негабаритных листовых конструкций**

Элементы кожухов, куполов и примыкающие к ним цилиндрические пояса при изготовлении проходят на заводе общую сборку, в результате которой в некоторых местах производится местная подгонка кромок (подрезка или наплавка). При монтажной сборке эти элементы должны быть собраны в точном соответствии с общей заводской сборкой, по фиксаторам, устанавливаемым на элементе таким образом: два на торцевой и три на продольной кромке элемента. Фиксаторы запрещается использовать в качестве стяжных приспособлений. В зависимости от жесткости кожуха и места расположения подбирают соответствующие типы фиксаторов. В одни отверстия фиксаторов вставляют точеную монтажную пробку, обеспечивающую соосность отверстий, а другие — болты класса точности В. Пробки и болты устанавливают в фиксаторы после сборки элементов на сборочных приспособлениях. Конструкции сборочных приспособлений позволяют с помощью клиньев надежно соединять элементы до сварки, уменьшить или увеличить зазор в стыке, установив зазорные планки.

Монтажные стяжные приспособления листовые используют для стыков прямолинейных и криволинейных поверхностей, плоскость планки вальцуют в соответствии с кривизной этой поверхности. Приспособления этого типа могут быть применены также для стыков, расположенных на плоских поверхностях, или для стяжки стыков, расположенных по образующим при небольших толщинах (до 12 мм) стенки стыкуемых элементов и в других нежестких соединениях, где они могут устранить деформацию стыкуемых поверхностей.

Приспособления из половины двутавровых балок применяют для стяжки элементов по образующим криволинейных поверхностей, а также для плоских поверхностей в более жестких соединениях и для устранения больших деформаций поверхностей.

На каждом элементе должны быть скобы для установки подмостей для производства сборосварочных работ при монтаже и вышерасположенном стыке. Скобы располагают на 700—800 мм ниже стыка. Расстояние между скобами должно быть не более 1200 мм для использования инвентарных деревянных щитов подмостей.



#### VI.1. КОНСТРУКТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К СВАРНЫМ СОЕДИНЕНИЯМ

В конструкциях со сварными соединениями следует максимально применять высокопроизводительные механизированные способы сварки: автоматическую под слоем флюса для поясных швов балок, колонн и других элементов длиной более 3 м; для стыковых швов длиной более 300 мм и толщиной 8—60 мм; электрошлаковую — для стыковых швов толщиной до 300 мм; полуавтоматическую — для угловых швов длиной менее 3 м и стыковых толщиной менее 8 мм; преимущество полуавтоматической — возможность выполнения ее во всех пространственных положениях.

Если использование механизированных способов сварки невозможно, применяют ручную. На заводах металлоконструкций уровень механизации сварочных работ достигает 98—99 %, на монтаже преобладает ручная сварка.

Расположение сварных швов в элементах должно обеспечивать свободный доступ к месту их наложения при выполнении сварочных работ с учетом способа и технологии сварки, а также возможность контроля за их качеством.

Для уменьшения сварочных деформаций необходимо избегать сосредоточения нескольких швов в одном месте, пересечения их, близкого расположения параллельных швов.

Наибольший катет углового шва должен быть не более 1,2 меньшей толщины свариваемых элементов, наименьший — назначаться по расчету, но не менее указанного в табл. VI.1. Если из-за разницы толщин свариваемых элементов эти требования становятся противоречивыми, следует принимать неравнокатетные швы.

Расчетная длина углового шва должна быть не менее  $4k_f$  и не менее 40 мм, флангового — не более  $85\beta_f k_f$  ( $\beta_f$  — коэффициент, принимаемый по табл. VI.10), за исключением случаев, когда усилие действует на всем протяжении шва. Нахлестку в нахлесточном соединении принимают не менее 5 толщин наиболее тонкого из свариваемых элементов. В конструкциях, воспринимающих динамические и вибрационные нагрузки, а также возводимых в климатических районах I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, II<sub>2</sub> и II<sub>3</sub>, угловые швы выполняют с плавным переходом к основному металлу. При сварке встык листов разной ширины для обеспечения более плавного перехода сечения от меньшей ширины к большей предусматривают скосы у более широкого листа с уклоном не более 1 : 5.

Стыковые швы деталей разной толщины сваривают так же, как де-

Т а б л и ц а VI.1. Минимальные катеты угловых сварных швов  $k_f$ , мм, по СНиП II-23-81\*

Тавровое соединение	Предел текучести стали, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	Толщина более толстого из свариваемых элементов, $\delta$ , мм						
		4-5	6-10	11-16	17-22	23-32	33-40	41-80
С двусторонними угловыми швами;	<430 (4400)	4	5	6	7	8	9	10
нахлесточное и угловое, выполненное ручной сваркой	430-530 (4400-5400)	5	6	7	8	9	10	12
То же, выполненное автоматической и полуавтоматической сваркой	<430 (4400)	3	4	5	6	7	8	9
	430-530 (4400-5400)	4	5	6	7	8	9	10
С односторонними угловыми швами, выполненное ручной сваркой	<380 (3900)	5	6	7	8	9	10	12
То же, выполненное автоматической и полуавтоматической сваркой	<380 (3900)	4	5	6	7	8	9	10

Примечания: 1. В конструкциях из стали с пределом текучести выше 530 МПа (5400 кгс/см<sup>2</sup>), а также из всех сталей при толщине свариваемых элементов более 80 мм минимальные катеты угловых швов принимают по специальным техническим условиям, утвержденным или согласованным в установленном порядке. 2. В конструкциях группы 4 минимальные катеты односторонних угловых швов следует уменьшать на 1 мм при толщине свариваемых элементов до 40 мм включительно и на 2 мм при толщине элементов более 40 мм.

Т а б л и ц а VI.2. Допускаемая разность толщин элементов стыковых сварных соединений

Толщина тонкой детали	Разность толщин деталей	Толщина тонкой детали	Разность толщин деталей
мм		мм	
Сварное соединение по ГОСТ 8713-79 *		22-30	3
2-4	1	Св. 30	4
5-30	2	Сварное соединение по ГОСТ 14771-76*	
32-40	4	2-3	1
Св. 40	6	4-30	2
Сварное соединение по ГОСТ 5264-80		32-40	4
1-4	1	Св. 40	6
5-20	2		

тали одной толщины, если разность толщин их не превышает значений, указанных в табл. VI.2, при этом все конструктивные элементы соединения принимают по большей толщине. При большей разности толщин на деталях большей делают скосы с одной или с двух сторон до толщины тонкой детали, принимая все конструктивные элементы соединения по меньшей.

Конструктивные элементы сварных соединений принимают в зависимости от способа сварки и толщин свариваемых деталей.

При сварке встык прокатных профилей (двутавров, швеллеров, уголков) для обеспечения полного проплавления удаляют дефекты в

корне шва. Чтобы обработать корень шва, фаску снимают с внутренней стороны профиля.

Для прикрепления ребер жесткости, диафрагм и поясов сварных двутавров допускается применять односторонние угловые швы, катеты которых  $k_f$  принимают по расчету, но не менее указанных в табл. VI.1.

Односторонние швы не допускаются в конструкциях: группы 1 (см. табл. I.5);

эксплуатируемых в средне- и сильноагрессивной средах; возводимых в климатических районах  $I_1, I_2, II_2$  и  $III_3$ .

Применение комбинированных соединений, в которых часть усиления воспринимается сварными швами, а часть — заклепками или болтами, не допускается.

Прерывистые швы, электрозаклепки, выполняемые ручной сваркой с предварительной сверловкой отверстий, допускается использовать только в конструкциях группы 4 (см. табл. I.5). В прерывистых швах расстояние в свету между участками швов принимают не более  $18t$  ( $t$  — наименьшая толщина соединяемых элементов) в сжатых и не более  $24t$  в растянутых и конструктивных элементах.

В зависимости от назначения и ответственности конструкций швы сварных соединений проходят контроль: по внешнему виду, неразрушающими методами или механическими испытаниями образцов.

По внешнему виду (наружный осмотр 100 % швов с проверкой размеров) контролируют все типы конструкций.

При этом проверяют соответствие швов следующим требованиям: поверхность швов должна быть гладкой или равномерно чешуйчатой, без наплывов, прожогов, сужений и перерывов, не иметь резкого перехода к основному металлу; угловые швы в конструкциях, воспринимающих динамическую нагрузку, выполняют с плавным переходом к основному металлу;

наплавленный металл должен быть плотным по всей длине шва; не иметь трещин;

подрезы основного металла допускаются не более значений, указанных в табл. VI.3;

все кратеры должны быть заварены.

Т а б л и ц а VI.3. Допускаемые подрезы основного металла

Климатический район строительства	Толщина свариваемой стали, мм	Подрезы	
		Расположение	Глубина, мм не более
$I_1, I_2, II_2, III_3$	4—10	Вдоль усилия, местные	0,5
	>10	поперек усилия на длине шва до 25 %	1
	≤20	Поперек усилия	0,5
	>20	То же	1
Прочие районы	4—10	Вдоль и поперек усилия	0,5
	>10	То же	1

Контроль физическими неразрушающими методами (ультразвуковая дефектоскопия или просвечивание проникающими излучениями) производят тех швов сварных соединений, качество которых подлежит проверке этими методами согласно проекту. Нормы контроля принимают по СНиП III-18-75, допускаются дефекты не более значений по табл. VI.4.

Т а б л и ц а VI.4. Допускаемые дефекты швов сварных соединений при контроле физическими методами

Характеристика дефекта	Размер и расположение дефекта
Непровары а) по сечению швов при сварке с двух сторон	Глубина до 5 % толщины металла, но не более 2 мм; длина не более 50 мм; расстояние между ними не менее 250 мм; общая длина участков непроваров не более 200 мм на 1 м шва
б) в корне шва в соединениях без подкладок, при сварке только с одной стороны	Глубина до 15 % толщины металла, но не более 3 мм
Шлаковые включения или поры:	Суммарная длина не более 200 мм на 1 м шва
а) расположенные цепочкой вдоль шва	Не более 5 шт. на 1 см <sup>2</sup> площади шва;
б) скопления в отдельных участках шва	диаметр одного дефекта не более 1,5 мм
в) в стыковых и угловых швах сварных соединений конструкций, воспринимающих динамические или вибрационные нагрузки, статически нагруженные растянутые элементы	Диаметр не более 1 мм при толщине металла до 25 мм и не более 4 % толщины при толщине металла более 25 мм; не более четырех дефектов на участке шва длиной 400 мм; расстояние между дефектами не более 500 мм
г) в стыковых и угловых швах сварных соединений статически нагруженных сжатых элементов	Диаметр не более 2 мм, не более шести или не более одной группы дефектов на участке шва длиной 400 мм
д) отдельные либо их скопления	Диаметр не более 10 % толщины металла, но не более 3 мм
Суммарное значение непровара, шлаковых включений и пор при сварке:	В рассматриваемом сечении, не более:
а) двусторонней	а) 10 % толщины металла, но не более 2 мм
б) односторонней без подкладок	б) 15 % толщины металла, но не более 3 мм

Примечания: 1. Непровары в корнях шва в соединениях без подкладок, при сварке с одной стороны в сварных соединениях конструкций из стали с пределом текучести свыше 410 МПа (4200 кгс/см<sup>2</sup>) не допускаются. 2. Шлаковые включения или поры, образующие сплошную линию вдоль шва, не допускаются.

В листовых конструкциях при толщине металла до 16 мм включительно, при необходимости обеспечить герметичность швов, их проверяют на плотность опрыскиванием керосином или мыльной эмульсией (при избыточном давлении или вакууме). Резервуары, трубопроводы и сосуды испытывают на плотность и прочность воздушным, гидравлическим или газовым давлением.

Механическое испытание, металлографическое исследование макрошлифов на торцах швов контрольных образцов или на торцах стыковых швов сварных соединений производят тех швов сварных соединений, для которых такая проверка предусмотрена проектом.

Трещины всех видов и размеров в швах сварных соединений не допускаются и подлежат исправлению: перерывы швов и кратеры — заваривают; при других дефектах швов, превышающих допускаемые, — удаляют швы на длину дефектного места с увеличением по 15 мм с каждой стороны и заваривают вновь; подрезы основного металла выше допустимых — зачищают и заваривают с последующей зачисткой, обеспечивающей плавный переход от наплавленного металла к основному.

## VI.2. РАСЧЕТ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Т а б л и ц а VI.5. Формулы расчетных сопротивлений сварных соединений по СНиП II-23-81 \*

Напряженное состояние	Метод контроля	Формулы
-----------------------	----------------	---------

### Стыковые соединения

Сжатие, растяжение, изгиб	По пределу текучести	Физический	$R_{\omega y} = R_y$
	По временному сопротивлению	»	$R_{\omega n} = R_u$
Растяжение, изгиб	По пределу текучести	Визуальный	$R_{\omega y} = 0,85R_y$
Сдвиг	—	—	$R_{\omega s} = R_s$

### Соединения с угловыми швами

Срез (условный)	По металлу шва	—	$R_{\omega t} = 0,55 \frac{R_{\omega n}}{\gamma_{\omega t}}$
	По металлу границы сплавления	—	$R_{\omega z} = 0,45R_{un}$

Примечания: 1. Формулы применяют для соединений, выполненных автоматической, полуавтоматической и ручной сваркой. 2. Для швов, выполняемых ручной сваркой, значения  $R_{\omega n}$  равны значениям временного сопротивления разрыву металла шва, указанным в ГОСТ 9467—75\*. 3. Нормативные и расчетные сопротивления срезу (условному) металла швов сварных соединений с угловыми швами и границы сплавления приведены в табл. VI.6, VI.7. 4. Значения коэффициента надежности по материалу шва следует принимать  $\gamma_{\omega n} = 1,25$  при  $R_{\omega n} \leq 490$  МПа (5000 кгс/см<sup>2</sup>),  $\gamma_{\omega n} = 1,35$  при  $R_{\omega n} \leq 590$  МПа (6000 кгс/см<sup>2</sup>). 5. Расчетные сопротивления стыковых соединений элементов из сталей с различными нормативными сопротивлениями принимают как для стыковых соединений из стали с меньшим значением нормативного сопротивления.

Таблица VI.6. Нормативные и расчетные сопротивления металла швов сварных соединений с угловыми швами по СНиП II-23-81\*

Материалы для сварки				$R_{\omega шв}$ , МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	$R_{\omega ф}$ , МПа (кгс/см <sup>2</sup> )
ручной элект- родами по ГОСТ 9467-75	автоматиче- ской под флюсом	полуавтоматической			
		в углекислом газе или его смеси с аргоном	порошковой проволокой		
Э42, Э42А	Св-08, Св-08А	—	—	410 (4200)	180 (1850)
Э46, Э46А	Св-08ГА	Св-07ГС	—	450 (4600)	200 (2050)
Э50, Э50А	Св-10ГА	Св-08Г2С; Св-07ГС <sup>1</sup>	ПП-АН8; ПП-АН3	490 (5000)	215 (2200)
Э60	Св-10Г2; Св-10НМА	Св-08Г2С <sup>2</sup>	—	590 (6000)	240 (2450)
Э70	Св-08ХН2ГМЮ	Св-08Г2С <sup>3</sup> ; Св-10ХГ2СМА	—	685 (7000)	280 (2850)
Э-85	—	—	—	835 (8500)	340 (3450)

<sup>1</sup>  $R_{\omega ф} = 215$  МПа (2200 кгс/см<sup>2</sup>) только для швов  $k_f \leq 8$  мм в конструкциях из стали с пределом текучести 305 МПа (3100 кгс/см<sup>2</sup>) и более.

<sup>2</sup>  $R_{\omega ф} = 240$  МПа (2450 кгс/см<sup>2</sup>) только для швов  $k_f \leq 8$  мм в конструкциях из стали с пределом текучести 440 МПа (4500 кгс/см<sup>2</sup>).

<sup>3</sup>  $R_{\omega ф} = 280$  МПа (2850 кгс/см<sup>2</sup>) только для швов  $k_f \leq 8$  мм в конструкциях из стали с пределом текучести 590 МПа (6000 кгс/см<sup>2</sup>).

Таблица VI.7. Расчетные сопротивления срезу (условному) металла границы сплавления сварных соединений с угловыми швами по СНиП II-23-81\*

$R_{шп}$	$R_{\omega з}$	$R_{шп}$	$R_{\omega з}$	$R_{шп}$	$R_{\omega з}$
МПа (кгс/см <sup>2</sup> )		МПа (кгс/см <sup>2</sup> )		МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	
345	155	(4400)	(2000)	510	230
(3500)	(1570)	440	200	(5200)	(2350)
355	160	(4500)	(2050)	520	235
(3600)	(1620)	450	205	(5300)	(2400)
365	165	(4600)	(2100)	530	240
(3700)	(1700)	460	205	(5400)	(2450)
370	165	(4700)	(2100)	540	245
(3800)	(1700)	470	210	(5500)	(2500)
380	170	(4800)	(2150)	570	255
(3900)	(1750)	480	215	(5800)	(2600)
390	175	(4900)	(2200)	590	265
(4000)	(1800)	490	220	(6000)	(2700)
410	185	(5000)	(2250)	685	310
(4200)	(1900)	500	225	(7000)	(3150)
430	195	(5100)	(2300)		

Сварные стыковые соединения на осевое растяжение или сжатие рассчитывают по формуле

$$N/(tl_{\omega}) \leq R_{\omega\gamma c}, \quad (VI.1)$$

где  $t$  — наименьшая толщина свариваемых элементов;  $l_{\omega}$  — полная длина шва, если шов выведен за пределы стыка на выводные планки, или уменьшенная на  $2t$ , если стык заварен без выводных планок.

Если для сварки стыкового шва применены сварочные материалы согласно табл. VI.8, обеспечен полный провар соединяемых элементов, растянутые швы проконтролированы физическими методами, сварной

Т а б л и ц а VI.8. Материалы для сварки, соответствующие маркам стали по СНиП 11-23-81\*

Марки стали свариваемых элементов	Материалы для сварки				
	автоматической под флюсом	полуавтоматической		ручной электродами по ГОСТ 9467-75*	
		в углекислом газе <sup>1</sup>	порошковой проволокой		
флюс по ГОСТ 9087-81*	сварочной проволокой по ГОСТ 2246-70*				
<i>а) Конструкции групп 2, 3, 4 и во всех климатических районах, кроме I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, II<sub>2</sub> и II<sub>3</sub></i>					
20, ВСтЗкп, ВСтЗпс, ВСтЗсп	АН-348-А, АН-60	Св-08А, Св-08ГА,	Св-08Г2С,	ПП-АН8, ПП-АН3	Э42, Э46
09Г2, 09Г2С, 14Г2, 10Г2С1, 15ХСНД, 10ХНДП, 10ХСНД	АН-47, АН-43, АН-17М, АН-348-А <sup>2</sup>	Св-10НМА, Св-10Г2 <sup>2</sup> , Св-08ГА <sup>3</sup> , Св-10ГА <sup>3</sup>	Св-08Г2С, Св-08ХГСМА, Св-10ХГ2СМА	ПП-АН8, ПП-АН3	Э46, Э50
18Г2АФпс, 16Г2АФ, 15Г2СФ, 14Г2АФ, 15Г2АФДпс	АН-47, АН-43, АН-17М, АН-348-А <sup>2</sup>	Св-10НМА, Св-08ХМ <sup>4</sup>	Св-08Г2С, Св-08ХГСМА, Св-10ХГ2СМА,	ПП-АН8, ПП-АН3	Э50, Э60
<i>б) Конструкции группы 1 во всех климатических районах: групп 2, 3, 4 в районах I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, II<sub>2</sub> и II<sub>3</sub></i>					
20, ВСтЗпс, ВСтЗсп, ВСтЗГпс, ВСтГпс	АН-348-А	Св-08А Св-08ГА	Св-08Г2С,	ПП-АН8, ПП-АН3	Э42А, Э46А
09Г2, 09Г2С, 14Г2, 10Г2С1, 15ХСНД, 10ХНДП, 10ХСНД, 18Г2АФпс, 16Г2АФ, 15Г2АФДпс, 14Г2АФ	АН-47, АН-43, АН-348-А	Св-10НМА, Св-10Г2, Св-08ГА, Св-10ГА	Св-08Г2С,	ПП-АН8, ПП-АН3	Э46А, Э50А
	АН-47, АН-17М, АН-348-А <sup>2</sup>	Св-10НМА, Св-08ХМ <sup>4</sup>	Св-08Г2С, Св-08ХГСМА, Св-10ХГ2СМА Св-10ХГ2СМА	ПП-АН8, ПП-АН3	Э50А, Э60
12ГН2МФАЮ					
12Г2СМФ	АН-17М	Св-08ХН2ГМЮ		—	Э70

<sup>1</sup> По ГОСТ 8050-85 или в его смеси с аргоном по ГОСТ 10157-79\*.

<sup>2</sup> При применении флюса АН-348-А требуется проведение дополнительного контроля механических свойств металла шва при сварке соединений элементов всех толщин для конструкций климатических районов I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, II<sub>2</sub>, II<sub>3</sub> и толщин более 32 мм для конструкций остальных климатических районов.

<sup>3</sup> Не применять в сочетании с флюсом АН-43.

<sup>4</sup> Применять только в сочетании с флюсом АН-47.

Примечания: 1. Порошковая проволока марки ПП-АН8 поставляется по ЧМТУ 4-353-71, марки ПП-АН3 по ТУ ИЭС 22-66; флюс марки АН-47 — по ТУ 14-1-1353-75, марки АН-43 — по ТУ 14-1-753-73, марки АН-17М — по ЧМТУ 1-1017-70.2. При соответствующем технико-экономическом обосновании для сварки конструкций допускается использовать сварочные материалы, не указанные в таблице, при этом механические свойства металла шва, выполненного с их применением, должны быть не ниже свойств, обеспечиваемых сварочными материалами согласно настоящей таблице.

шов считают равнопрочным основному металлу и расчет его не требуется.

Сварные стыковые соединения, выполненные без физического контроля качества, при одновременном действии в одном и том же сечении нормальных и касательных напряжений проверяют по формулам:

$$\sqrt{\sigma_{\omega x}^2 - \sigma_{\omega x}\sigma_{\omega y} + \sigma_{\omega y}^2 + 3\tau_{\omega xy}^2} \leq 1,15R_{\omega y}\gamma_c; \quad (\text{VI.2})$$

$$\tau_{\omega xy} \leq R_{\omega s}\gamma_c. \quad (\text{VI.3})$$

Сварные соединения с угловыми швами при действии продольной и поперечной сил рассчитывают на срез (условный) по двум сечениям (рис. VI.1):

по металлу шва

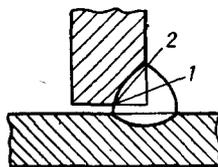


Рис. VI.1. Схема расчетных сечений сварного соединения с угловым швом:

1 — по металлу шва; 2 — по металлу границы сплавления.

$$N/(\beta_f k_f l_{\omega}) \leq R_{\omega f} \gamma_{\omega f} \gamma_c; \quad (\text{VI.4})$$

по металлу границы сплавления

$$N/(\beta_z k_z l_{\omega}) \leq R_{\omega z} \gamma_{\omega z} \gamma_c. \quad (\text{VI.5})$$

Здесь  $\beta_f$  и  $\beta_z$  — коэффициенты, принимаемые при сварке элементов стали: с пределом текучести до 580 МПа (5900 кгс/см<sup>2</sup>) по табл. VI.9, свыше 580 МПа (5900 кгс/см<sup>2</sup>) независимо от вида сварки, положения шва и диаметра сварочной проволоки  $\beta_f = 0,7$  и  $\beta_z = 1$ ;  $\gamma_{\omega f}$  и  $\gamma_{\omega z}$  — коэффициенты условий работы шва, равные: для конструкций,

Т а б л и ц а VI.9. Коэффициенты  $\beta_f$  и  $\beta_z$ , по СНиП II-23-81 \*

Сварка при диаметре сварочной проволоки $d$ , мм	Положение шва	Катег шва, мм	Коэффициенты	
			$\beta_f$	$\beta_z$
Автоматическая, $d = 3-5$ мм	В лодочку	3-16	1,1	1,15
		18 и более	0,7	1,0
	Нижнее	3-8	1,1	1,15
		9-16	0,9	1,05
Автоматическая и полуавтоматическая, $d = 1,4-2$ мм	В лодочку	3-12	0,9	1,05
		14-16	0,8	1,0
	Нижнее, горизонтальное, вертикальное	18 и более	0,7	1,0
		3-8	0,9	1,05
		9-12	0,8	1,0
		14 и более	0,7	1,0
Ручная, полуавтоматическая проволокой сплошного сечения $d < 1,4$ мм или порошковой проволокой	В лодочку, нижнее, горизонтальное, вертикальное, потолочное	3 и более	0,7	1,0

Примечания: 1. Значения коэффициентов  $\beta_f$  и  $\beta_z$  соответствуют нормальным режимам сварки. 2. При сварке с использованием технологических приемов, направленных на повышение производительности наплавки, которые сопровождаются снижением глубины проплавления, значения коэффициентов принимают  $\beta_f = 0,7$  и  $\beta_z = 1,0$ .

возводимых в климатических районах  $I_1, I_2, II_2$  и  $II_3$ ,  $\gamma_{\omega f} = 0,85$  (для металла шва с нормативным сопротивлением 410 МПа (4200 кгс/см<sup>2</sup>);  $\gamma_{\omega z} = 0,85$  (для всех сталей); для всех прочих конструкций  $\gamma_{\omega f} = \gamma_{\omega z} = 1$ ;  $l_{\omega}$  — расчетная длина шва, принимается меньше его полной длины на 10 мм;  $R_{\omega f}$  и  $R_{\omega z}$  — расчетные сопротивления срезу (условному) по табл. VI.6 и VI.7.

Если размеры угловых швов приняты по расчету, для сварки элементов из стали с пределом текучести до 285 МПа (2900 кгс/см<sup>2</sup>) принимают сварочные материалы по табл. VI.8, для которых  $R_{\omega f}$  должно быть более  $R_{\omega z}$ , а при ручной сварке не менее  $1,1R_{\omega z}$ , но при этом выполняют условие  $1,1R_{\omega z} < R_{\omega f} \leq R_{\omega z}\beta_z/\beta_f$ ; для сварки элементов из стали с пределом текучести более 285 МПа (2900 кгс/см<sup>2</sup>) используют сварочные материалы, для которых выполнено условие  $R_{\omega z} < R_{\omega f} \leq R_{\omega z}\beta_z/\beta_f$ .

При выборе сварочных материалов учитывают также группу конструкций и климатический район.

Сварные соединения с угловыми швами при действии момента в плоскости, перпендикулярной плоскости расположения швов, рассчитывают на срез (условный) по формулам:

по металлу шва

$$M/W_f \leq R_{\omega f}\gamma_{\omega f}\gamma_c; \quad (VI.6)$$

по металлу границы сплавления

$$M/W_z \leq R_{\omega z}\gamma_{\omega z}\gamma_c, \quad (VI.7)$$

где  $W_f$  и  $W_z$  — моменты сопротивления расчетного сечения по металлу соответственно шва и границы сплавления.

Сварные соединения с угловыми швами при действии момента в плоскости расположения этих швов рассчитывают по формулам:

$$M\sqrt{x^2 + y^2}/(I_{fx} + I_{fy}) \leq R_{\omega f}\gamma_{\omega f}\gamma_c; \quad (VI.8)$$

$$M\sqrt{x^2 + y^2}/(I_{zx} + I_{zy}) \leq R_{\omega z}\gamma_{\omega z}\gamma_c, \quad (VI.9)$$

где  $I_{fx}$  и  $I_{fy}$  — моменты инерции расчетного сечения по металлу шва относительно его главных осей;  $I_{zx}$  и  $I_{zy}$  — то же, по металлу границы сплавления;  $x$  и  $y$  — координаты точки шва, наиболее удаленной от центра тяжести расчетного сечения швов, относительно главных осей этого сечения.

Сварные соединения с угловыми швами на одновременное действие продольной и поперечной сил и момента рассчитывают по формулам: по металлу шва

$$\tau_f \leq R_{\omega f}\gamma_{\omega f}\gamma_c; \quad (VI.10)$$

по металлу границы сплавления

$$\tau_z \leq R_{\omega z}\gamma_{\omega z}\gamma_c, \quad (VI.11)$$

где  $\tau_f$  и  $\tau_z$  — напряжения в расчетном сечении по металлу соответственно шва и границы сплавления, равные геометрическим суммам напряжений, вызываемых продольной и поперечной силами и моментом.

Несущую способность сварного соединения с угловыми швами определяют прочностью менее прочного расчетного сечения в зависимости от стали свариваемых элементов, применяемых сварочных материалов, вида сварки, положения и катета шва (табл. VI.10).

Т а б л и ц а VI.10. Расчетные сечения для расчета сварных соединений с угловыми швами

$R_{\text{уп}}$ МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	$\beta_f$	Расчетное сечение при $R_{\text{уп}}$ , МПа (кгс/см <sup>2</sup> )				
		410 (4200)	450 (4600)	490 (5000)	590 (6000)	685 (7000)

а) Для конструкций во всех климатических районах, кроме  $I_1, I_2, II_2, II_3$

345 (3500);	1,1	+	+	+	+	+
355 (3600)	0,9; 0,8	-	+	+	+	+
	0,7	-	-	-	+	+
365 (3700);	1,1	+	+	+	+	+
370 (3800)	0,9	-	+	+	+	+
	0,8	-	-	+	+	+
	0,7	-	-	-	+	+
380 (3900)	1,1	+	+	+	+	+
380 (3900)	0,9	-	+	+	+	+
380 (3900)	0,8	-	-	+	+	+
380 (3900)	0,7	-	-	-	-	+
390 (4000);	1,1	-	+	+	+	+
410 (4200)	0,9	-	-	+	+	+
	0,8	-	-	-	+	+
	0,7	-	-	-	-	+
430 (4400);	1,1	-	-	+	+	+
440 (4500);	0,9	-	-	-	+	+
450 (4600);	0,8	-	-	-	-	+
460 (4700)	0,7	-	-	-	-	+
470 (4800);	1,1	-	-	-	+	+
480 (4900);	0,9; 0,8	-	-	-	-	+
490 (5000);	0,7	-	-	-	-	+
500 (5100);	1,1	-	-	-	+	+
510 (5200)	0,9	-	-	-	-	+
	0,8; 0,7	-	-	-	-	-
520 (5300);	1,1; 0,9	-	-	-	-	+
530 (5400)	0,8; 0,7	-	-	-	-	+
540 (5500);	1,1	-	-	-	-	+
570 (5800);	0,9; 0,8;	-	-	-	-	-
590 (6000)	0,7	-	-	-	-	-

б) Для конструкций в климатических районах  $I_1; I_2; II_2; II_3$

345 (3500);	1,1	+	+	+	+	+
355 (3600);	0,9; 0,8;	-	+	+	+	+
365 (3700)	0,7	-	-	-	-	+
370 (3800);	1,1	+	+	+	+	+
380 (3900)	0,9; 0,8	-	+	+	+	+
	0,7	-	-	+	+	+
390 (4000);	1,1; 0,9;	-	+	+	+	+
	0,8	-	-	-	-	-
	0,7	-	-	+	+	+
410 (4200)	1,1; 0,9;	-	+	+	+	+
	0,8	-	-	-	-	-

Продолжение табл. VI.10

$R_{un}$ , МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	$\beta_f$	Расчетное сечение при $R_{\text{сшн}}$ , МПа (кгс/см <sup>2</sup> )				
		410 (4200)	450 (4600)	490 (5000)	590 (6000)	685 (7000)
410 (4200)	0,7	—	—	—	+	+
430 (4400);	1,1; 0,9	—	+	+	+	+
440 (4500)	0,8	—	—	+	+	+
	0,7	—	—	—	—	+
450 (4600);	1,1	—	+	+	+	+
460 (4700);	0,9	—	—	+	+	+
470 (4800);	0,8	—	—	—	+	+
480 (4900)	0,7	—	—	—	—	+
490 (5000)	1,1	—	+	+	+	+
490 (5000)	0,9; 0,8	—	—	—	+	+
490 (5000)	0,7	—	—	—	—	+
500 (5100);	1,1	—	—	+	+	+
510 (5200)	0,9	—	—	—	+	+
	0,8; 0,7	—	—	—	—	+
520 (5300);	1,1	—	—	+	+	+
530 (5400)	0,9	—	—	—	+	+
	0,8	—	—	—	—	+
	0,7	—	—	—	—	—
540 (5500);	1,1	—	—	—	+	+
570 (5800)	0,9; 0,8	—	—	—	—	+
	0,7	—	—	—	—	—
590 (6000)	0,7	—	—	—	—	—

Примечания: 1. Знак «+» означает, что расчет производят по металлу границы сплавления, знак «-» — по металлу шва. 2. Для стали с  $R_{un} = 685$  МПа (7000 кгс/см<sup>2</sup>) расчет производят по металлу шва. 3. Так как  $\beta_z = 1,41 \sqrt{\beta_f - 1,41 \beta_f + 1}$ , значения  $\beta_z$  в таблице не приведены.

**VI.3. ПРЕДЕЛЬНЫЕ УСИЛИЯ [N] НА СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ**

Таблица VI.11. Предельные усилия [N] на сварные соединения с угловыми швами для конструкций во всех климатических районах, кроме I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, II<sub>3</sub> и II<sub>4</sub>, при катете шва  $k_f^2$  до 8 мм

Марка сварочной проволоки, тип электрода	$R_{un}$ свариваемой стали, МПа	Предельные усилия [N], кН/см, на сварное соединение при катете шва $k_f$ , мм					
		3	4	5	6	7	8

Автоматическая сварка при диаметре электрода 3—5 мм и положении шва в лодочку, нижнем

Св-08; Св-08А	345	5,3	7,1	8,9	10,7	12,5	14,2
	355	5,5	7,3	9,2	11	12,9	14,6
	365, 370	5,6	7,5	9,4	11,3	13,2	15
	≥380	5,9	7,8	9,8	11,8	13,8	15,7
Св-08ГА	390	6	8	10	12,1	14,1	16,1
	410	6,3	8,5	10,6	12,7	14,8	16,9
	≥430	6,6	8,8	11	13,2	15,4	17,6

Продолжение табл. VI.11

Марка сварочной проволоки, тип электрода	$R_{un}$ свариваемой стали, МПа	Предельные усилия [N], кН/см, на сварное соединение при катете шва $k_f$ , мм					
		3	4	5	6	7	8
Св-10ГА	440	6,8	9,1	11,4	13,6	15,9	18,2
	450	7	9,3	11,6	14	16,3	18,6
	$\geq 460$	7,1	9,5	11,8	14,2	16,7	19
Св-10Г2 Св-10НМА	470	7,3	9,7	12,1	14,6	17	19,4
	480	7,5	9,9	12,4	14,9	17,4	19,9
	490	7,6	10,1	12,7	15,2	17,7	20,3
	500	7,8	10,3	12,9	15,5	18,1	20,7
	$\geq 510$	7,9	10,6	13,2	15,8	18,5	21,1

*Автоматическая и полуавтоматическая сварка при диаметре электрода 1,4—2 мм и положении шва в лодочку, нижнем, горизонтальном, вертикальном*

Св-08ГА; Св-07ГС; Св-08Г2С	345	4,9	6,5	8,1	9,8	11,4	13
	355	5	6,7	8,4	10	11,7	13,4
	365, 370	5,2	6,9	8,6	10,3	12,1	13,8
	380	5,4	7,1	8,8	10,7	12,5	14,2
	$\geq 390$	5,4	7,2	9	10,8	12,6	14,4

*Полуавтоматическая сварка сварочной проволокой сплошного сечения при диаметре электрода < 1,4 мм, порошковой проволокой во всех положениях*

Св-08Г2С; ПП-АН8; ПП-АН3	$345 \leq R_{un} \leq 570$	4,5	6	7,5	9	10,5	12
-----------------------------	----------------------------	-----	---	-----	---	------	----

*Ручная сварка во всех положениях шва*

Э42	$345 \leq R_{un} \leq 410$	3,8	5	6,3	7,6	8,8	10
Э46		4,2	5,6	7	8,4	9,8	11,2
Э50	$430 \leq R_{un} \leq 490$	4,5	6	7,5	9	10,5	12
Э60	$500 \leq R_{un} \leq 590$	5	6,7	8,3	10	11,7	13,4

Т а б л и ц а VI.12. Предельные усилия [N] на сварные соединения с угловыми швами для конструкций во всех климатических районах, кроме I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, II<sub>2</sub>, III<sub>3</sub>, при катете шва k более 8 мм

Марка сварочной проволоки, тип электрода	$R_{un}$ свариваемой стали, МПа	Предельные усилия [N], кН/см, на сварное соединение при катете шва $k_f$ , мм					
		10	12	14	16	18	20

*Автоматическая сварка при диаметре электрода 3—5 мм и положении шва в лодочку*

Св-08; Св-08А	345	17,9	21,4	25	28,5	22,6	25,1
	355	18,4	22,1	25,7	29,4	22,6	25,1
	365, 370	18,9	22,7	26,4	30,2	22,6	25,1
	$\geq 380$	19,6	23,6	27,5	31,5	22,6	25,1
Св-08ГА	390	20,2	24,1	28,2	32,3	25,2	28
	410	21,2	25,4	29,7	34	25,2	28
	$\geq 430$	21,8	26,1	30,5	34,8	25,2	28
Св-10ГА	440	22,8	27,3	31,9	36,4	27,1	30,1
	450	23,3	27,9	32,6	37,2	27,1	30,1
	$\geq 460$	23,7	28,5	33,2	37,9	27,1	30,1

Продолжение табл. VI.1:

Марка сварочной проволоки, тип электрода	$R_{уп}$ свариваемой стали, МПа	Предельные усилия [N], кН/см на сварное соединение при кате шва $k_f$ , мм					
		10	12	14	16	18	2
Св-10Г2, Св-10НМА	470	24,3	29,1	34	38,8	30,2	33
	480	24,8	29,8	34,8	39,7	30,2	33
	490	25,3	30,4	35,5	40,6	30,2	33
	500	25,9	31,1	36,2	41,4	30,2	33
	$\geq 510$	26,4	31,7	37	42,2	30,2	33
<i>Автоматическая сварка при диаметре электрода 3—5 мм в нижнем положении</i>							
Св-08; Св-08А	$345 \leq R_{уп} \leq 380$	16,2	19,4	22,6	25,9	22,6	25
Св-08ГА	$390 \leq R_{уп} \leq 410$	18	21,6	25,2	28,8	25,2	28
Св-10ГА	440; 450; 460	19,3	23,2	27,1	30,9	27,1	30
Св-10Г2; Св-10НМА	$470 \leq R_{уп} \leq 590$	21,6	25,9	30,3	34,5	30,2	33,6
<i>Автоматическая и полуавтоматическая сварка при диаметре электрода 1, 4—2 мм и положении шва в лодочку</i>							
Св-08ГА; Св-07ГС	345	16,3	19,6	21,7	24,9	25,2	28
	355	16,8	20,2	22,4	25,5	25,2	28
	365; 370	17,4	20,7	22,4	25,5	25,2	28
	380	17,9	21,5	22,4	25,5	25,2	28
Св-08Г2С	390	18,3	22	24,1	27,5	27,1	30,1
	$\geq 410$	19,3	23,2	24,1	27,5	27,1	30,1
<i>Автоматическая и полуавтоматическая сварка при диаметре электрода 1, 4—2 мм и положениях шва нижнем, горизонтальном и вертикальном</i>							
Св-08ГА; Св-07ГС Св-08Г2С	345	15,5	18,6	19,6	22,4	25,2	28
	$\geq 355$	16	19,2	19,6	22,4	25,2	28
	$\geq 390$	17,2	20,7	21,1	24,2	27,1	30,1
<i>Полуавтоматическая сварка проволокой сплошного сечения при диаметре электрод <math>&lt; 1,4</math> мм, порошковой проволокой, во всех положениях шва</i>							
Св-08Г2С; ПП-АН8, ПП-АН3	$345 \leq R_{уп} \leq 570$	15	18	21	24	27	30
<i>Ручная сварка во всех положениях шва</i>							
Э42	$345 \leq R_{уп} \leq 410$	12,6	15,1	17,6	20,1	22,6	25,2
		14	16,8	19,6	22,4	25,2	28
Э46	$430 \leq R_{уп} \leq 490$	15	18	21	24	27	30
Э50		16,6	20	23,4	26,8	30	33,2
Э60	$500 \leq R_{уп} \leq 590$	16,6	20	23,4	26,8	30	33,2

Примечания: 1. В табл. VI.11 и VI.12 даны предельные усилия для наиболее опасного расчетного сечения по табл. VI.10. 2. Предельные усилия определены по формулам (VI.4) и (VI.5), в которых  $\beta_f$  и  $\beta_z$  приняты по табл. VI.9,  $R_{\omega f}$  и  $R_{\omega z}$  — соответственно по табл. VI.6 и VI.7,  $\gamma_{\omega f} = \gamma_{\omega z} = \gamma_c = 1$ .

Таблица VI.13. Предельные усилия [N] на сварные соединения с угловыми швами для конструкций в климатических районах I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, II<sub>2</sub> и III<sub>2</sub> при катете шва k<sub>f</sub> до 8 мм

Марка сварочной проволоки, тип электрода	R <sub>уп</sub> свариваемой стали, МПа	Предельные усилия [N], кН/см, на сварное соединение при катете шва k <sub>f</sub> , мм					
		3	4	5	6	7	8
<i>Автоматическая сварка при диаметре электрода 3—5 мм и положении шва в лодочку, нижнем</i>							
Св-08А	345	4,5	6,1	7,6	9,1	10,6	12,1
	355	4,7	6,3	7,8	9,4	10,9	12,5
	365; 370	4,8	6,4	8	9,6	11,2	12,8
	380	5	6,7	8,3	10	11,7	13,4
	≥390	5,1	6,7	8,4	10,1	11,8	13,4
Св-08ГА	390	5,2	6,9	8,6	10,3	12,0	13,7
	410	5,4	7,2	9	10,8	12,6	14,4
	430	5,6	7,6	9,5	11,3	13,2	15,1
	440	5,8	7,8	9,7	11,7	13,6	15,6
	450; 460	6	8	10	12	14	16
	470	6,2	8,2	10,2	12,3	14,4	16,4
	480	6,4	8,4	10,6	12,7	14,8	16,8
	490	6,5	8,6	10,8	12,9	15,1	17,2
≥500	6,6	8,8	11	13,2	15,4	17,6	
Св-10НМА	500	6,7	8,9	11,1	13,3	15,5	17,6
	510	6,8	9	11,2	13,5	15,7	17,9
	520	6,9	9,1	11,4	13,7	16	18,3
	≥530	7	9,3	11,6	14	16,3	18,6
<i>Автоматическая и полуавтоматическая сварка при диаметре электрода 1,4—2 мм и положении шва в лодочку, нижнем, горизонтальном, вертикальном</i>							
Св-08ГА; Св-07ГС	345	4,2	5,5	6,9	8,3	9,7	11,1
	355	4,3	5,7	7,1	8,6	10,0	11,4
	365; 370	4,4	5,8	7,2	8,8	10,3	11,7
	380	4,6	6,1	7,7	9,2	10,7	12,2
<i>Полуавтоматическая сварка проволокой сплошного сечения при диаметре электрода &lt;1,4 мм, порошковой проволокой во всех положениях</i>							
Св-08Г2С; ПП-АН8; ПП-АНЗ	345	3,9	5,3	6,6	7,9	9,2	10,5
	355	4	5,4	6,8	8,1	9,5	10,9
	365; 370	4,2	5,6	7	8,4	9,8	11,2
	380	4,3	5,8	7,3	8,7	10,1	11,6
	390	4,4	5,9	7,4	8,9	10,4	11,9
≥410	4,5	6	7,5	9	10,5	12	
<i>Ручная сварка во всех положениях шва</i>							
Э42А	345 ≤ R <sub>уп</sub> ≤ 410	3,2	4,3	5,3	6,4	7,5	8,6
Э46А	345	3,9	5,2	6,6	7,9	9,2	10,5
	355	4,1	5,4	6,8	8,1	9,5	10,9
	≥365	4,2	5,6	7	8,4	9,8	11,2
Э50А	380	4,3	5,7	7,2	8,6	10,1	11,5
	390	4,4	5,9	7,4	8,9	10,4	11,9
	≥410	4,5	6	7,5	9	10,5	12
Э60А	410	4,7	6,3	7,8	9,4	11	12,6
	430	5	6,6	8,3	10	11,6	13,2
	≥440	5	6,7	8,4	10,1	11,8	13,5

Т а б л и ц а VI.14. Предельные усилия [N] на сварные соединения с угловыми швами для конструкций в климатических районах I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, II<sub>2</sub> и II<sub>3</sub> при катете шва k<sub>f</sub> свыше 8 мм

Марка сварочной проволоки, тип электрода	R <sub>ин</sub> свариваемой стали, МПа	Предельные усилия [N], кН/см, на сварное соединение при катете шва k <sub>f</sub> , мм					
		10	12	14	16	18	20
<i>Автоматическая сварка при диаметре электрода 3—5 мм и положении шва в лодочку</i>							
СВ-08А	345	15,1	18,2	21,1	24,2	19,2	21,4
	355	15,6	18,8	21,8	24,9	19,2	21,4
	365; 370	16,1	19,2	22,5	25,7	19,2	21,4
	380	16,6	20	23,4	26,7	19,2	21,4
	≥390	16,8	20,2	23,6	26,9	19,2	21,4
СВ-08ГА	390	17	20,5	23,9	27,3	25,4	28
	410	18	21,7	25,2	28,8	25,4	28
	430	19	22,9	26,5	30,3	25,4	28
	440	19,5	23,4	27,3	31,3	25,4	28
	450; 460	20	24	28	32	25,4	28
	470	20,5	24,6	28,7	32,8	25,4	28
	480	21	25,2	29,4	33,6	25,4	28
	490	21,5	25,9	30,2	34,4	25,4	28
≥500	22	26,4	30,8	35,2	25,4	28	
СВ-10НМА	500	22	26,4	30,8	35,2	30,2	33,7
	510	22,5	27	31,4	36	30,2	33,7
	520	22,9	27,5	32,1	36,6	30,2	33,7
	≥530	23,4	28,1	32,7	37,2	30,2	33,7
<i>Автоматическая сварка при диаметре электрода 3—5 мм в нижнем положении шва</i>							
СВ-08А	345 ≤ R <sub>ин</sub> ≤ 390	13,8	16,6	19,4	22,1	19,2	21,4
СВ-08ГА	345	13,8	16,6	19,4	22,1	23,8	26,3
	355	14,3	17,2	20,1	22,9	24,4	27,2
	365; 370	14,7	17,7	20,6	23,6	25,2	28
	380	15,2	18,2	21,3	24,3	25,2	28
	390	15,7	18,8	21,9	25	25,2	28
	410	16,5	19,8	23,1	26,3	25,2	28
	430	17,4	20,9	24,4	27,9	25,2	28
	440	17,8	21,4	25	28,6	25,2	28
≥450	18	21,6	25,2	28,8	25,2	28	
СВ-10НМА	460	18,3	22	25,7	29,4	30,2	33,6
	470	18,7	22,5	26,3	30	30,2	33,6
	480	19,2	23	26,9	30,8	30,2	33,6
	490	19,6	23,5	27,5	31,4	30,2	33,6
	500	20	24	28,1	32,1	30,2	33,6
	510	20,5	24,6	28,7	32,8	30,2	33,6
	520	21	25,2	29,4	33,6	30,2	33,6
	530	21,4	25,7	30	34,2	30,2	33,6
	≥540	21,6	25,9	30,2	34,5	30,2	33,6
<i>Автоматическая и полуавтоматическая сварка при диаметре электрода 1,4—2 мм и положении шва в лодочку</i>							
СВ-08ГА;	345	13,8	16,8	18,4	21	23,7	26,4
СВ-07ГС	355	14,3	17,2	19	21,7	24,5	27,1
	365; 370	14,7	17,7	19,6	22,5	25,2	28
	380	15,2	18,2	20,2	23,1	25,2	28

Продолжение табл. VI.14

Марка сварочной проволоки, тип электрода	$R_{уп}$ свариваемой стали, МПа	Предельные усилия [N], кН/см, на сварное соединение при катете шва $k_f$ , мм					
		10	12	14	16	18	20
	390	15,6	18,7	20,9	23,8	25,2	28
	410	16,5	19,8	22	25,1	25,2	28
	430	17,4	20,9	22,4	25,6	25,2	28
	440	17,9	21,5	22,4	25,6	25,2	28
	$\geq 450$	18	21,6	22,4	25,6	25,2	28
Св-08Г2С	460	18,3	22	24,2	27,6	27	30,1
	470	18,6	22,5	24,2	27,6	27	30,1
	480	19,2	23	24,2	27,6	27	30,1
	$\geq 490$	19,3	23,2	24,2	27,6	27	30,1

Автоматическая и полуавтоматическая сварка при диаметре электрода 1,4—2 мм и положении шва нижнем, горизонтальном, вертикальном

Св-08ГА;	345	13,2	15,8	18,5	21	23,7	26,4
Св-07ГС	355	13,6	16,3	19	21,8	24,5	27,2
	365; 370	14	16,8	19,6	22,4	25,2	28
	380	14,5	17,4	19,6	22,4	25,2	28
	390	14,8	17,8	19,6	22,4	25,2	28
	410	15,7	18,9	19,6	22,4	25,2	28
	$\geq 430$	16	19,2	19,6	22,4	25,2	28
Св-08Г2С	430	16,6	20	21	24	27	30
	$\geq 440$	17,2	20,6	21	24	27	30

Полуавтоматическая сварка, проволокой сплошного сечения при диаметре электрода < 1,4 мм, порошковой проволокой во всех положениях

Св-08Г2С;	345	13,2	15,9	18,5	21,1	23,8	26,4
ПП-АН8; ПП-АН3	355	13,6	16,3	19	21,7	24,5	27,2
	365; 370	14	16,8	19,6	22,4	25,2	28
	380	14,4	17,3	20,2	23,1	26,0	28,8
	390	14,9	17,8	20,8	23,8	26,7	29,7
	$\geq 410$	15	18	21	24	27	30

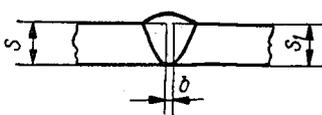
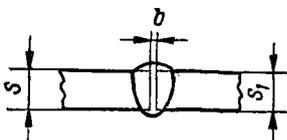
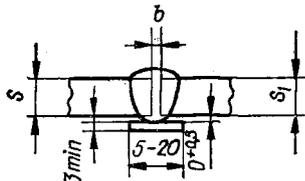
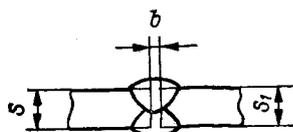
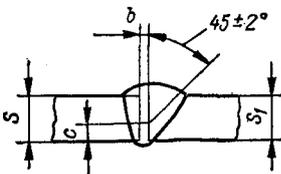
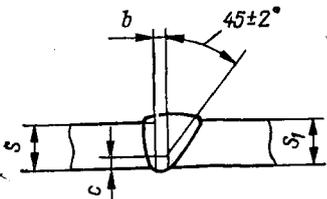
Ручная сварка во всех положениях шва

Э42А	$345 \leq R_{уп} \leq 410$	10,7	12,9	15	17,2	19,3	21,5
Э46А	345	13,2	15,8	18,4	21	23,7	26,4
	355	13,6	16,3	19	21,8	24,5	27,1
	$\geq 365$	14	16,8	19,6	22,4	25,2	28
Э50А	380	14,5	17,3	20,2	23,1	26	28,9
	390	14,9	17,9	20,9	23,8	26,8	29,7
	$\geq 410$	15	18	21	24	27	30
Э60А	410	15,6	18,8	22	25,2	28,4	31,2
	430	16,6	20	23,3	26,5	29,8	33,1
	$\geq 440$	16,8	20,2	23,6	27	30,3	33,6

Примечания: 1. В табл. VI.13 и VI.14 даны предельные усилия для наиболее опасного расчетного сечения, определенного по табл. VI.10. 2. Предельные усилия определены по формулам (VI.4) и (VI.5), в которых  $\beta_f$  и  $\beta_z$  приняты по табл. VI.9,  $R_{\omega f}$  и  $R_{\omega z}$  — соответственно по табл. VI.6 и VI.7.  $\gamma_c = 1$ ;  $\gamma_{\omega z} = 0,85$ ;  $\gamma_{\omega f} = 0,85$  для металла шва с  $R_{\omega up} = 410$  МПа;  $\gamma_{\omega f} = 1$  для прочих материалов.

## VI.4. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ШВОВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Т а б л и ц а VI.15. Швы сварных соединений. Ручная дуговая сварка. Основные типы, конструктивные элементы и размеры по ГОСТ 5264—80

Условные обозначения швов		Эскиз соединения	Характеристика сварного шва	Конструктивные элементы соединения, мм		
по ГОСТ	в КМД			S	b	c
<i>Стыковые соединения при <math>S_1 = S</math></i>						
C2	II S		Односторонний » »	1—1,5 2—3 4	0±0,5 1±1 2 <sup>+1</sup> <sub>-0,5</sub>	— — —
C4	II S		Односторонний на съёмной подкладке То же »	1—1,5 2—3 4	0±0,5 1±1 2 <sup>+1</sup> <sub>-0,5</sub>	— — —
C5	II S		Односторонний на остающейся подкладке То же »	1—1,5 2—3 4	0±0,5 1±1 2 <sup>+1</sup> <sub>-0,5</sub>	— — —
C7	II S		Двусторонний »	2—4 5	2±1 2 <sup>+1,5</sup> <sub>-1</sub>	— —
C8	V S		Односторонний	3—60	2 <sup>+1</sup> <sub>-2</sub>	1±1
C9	V S		Односторонний на съёмной подкладке То же »	3—8 10—14 16—60	3±1 4±1 5±1	1±1 1±1 1±1

Продолжение табл. VI.15

Условные обозначения швов		Эскиз соединения	Характеристика сварного шва	Конструктивные элементы соединения, мм		
по ГОСТ	по КМД			s	b	c
C10	✓ S		Односторонний на остающейся подкладке То же »	3—8	3±1	1±1
				10—14	4±1	1±1
				16—60	5±1	1±1
C12	✓ S		Двусторонний	3—60	2±1	1±1
C15	KS		»	8—100	2±1	1±1
C43	KS		»	12—100	2±1	1±1
С17	✓ S		Односторонний	3—60	2±1	1±1

Продолжение табл. VI.15

Условные обозначения швов		Эскиз соединения	Характеристика сварного шва	Конструктивные элементы соединения, мм		
по ГОСТ	в КМД			S	b	c
C18	VS		Односторонний на съемной подкладке То же	3—8	3±1	1±1
				10—14 16—60	4±1 5±1	1±1 1±1
C19	VS		Односторонний на остающейся подкладке То же	6—22	8±1	1±1
				24—100	12±1	1±1
C21	VS		Двусторонний	3—60	2±1	1±1
C25	XS		»	8—120	$2\frac{+1}{-2}$	1±1
C39	XS		»	12—120	$2\frac{+1}{-2}$	1±1

Продолжение табл. VI.15

Условные обозначения швов		Эскиз соединения	Характеристика сварного шва	Конструктивные элементы соединения, мм		
по ГОСТ	в КМД			S	b	c

Угловые соединения

У2	б.к		Односторонний с отбортовкой одной кромки	1—12	0+2	—
У4	б.к		Односторонний	2—3 4—30	0+1 0+2	0,5S—S 0,5S—S
У5	б.к		Двусторонний	2—3 4—30	0+1 0+2	0,5S—S 0,5S—S
У6	в.с		Односторонний,	3—60	2 <sup>+1</sup> / <sub>-2</sub>	1±1

Продолжение табл. VI.15

Условные обозначения швов		Эскиз соединения	Характеристика сварного шва	Конструктивные элементы соединения, мм		
по ГОСТ	в КМД			S	b	c
У7	VS		двусторонний	3—60	$2\begin{smallmatrix} +1 \\ -2 \end{smallmatrix}$	1±1
У8	KS		Двусторонний	8—100	$2\begin{smallmatrix} +1 \\ -2 \end{smallmatrix}$	1±1
У9	VS		Односторонний,	3—60	$2\begin{smallmatrix} +1 \\ -2 \end{smallmatrix}$	1±1
У10	VS		двусторонний	3—60	$2\begin{smallmatrix} +1 \\ -2 \end{smallmatrix}$	1±1

Продолжение табл. VI.15

Условные обозначения швов		Эскиз соединения	Характеристика сварного шва	Конструктивные элементы соединения, мм		
по ГОСТ	в КМД			R	t	c

Тавровые соединения

T1	ΔK		Односторонний	2-3 4-14	0+1 0-2	—
----	----	--	---------------	-------------	------------	---

T3	ΔK		Двусторонний	16-40	0+3	—
----	----	--	--------------	-------	-----	---

T6	VS		Односторонний,	3-60	2+1 -2	1±1
----	----	--	----------------	------	-----------	-----

T7	VS		двусторонний	3-60	2+1 -2	1±1
----	----	--	--------------	------	-----------	-----

Условные обозначения швов		Эскиз соединения	Характеристика сварного шва	Конструктивные элементы соединения, мм		
по ГОСТ	в КМД			S	b	c
T8	КС		Двусторонний	8—100	$2\begin{smallmatrix} +1 \\ -2 \end{smallmatrix}$	1±1
T9	КС		Двусторонний	12—100	$2\begin{smallmatrix} +1 \\ -2 \end{smallmatrix}$	1/3s
<i>Соединения внахлестку при S<sub>1</sub> ≥ 2 мм</i>						
H1	БК		Односторонний	2—5 6—10	0+1 0+1,5	3—20 8—40
H2	БК		Двусторонний	6—10 > 12—28 > 30—60	0+1,5 0+2 0+2	8—40 12—100 30—240

Примечания: 1. В стыковых, тавровых и угловых соединениях толщиной более 16 мм, выполняемых в монтажных условиях, допускается увеличение номинального размера  $b$  до 4 мм с одновременным уменьшением значения угла скоса кромок на  $3^\circ$ . 2. При выполнении двустороннего шва с полным проплавлением перед сваркой с обратной стороны корень шва должен быть расчищен до чистого металла. 3. Допускается смещение свариваемых кромок перед сваркой относительно друг друга, не более, мм: 0,5 — для деталей толщиной до 4 мм; 1 — для деталей толщиной 5—10 мм; 0,1S, но не более 3 — для деталей толщиной 12—100 мм; 0,01S + 2 мм, но не более 4 — для деталей толщиной более 100 мм.

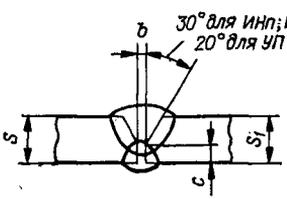
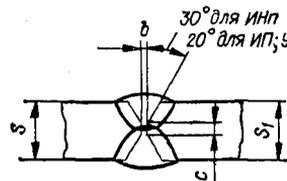
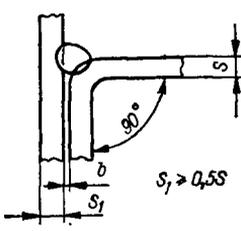
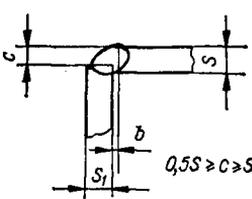
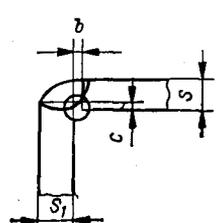
Таблица VI.16. Швы сварных соединений. Дуговая сварка в защитном газе. Основные типы, конструктивные элементы и размеры по ГОСТ 14771—76\*

Условные обозначения швов		Эскиз соединения	Характеристика сварного шва	Способ сварки	Конструктивные соединения, мм			
по ГОСТ	в КМД				S	b	c	
<i>Стыковые соединения при S<sub>1</sub> = S</i>								
С2	S		Односторонний	ИН	2—4	0+0,3	—	
			То же	ИНп; ИП; УП	2	0+1	—	
			»	ИНп; ИП; УП	3—4	0+1,5	—	
»	»	»	ИНп; ИП; УП	5—6	0+2	—		
С4	S		Односторонний на съемной подкладке	ИН	2—4	0+0,3	—	
			То же	ИНп	2—6	0+1	—	
			»	ИП	2	0+1,5	—	
			»	ИП	3—6	0+2	—	
			»	УП	2	0+1,5	—	
			»	УП	3—4	0+2	—	
С5	S		Односторонний на остающейся прокладке	ИН	2—4	0+0,3	—	
			То же	ИНп	2—6	0+1	—	
			»	ИП	2	0+1,5	—	
			»	ИП	3—6	0+2	—	
			»	УП	2	0+1,5	—	
			»	УП	3—4	0+2	—	
С7	S		Двусторонний	ИН	3—4	0+0,5	—	
			»	ИН	5—6	0+1	—	
			»	ИНп; ИП	3—4	0+1	—	
			»	ИНп; ИП	5—6	0+2	—	
			»	УП	3—4	0+0,5	—	
			»	УП	5—6	0+1	—	
С8	∠ S		Односторонний	ИНп; ИП; УП	3—10	1±1	1±1	
			»	»	»	»	»	»
			»	»	»	»	»	»
			»	»	»	»	»	»
			»	»	»	»	»	»
			»	»	»	»	»	»
С12	∠ S		Двусторонний	ИП;	3—10	1±1	1±1	
			»	ИНп; УП	12—60	2 <sup>+1</sup> <sub>-2</sub>	2 <sup>+1</sup> <sub>-2</sub>	

Продолжение табл. VI.16

Условные обозначения швов		Эскиз соединения	Характеристика сварного шва	Способ сварки	Конструктивные элементы соединения, мм		
по ГОСТ	в КМД				S	b	c
C9	√S		Односторонний на съемной подкладке То же > >	ИНп; ИН УП УП	3—10 3—10 12—60	1±1 1±1 $2^{+1}_{-2}$	1±1 1±1 $2^{+1}_{-2}$
C10	√S		Односторонний на остающейся подкладке То же > >	ИНп; ИП УП УП	3—10 3—10 12—60	1±1 1±1 $2^{+1}_{-2}$	1±1 1±1 $2^{+1}_{-2}$
C15	KS		Двусторонний > >	ИНп ИП; УП ИП; УП	6—20 8—20 22—100	1±1 1±1 $2^{+1}_{-2}$	1±1 1±1 $2^{+1}_{-2}$
C17	√S		Односторонний > >	ИНп; ИП УП УП	3—10 3—10 12—60	1±1 1±1 $2^{+1}_{-2}$	1±1 5±1 $2^{+1}_{-2}$
C18	√S		Односторонний на съемной подкладке То же > >	ИНп; ИП УП УП	3—10 3—10 12—60	1±1 1±1 $2^{+1}_{-2}$	1±1 1±1 $2^{+1}_{-2}$
C19	√S		Односторонний на остающейся подкладке То же > > > >	ИНп; ИП УП УП УП	3—10 3—10 12—36 38—60	1±1 1±1 $2^{+1}_{-2}$ 2±2	1±1 1±1 $2^{+1}_{-2}$ $2^{+1}_{-2}$

Продолжение табл. VI.16

Условные обозначения швов		Эскиз соединения	Характеристика сварного шва	Способ сварки	Конструктивные элементы соединения, мм		
по ГОСТ	в КМД				S	b	c
С21	V S		Двусторонний	ИНп; ИП	3—4	1±1	1±1
			То же	ИНп; ИП	5—10	2 <sup>+1</sup> <sub>-2</sub>	2 <sup>+1</sup> <sub>-2</sub>
			» »	УП	3—60	2 <sup>+1</sup> <sub>-2</sub>	2 <sup>+1</sup> <sub>-2</sub>
С25	X S		Двусторонний	ИНп	6—20	1±1	1±1
			»	ИП	6—20	1±1	1±1
			»	УП	22—120	2 <sup>+1</sup> <sub>-2</sub>	2 <sup>+1</sup> <sub>-2</sub>
<i>Угловые соединения</i>							
У2	б К		Односторонний	ИНп	2—4	0+2	—
			»	ИП; УП	2—12	0+2	—
У4	б К		»	ИНп	2—5	0+0,5	—
			»	ИНп	6—10	0+1	—
			»	ИП; УП	2—6	0+1	1±1
У5	б К		Двусторонний	ИП; УП	2—6	0+1	—
			»	ИП; УП	8—10	0+1,5	—
			»	ИП; УП	12—30	0+2	—

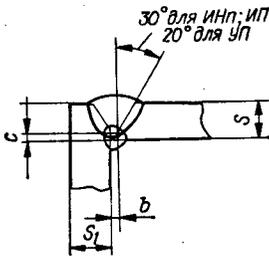
Продолжение табл. VI.16

Условные обозначения швов		Эскиз соединения	Характеристика сварного шва	Способ сварки	Конструктивные элементы соединения		
по ГОСТ	в КМД				S	b	c
У6	√S		Односторонний	ИНп; ИП УП УП	3—10 3—10 12—60	1±1 1±1 2 <sup>+1</sup> <sub>-2</sub>	1±1 1±1 2 <sup>+1</sup> <sub>-1</sub>
У7	√S		Двусторонний	ИНп; ИП УП УП	3—10 3—10 12—60	1±1 1±1 2 <sup>+1</sup> <sub>-2</sub>	1±1 1±1 2 <sup>+1</sup> <sub>-2</sub>
У8	KS		Двусторонний	ИНп; ИП УП	6—20 6—100	1±1 1±1	2 <sup>+1</sup> <sub>-2</sub> 2 <sup>+1</sup> <sub>-2</sub>
У9	√S		Односторонний	ИНп; ИП УП УП	3—20 3—8 10—60	1±1 1±1 2±1	1±1 1±1 2 <sup>+1</sup> <sub>-2</sub>

Продолжение табл. VI.16

Условные обозначения швов		Эскиз соединения	Характеристика сварного шва	Способ сварки	Конструктивные элементы соединения, мм		
по ГОСТ	в КМД				S	b	c

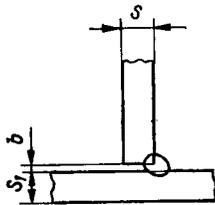
У10 √S



Двусторонний	ИИп; ИП	3—20	1±1	1±1
	УП	3—8	1±1	1±1
	УП	10—60	2 <sup>+1</sup> <sub>-2</sub>	2 <sup>+1</sup> <sub>-2</sub>

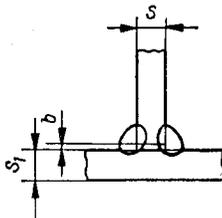
Тавровые соединения

Т1 БК



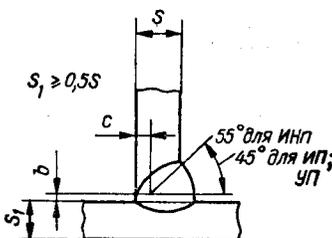
Односторонний	ИИп;	2—3	0±0,5	—
	ИП; УП	4—5	0±1	—
	ИИп;	6—20	0±1,5	—
	ИП; УП	22—40	0±2	—

Т3 БК



Двусторонний	ИИп;	2—3	0±0,5	—
	ИП; УП	4—5	0±1	—
	ИИп;	6—20	0±1,5	—
	ИИп;	22—40	0±2	—
	ИП; УП			

Т6 √S



Односторонний, двусторонний	ИИп;	3—10	0±1	1±1
	ИП; УП	12—30	0±2	2 <sup>+1</sup> <sub>-2</sub>
	ИП; УП	32—60	0±3,2	2 <sup>+1</sup> <sub>-2</sub>

Продолжение табл. VI.16

Условные обозначения швов		Эскиз соединения	Характеристика сварного шва	Способ сварки	Конструктивные элементы соединения, мм		
по ГОСТ	в КМД				S	b	c
T7	VS		Односторонний, двусторонний То же	ИНп; ИП; УП ИП; УП ИП; УП	3—10 12—30 32—60	0+1 0+2 0+3	1±1 2 <sup>+1</sup> <sub>-2</sub> 2 <sup>+1</sup> <sub>-2</sub>
T8	KS		Двусторонний > >	ИНп ИП; УП ИП; УП	6—20 6—8 10—80	1±1 1±1 2 <sup>+1</sup> <sub>-2</sub>	1±1 1±1 2 <sup>+1</sup> <sub>-2</sub>
T9	KS	$S_1 \geq 0,5S$ 	Двусторонний >	ИП; УП ИП; УП	12—34 36—100	0+2 0+3	1/3S 1/3S
Нахлесточные соединения при $S_1 \geq S$							
N1	DK		Односторонний > > >	ИН ИН ИНп ИНп	2—3 4 2—5 6—10	0+0,2 0+0,5 0+0,5 0+1	5—12 5—16 5—20 8—40

Продолжение табл. VI.16

Условные обозначения швов		Эскиз соединения	Характеристики сварного шва	Способ сварки	Конструктивные элементы соединения, мм		
по ГОСТ	в КМД				S	b	c
H2			Двусторонний	ИП; УП	2	0+0,5	3-20
			»	ИП; УП	3-5	0+1	3-20
			»	ИП; УП	6-10	0+1	8-40
			»	ИП; УП	12-28	0+1,5	12-100
				ИП; УП	30-60	0+2	30-240

Примечания: 1. Для сварных соединений С12, С21, У7, У10, Т7 с толщиной деталей  $S = 12$  мм и более, а также для соединений С15, У8, Т8 с толщиной деталей  $S = 20$  мм и более, выполняемых способом сварки УП, допускается притупление  $5 \pm 2$  мм. 2. Допускается перед сваркой смещение кромок относительно друг друга не более, мм:  $0,2 \cdot S$  — для деталей толщиной до 4 мм;  $0,1S + 0,5$  мм для деталей толщиной 5—25 мм; 3 — для деталей толщиной 25—50 мм;  $0,04S + 1$  мм — для деталей толщиной 50—100 мм;  $0,01S + 4$  мм, но не более 6 мм — для деталей толщиной более 100 мм. 3. При сварке в углекислом газе электродной проволокой диаметром 0,8—1 мм допускается применять основные типы сварных соединений и их конструктивные элементы по ГОСТ 5264—80. 4. Обозначения способов сварки в защитных газах: ИН — в инертных газах неплавящимся электродом без присадочного материала; ИНп — то же с присадочным материалом; ИП — в инертных газах и их смесях с углекислым газом и кислородом плавящимся электродом; ИУП — в углекислом газе и его смеси с кислородом плавящимся электродом.

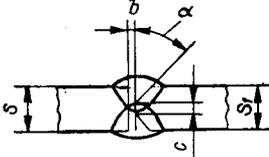
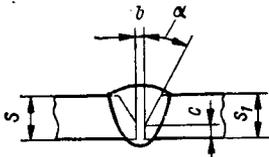
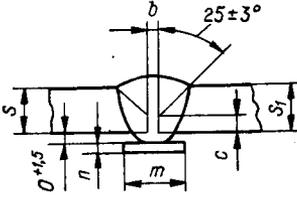
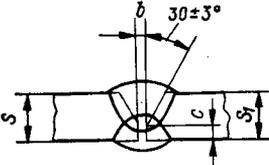
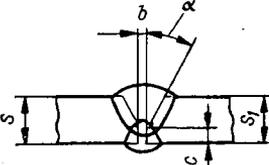
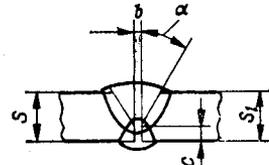
Таблица VI.17. Швы сварных соединений. Автоматическая и полуавтоматическая сварка под флюсом. Основные типы, конструктивные элементы и размеры по ГОСТ 8713—79\*

Условные обозначения швов		Эскиз соединения	Способ сварки	Конструктивные элементы соединения, мм			
по ГОСТ	в КМД			S	b	c	$m \times n$ или $\alpha^\circ$
<i>Стыковые соединения</i>							
C47			АФ, ПФ	2	0+0,3	—	—
			АФ, ПФ	3	0+0,5	—	—
			АФ	4	0+0,8	—	—
			АФ	5-12	0+1	—	—
		$a \geq 0,65S$					
C4			АФФ	2	0+1	—	—
			АФФ	3-4	1±1	—	—
			АФФ	4-6	1,5±1	—	—
			АФФ	8-10	2±1,5	—	—
			АФМ	3-4	1+0,5	—	—
			АФМ	5-6	1,5+1	—	—
			АФМ	8-10	2+1	—	—
			АФМ	12	4+1	—	—
C5			АФо; ПФо	2-3	1,5±1	—	15×3
			АФо; ПФо	4-5	2±1	—	20×3
			АФо; ПФо	6	3±1,5	—	20×3
			АФо	8	3±1,5	—	25×3
			АФо	10	4±1,5	—	30×3
			АФо	12	5±1,5	—	30×3

Продолжение табл. VI.17

Условные обозначения швов		Эскиз соединения	Способ сварки	Конструктивные элементы соединения, мм			
по ГОСТ	в КМД			S	b	c	m × n или α°
С7	]   S		АФ; ПФ	2	0+0,3	—	—
			АФ; ПФ	3	0+0,5	—	—
			АФ; ПФ	4	0+0,8	—	—
			АФ; ПФ	5-6	0+1	—	—
			АФ	8-20	0+1	—	—
С7	]   S		АФШ	2	0,5+0,5	—	—
			АФШ; ПФШ	3-5	1±1	—	—
			АФШ; ПФШ	6	1,5 <sup>+1</sup> <sub>-1,5</sub>	—	—
АФШ	8-12	2 <sup>+1</sup> <sub>-2</sub>	—	—			
С29	]   S		АФФ	2	0±1	—	—
			АФФ	3-6	1±1	—	—
			АФФ	8-16	2±1	—	—
			АФФ	18-22	3±1	—	—
С9	∨ S		АФФ; АФМ	8-20	2±1	4±1	α = 40°
С10	∨ S		АФФ; ПФФ	8-12	2±1	1,5±1	25×3
			АФФ; ПФФ	14-16	3±1,5	1,5±1	25×4
			АФФ; ПФФ	18	4±1,5	1,5±1	30×4
			АФФ; ПФФ	20	4±1,5	1,5±1	30×6
			АФФ; ПФФ	22	5±1,5	1,5±1	30×6
			АФФ; ПФФ	24	5±1,5	1,5±1	40×6
С12	∨ S		АФ	12-20	0+1	6±1	α = 40°

Продолжение табл. VI.17

Условные обозначения швов		Эскиз соединения	Способ сварки	Конструктивные элементы соединения, мм			
по ГОСТ	в КМД			S	b	c	m × n или α°
C15	KS		АФ	20—30	0±1	6±1	α = 40°
C18	VS		АФФ АФФ	8—12 14—24	4±1 4±1	3±1 4±1	α = 25° α = 25°
	VS		АФМ АФМ АФМ	12—20 22—26 28—30	0±2 0±2 0±2	3±1 4±1 5±1	40×4 40×6 50×6
C19	VS		АФо; ПФо АФо; ПФо АФо; ПФо АФо; ПФо АФо; ПФо АФо; ПФо	8—12 14—16 18 20 22—24 26—30	2±1 3±1 4±1 4±1 5±1 5±1	1,5±1 1,5±1 1,5±1 1,5±1 1,5±1 1,5±1	30×3 30×4 30×4 40×6 40×6 50×6
C21	VS		АФ АФ АФ	14—16 18—20 22—30	0±1 0±1 0±1	6±2 7±2 7±2	α = 30±3 α = 30±3 α = 30±3
	VS		ПФ	14—30	0±1	3±1	α = 30±3°

Продолжение табл. VI.17

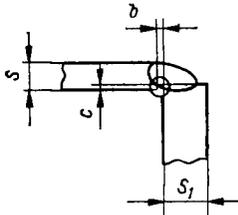
Условные обозначения швов		Эскиз соединения	Способ сварки	Конструктивные элементы соединения, мм			
ИД ГОСТ	В КМД			S	b	c	m × n или α°
VS			АФк; ПФк	14–30	2±2	2±1	α=25±3°
			АФш; ПФш	5–6	2 <sup>+1</sup> <sub>-2</sub>	3±1	α=25±3°
			ПФш; АФш	8	2 <sup>+1</sup> <sub>-2</sub>	4±1	α=25±3°
			ПФш; АФш	10–12	2 <sup>+1</sup> <sub>-2</sub>	5±1	α=25±3°
			ПФш; АФш	14	2 <sup>+1</sup> <sub>-2</sub>	8±1	α=25±3°
C33	XS		АФф	14–30	2±1	6±1	α=30±3°
C25	XS		АФ	18–60	0±1	8 <sup>+2</sup> <sub>-3</sub>	α=30±3°
			ПФ	18–60	0±1	3±1	α=30±3°
			АФк	24–48	2±2	2±1	α=30±3°
			АФк	50–60	2±2	2±1	α=25±3°
C38	XS		АФф	18–60	2 <sup>+2</sup> <sub>-1</sub>	6±1	α=30±3°
C39	XS		АФш; ПФш	16–26	2 <sup>+1</sup> <sub>-2</sub>	8±1	α=25±3°
			АФш; ПФш	28–36	2 <sup>+1</sup> <sub>-2</sub>	9±1	α=25±3°
			АФш; ПФш	38	2 <sup>+1</sup> <sub>-2</sub>	10±1	α=25±3°
			АФш; ПФш	40–50	2 <sup>+1</sup> <sub>-2</sub>	10±1	α=22±2°
			АФш; ПФш	52–60	2 <sup>+1</sup> <sub>-2</sub>	10±1	α=20±2°

Продолжение табл. VI.17

Условные обозначения швов		Эскиз соединения	Способ сварки	Конструктивные элементы соединения, мм			
				S	b	c	m × n или α°

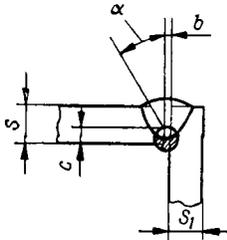
Угловые соединения при  $S_1 \geq 0,5S$

У5 ДК



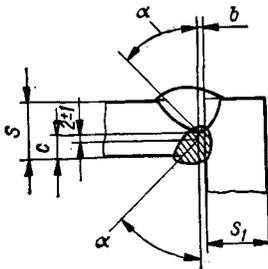
АФш; ПФш	4	0+3	1,5±1	—
АФш; ПФш	5—8	0+3	2±1	—
АФш; ПФш	10—14	0+3	3±1	—

У7 VS



АФш; ПФш	8—20	$2\begin{smallmatrix} +1 \\ -2 \end{smallmatrix}$	2±1	$\alpha=40\pm 5^\circ$
----------	------	---	-----	------------------------

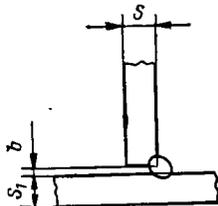
У3 КС



АФш; ПФш	20—24	$2\begin{smallmatrix} +1 \\ -2 \end{smallmatrix}$	7±1	$\alpha=45\pm 2^\circ$
АФш; ПФш	25—28	$2\begin{smallmatrix} +1 \\ -2 \end{smallmatrix}$	8±1	$\alpha=45\pm 2^\circ$
АФш; ПФш	30—34	$2\begin{smallmatrix} +1 \\ -2 \end{smallmatrix}$	10±1	$\alpha=45\pm 2^\circ$
АФш; ПФш	36—40	$2\begin{smallmatrix} +1 \\ -2 \end{smallmatrix}$	12±1	$\alpha=45\pm 2^\circ$

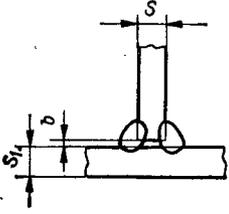
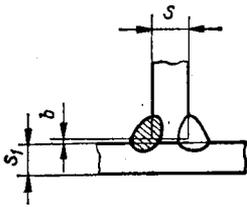
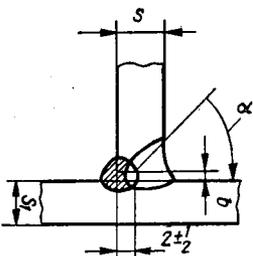
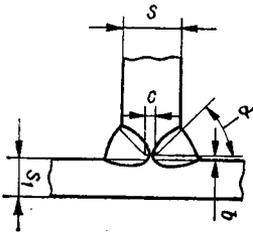
Тавровые соединения при  $S_1 \geq 0,5S$

Т1 ДК



АФ; ПФ	3	0+0,8	—	—
АФ; ПФ	4—5	0+1	—	—
АФ; ПФ	6—40	0+1,5	—	—

Продолжение табл. VI.17

Условные обозначения швов		Эскиз соединения	Способ сварки	Конструктивные элементы соединения, мм			
по ГОСТ	в КМД			S	b	c	$m \times n$ или $\alpha^\circ$
ТЗ	БК		АФ; ПФ	3	0+0,8	—	—
			АФ; ПФ	4—5	0+1	—	—
			АФ; ПФ	6—40	0+1,5	—	—
БК		АФш; ПФш	3—5	0+1,5	—	—	
		АФш; ПФш	6—10	0+2	—	—	
		АФш; ПФш	12—20	0+3	—	—	
Т7	VS		АФш; ПФш	8—30	$2 \pm \frac{2}{2}$	$2 \pm 1$	$\alpha = 50 \pm 5^\circ$
Т8	КС		АФ; ПФ	16—40	0+1,5	$4 \pm 1$	$\alpha = 50 \pm 5^\circ$

Условные обозначения швов		Эскиз соединения	Способ сварки	Конструктивные элементы соединения, мм			
по ГОСТ	в КМД			S	b	c	$m \times n$ или $\alpha^\circ$
T4	KS		АФш; ПФш 20—24 АФш; ПФш 25—28 АФш; ПФш 30—34 АФш; ПФш 36—40	1,5±1,5 1,5±1,5 1,5±1,5 1,5±1,5	7±1 8±1 10±1 12±1	— — — —	
<p>Соединения внахлестку при <math>S_1 \geq S</math></p>							
H1	DK						
H2	DK		АФ; ПФ 1—5 АФ; ПФ 6—10 АФ; ПФ 12—20	0+1 0+2 0+3	— — —	— — —	

Примечания: 1. Сечения предварительно наложенных подварочных сварных швов условно зачернены. 2. Сварные соединения T7, T8, T4 следует выполнять в положении «в лодочку». 3. Угловые швы У5 допускается выполнять в нижнем положении и «в лодочку», подварочный шов и подварку корня шва — любым способом дуговой сварки. 4. Допускается смещение свариваемых кромок перед сваркой относительно друг друга не более, мм: 0,5 — для деталей толщиной до 4 мм; 1 — для деталей толщиной 4—10 мм; 0,1S, но не более 3 мм — для деталей толщиной более 10 мм. 5. Обозначения способов сварки под флюсом: АФ, ПФ — автоматическая, полуавтоматическая на весу; АФо, ПФо — то же, на остающейся подкладке; АФш, ПФш — то же, с предварительным наложением подварочного шва; АФк, ПФк — то же, с предварительной подваркой корня шва; АФф, АФм — автоматическая, соответственно на флюсовой подушке, на флюсомедной подкладке.



## Раздел VII

### БОЛТОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

#### VII.1. КОНСТРУКТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К БОЛТОВЫМ СОЕДИНЕНИЯМ

В соответствии с требованиями СНиП II-23-81\*, соединения конструкций на монтаже предусматривают преимущественно на болтах, в том числе на высокопрочных. Отверстия под болты в деталях металлических конструкций выполняют по СНиП III-18-75. Болты размещают

согласно табл. VII.1, соединительные болты, как правило, — на максимальных расстояниях, в стыках и узлах — на минимальных.

В креплениях элементов между собой через прокладки или другие промежуточные элементы, а также с односторонней накладкой количество болтов в соединении увеличивают против расчета на 10 %.

Т а б л и ц а VII.1. Размещение болтов по СНиП II-23-81\*

Характеристика расстояния	Расстояние
Между центрами болтов в любом направлении:	
минимальное в соединяемых элементах из стали с пределом текучести до 380 МПа (3900 кгс/см <sup>2</sup> )	2,5 <i>d</i>
то же, с пределом текучести свыше 380 МПа (3900 кгс/см <sup>2</sup> )	3,0 <i>d</i>
максимальное в крайних рядах при отсутствии окаймляющих уголков при растяжении и сжатии	8 <i>d</i> или 12 <i>t</i>
максимальное в средних, а также крайних рядах при наличии окаймляющих уголков:	
при растяжении	16 <i>d</i> или 24 <i>t</i>
при сжатии	12 <i>d</i> или 18 <i>t</i>
От центра болта до края элемента:	
минимальное вдоль усилия	2 <i>d</i>
то же, поперек усилия:	
при обрезных кромках	1,5 <i>d</i>
при прокатных кромках	1,2 <i>d</i>
максимальное	4 <i>d</i> или 8 <i>t</i>
минимальное для высокопрочных болтов при любой кромке и любом направлении усилия	1,3 <i>d</i>
Между центрами болтов вдоль усилия при размещении болтов в шахматном порядке, не менее	$a + 1,5d$

Примечания: 1. *d* — диаметр отверстия для болта; *t* — толщина наиболее тонкого наружного элемента; *a* — расстояние между рядами болтов поперек усилия. 2. При размещении болтов в шахматном порядке сечение элемента определяют с учетом ослабления его отверстиями, расположенными только в одном сечении поперек усилия (не по «зигзагу»).

В креплениях коротышами выступающих полок уголков или швеллеров количество болтов, прикрепляющих одну из полок коротыша, увеличивают против расчета на 50 %.

Резьба болта, кроме высокопрочного, должна находиться вне пакета соединяемых элементов.

В соединениях с болтами классов точности *A*, *B*, *C*, кроме соединений на высокопрочных болтах и креплений второстепенных конструкций, предусматривают меры против саморазвинчивания гаек (поставка контргаек или пружинных шайб).

Указания по применению болтов приведены в табл. VII.2.

Т а б л и ц а VII.2. Рекомендации по применению болтов по СНиП II-23-81\*

Условия применения		Технологические требования по ГОСТ 1759.4—7		
Климатический район строительства	Условия работы болтов	Класс прочности (табл. 1)	Дополнительные виды испытаний	Марка стали болтов
<i>В конструкциях, не рассчитываемых на выносливость</i>				
Все районы, кроме I <sub>1</sub> ; I <sub>2</sub> ; II <sub>2</sub> ; II <sub>3</sub> **	Растяжение	4.6; 5.6;	Разрыв	20; 30; 35;
	или срез	4.8; 5.8		10; 20
	То же	6.6	»	35; 40Г2
	» »	8.8	—	35Х; 38ХА
	» »	10.9	—	40Х
I <sub>1</sub> ; I <sub>2</sub> ; II <sub>2</sub> ; II <sub>3</sub>	» »	4.6; 5.6	Разрыв; определе- ние ударной вяз- кости	20; 30; 35
	» »	4.8 *; 5.8*	Разрыв	10; 20
	» »	8.8	Растяжение	35Х; 38ХА
			образцов; разрыв на косой шайбе	
	Срез	4.8; 5.8	Разрыв	10; 20
	»	8.8	—	35Х; 38ХА
	»	10.9	—	40Х
<i>В конструкциях, рассчитываемых на выносливость</i>				
Все районы, кроме I <sub>1</sub> , I <sub>2</sub> , II <sub>2</sub> , II <sub>3</sub> **	Растяжение	4.6; 5.6	Разрыв; определение удар- ной вязкости	20; 30; 35
	или срез			
	То же	6.6	То же	35; 40Г2
Все районы, кроме I <sub>1</sub> , I <sub>2</sub> , II <sub>2</sub> , II <sub>3</sub> **	» »	8.8	—	35Х; 38ХА
	Срез	4.8; 5.8	Разрыв	10; 20
I <sub>2</sub> , II <sub>2</sub> , II <sub>3</sub>	Растяжение	4.6; 5.6	Разрыв; определе- ние ударной вяз- кости	20; 30; 35
	или срез			
	То же	8.8	Растяжение образ- цов; разрыв на косой шайбе	35Х; 38ХА
	Срез	4.8; 5.8	Разрыв	10; 20
	»	8.8	—	35Х; 38ХА
I <sub>1</sub>	Растяжение	8.8	Растяжение образ- цов; разрыв на косой шайбе	35Х; 38ХА
	или срез			
	Срез	4.6; 5.6	Разрыв; определе- ние ударной вязкости	20; 30; 35
	»	4.8 *; 5.8	Разрыв	10; 20
	»	8.8	—	35Х; 38ХА

\* Требуется дополнительный последующий отпуск при  $t = 650^\circ\text{C}$ .\*\* Применяется также для конструкций, возводимых в климатических районах I<sub>1</sub>; I<sub>2</sub>; II<sub>2</sub>; II<sub>3</sub>, но эксплуатируемых в отапливаемых помещениях.

Примечания: 1. Для болтовых соединений используют болты и гайки, удовлетворяющие техническим требованиям ГОСТ 1759.4—84. 2. Для болтов классов прочности 4.8 и 5.8 применение автоматной стали не допускается.

## VII.2. РАСЧЕТ БОЛТОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

При действии на болтовое соединение продольной силы  $N$ , проходящей через центр тяжести соединения, распределение этой силы между болтами принимают равномерным. Формулы расчетных сопротивлений болтовых соединений приведены в табл. VII.3, расчетные сопротивления — в табл. VII.4.

Т а б л и ц а VII.3. Формулы расчетных сопротивлений болтовых соединений по СНиП II-23-81\*

Напряженное состояние	Условное обозначение расчетного сопротивления	Формулы расчетных сопротивлений одноболтового соединения болтов классов		
		4.6; 5.6; 6.6	4.8; 5.8	8.8; 10.9
Срез	$R_{bs}$	$R_{bs} = 0,38R_{bun}$	$R_{bs} = 0,4R_{bun}$	$R_{bs} = 0,4R_{bun}$
Растяжение	$R_{bt}$	$R_{bt} = 0,42R_{bun}$	$R_{bt} = 0,4R_{bun}$	$R_{bt} = 0,5R_{bun}$
Смятие, болтов классов точности *:	$R_{bp}$			
А		$R_{bp} = (0,6 + 410R_{un}/E) R_{un}$		
В и С		$R_{bp} = (0,6 + 340R_{un}/E) R_{un}$		

\* Для соединяемых элементов из стали с пределом текучести до 440 МПа (4500 кгс/см<sup>2</sup>).

Примечание. Допускается применять высокопрочные болты без регулируемого натяжения из стали марки 40Х «селект», при этом расчетные сопротивления  $R_{bs}$  и  $R_{bt}$  определяют как для болтов класса 10.9, а расчетное сопротивление  $R_{bp}$  — как для болтов классов точности В и С.

Т а б л и ц а VII.4. Расчетные сопротивления болтовых соединений по СНиП II-23-81\*

Временное сопротивление стали соединения элементов, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) или класс прочности болтов	Расчетные сопротивления, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )			
	смятию элементов, соединяемых болтами классов точности		среза $R_{bs}$	растяжению $R_{bt}$
	А $R_{bp}$	В и С $R_{bp}$		
345 (3500)	445 (4550)	405 (4150)	—	—
355 (3600)	465 (4750)	420 (4300)	—	—
365 (3700)	485 (4950)	440 (4500)	—	—
370 (3750)	495 (5050)	450 (4600)	—	—
380 (3850)	515 (5250)	465 (4750)	—	—
390 (4000)	535 (5450)	485 (4950)	—	—
430 (4400)	625 (6400)	565 (5800)	—	—
440 (4500)	650 (6650)	585 (6000)	—	—
450 (4600)	675 (6900)	605 (6200)	—	—
460 (4700)	695 (7150)	625 (6400)	—	—
470 (4800)	720 (7350)	645 (6600)	—	—
480 (4900)	745 (7600)	670 (6850)	—	—
490 (5000)	770 (7850)	690 (7050)	—	—
500 (5100)	795 (8150)	710 (7250)	—	—
510 (5200)	825 (8400)	735 (7500)	—	—
520 (5300)	850 (8650)	760 (7750)	—	—

Временное сопротивление стали соединяемых элементов, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) или класс прочности болтов	Расчетные сопротивления, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )			
	смятию элементов, соединяемых болтами классов точности		среза $R_{bs}$	растяжению $R_{bt}$
	$A$ $R_{bp}$	$B$ и $C$ $R_{bp}$		
530 (5400)	875 (8950)	780 (7950)	—	—
540 (5500)	905 (9200)	805 (8200)	—	—
570 (5800)	990 (10 050)	880 (8950)	—	—
590 (6000)	1045 (10 600)	930 (9450)	—	—
4.6	—	—	150 (1500)	170 (1700)
4.8	—	—	160 (1600)	160 (1600)
5.6	—	—	190 (1950)	210 (2150)
5.8	—	—	200 (2050)	200 (2050)
6.6	—	—	230 (2350)	250 (2550)
8.8	—	—	320 (3250)	400 (4100)
10.9	—	—	400 (4100)	500 (5100)

Примечания: 1. Значения расчетных сопротивлений для одноболтовых соединений вычислены по формулам табл. VII.3 и округлены до 5 МПа (50 кгс/см<sup>2</sup>). 2. Пробел в строке означает отсутствие значения расчетного сопротивления.

Расчетное усилие, воспринимаемое одним болтом, определяют по формулам:

$$\text{на срез } N_b = R_{bs} \gamma_b A n_s; \quad (\text{VII.1})$$

$$\text{на смятие } N_b = R_{bp} \gamma_b d \Sigma t; \quad (\text{VII.2})$$

$$\text{на растяжение } N_b = R_{bt} A_{bn}. \quad (\text{VII.3})$$

В этих формулах  $d$  — наружный диаметр стержня болта;  $A = 0,25ld^2$  — расчетная площадь сечения стержня болта;  $A_{bn}$  — площадь сечения болта нетто;  $\Sigma t$  — наименьшая суммарная толщина элементов, сминаемых в одном направлении;  $n_s$  — число расчетных срезов одного болта;  $\gamma_b$  — коэффициент условий работы соединения, принимаемый по табл. VII.5.

Таблица VII.5. Коэффициенты условий работы болтовых соединений  $\gamma_b$  по СНиП II-23-81\*

№ п/п	Характеристика соединения	Условия работы	Коэффициент $\gamma_b$
1	Многоболтовое при болтах классов точности:	Срез и смятие	1,0
	$A$		
	$B, C$ и высокопрочных с нерегулируемым натяжением	Смятие	0,9
	Одноболтовое и многоболтовое при $a = 1,5d$		
	$b = 2d$ в элементах конструкций из стали с пределом текучести МПа (кгс/см <sup>2</sup> ):	Смятие	0,8
	до 285 (2900)		
	свыше 285 (2900) до 380 (3900)		
			0,75

Примечания: 1. Принятые обозначения:  $a$  — расстояние вдоль усилия от края элемента до центра ближайшего отверстия;  $b$  — расстояние между центрами отверстий;  $d$  — диаметр отверстия для болта. 2. При значениях  $a$  и  $b$  промежуточных между указанными в п. 2 и табл. VII.1 коэффициент  $\gamma_b$  определяют линейной интерполяцией. 2. Коэффициенты пп. 1, 2 следует учитывать одновременно.

Требуемое количество болтов при действии на соединение продольной силы  $N$  определяют по формуле  $n \geq N/(\gamma_c N_{\min})$ , в которой принимают меньшее из значений  $N_b$ , определенных по формулам (VII.1) — (VII.3).

При одновременной работе болтов на срез и растяжение их проверяют отдельно на срез и растяжение, при одновременной работе на срез от действия продольной силы и момента — на равнодействующее усилие. При действии на соединение момента, вызывающего сдвиг соединяемых элементов, усилие на болты принимают пропорционально расстояниям от центра тяжести соединения до рассматриваемого болта.

### VII.3. ПРЕДЕЛЬНЫЕ УСИЛИЯ БОЛТОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Т а б л и ц а VII.6. Предельные усилия болтовых соединений [ $N$ ] на один болт, кН

Класс стали болтов, временное сопротивление стали сминаемых элементов $R_{ин}$ , МПа	Диаметр болта $d$ , мм			
	12	16	20	24
	Площадь болта $A/A_{br}$ , см <sup>2</sup>			
	1,13	2,01	3,14	4,52
	0,84	1,57	2,45	3,52

#### Растяжение

4,6	14,7	27,4	42,8	61,6
4,8	13,4	25,1	39,2	56,3
5,6	17,6	32,9	51,4	73,9
5,8	16,8	31,4	49	70,4
6,6	21	39,2	61,2	88
8,8	33,6	62,8	98	140,8
10,9	42	78,4	122,4	176

#### Срез

4,6	16,9	30,1	47,1	67,8
4,8	18	32,1	50,2	72,3
5,6	21,4	38,2	59,6	85,8
5,8	22,6	40,2	62,8	90,4
6,6	26	46,2	72,2	103,9
8,8	36,1	64,3	100,4	144,6
10,9	42,8	76,2	119,2	171,6

Смятие элементов, соединяемых болтами класса точности А				
345	53,4	71,2	89	106,8
355	55,8	74,4	93	111,6
365	58,2	77,6	97	116,4
370	59,4	79,2	99	118,8
380	61,8	82,4	103	123,6
390	64,2	85,6	107	128,4
430	75	100	125	150

Продолжение табл. VII.6

Класс стали болтов, временное сопротивление стали сминаемых элементов $R_{шт}$ МПа	Диаметр болта $d$ , мм			
	12	16	20	24
	Площадь болта $A/A_{бр}$ , см <sup>2</sup>			
	$\frac{1,13}{0,84}$	$\frac{2,01}{1,57}$	$\frac{3,14}{2,45}$	$\frac{4,52}{3,52}$
440	78	104	130	156
450	81	108	135	162
460	83,4	111,2	139	166,8
470	86,4	115,2	144	172,8
480	89,4	119,2	149	178,8
490	92,4	123,2	154	184,8
500	95,4	127,2	159	190,8
510	99	132	165	198
520	102	136	170	204
530	105	140	175	210
540	108,6	144,8	181	217,6
570	118,8	158,4	198	237,6
590	125,4	167,2	209	250,8

*Смятие элементов, соединяемых болтами классов точности В и С, а также высокопрочными без регулируемого натяжения*

345	48,6	64,8	81,0	97,2
355	50,4	67,2	84	100,8
365	52,8	70,4	88	105,6
370	54	72	90	108
380	55,8	74,4	93	111,6
390	58,2	77,6	97	116,4
430	67,8	90,4	113	135,6
440	70,2	93,6	117	140,4
450	72,6	96,8	121	145,2
460	75	100	125	150
470	77,4	103,2	129	154,8
480	80,4	107,2	134	160,8
490	82,8	110,4	138	165,6
500	85,2	113,6	142	170,4
510	88,2	117,6	147	176,4
520	91,2	121,6	152	182,4
530	93,6	124,8	156	187,2
540	96,6	128,8	161	193,2
570	105,6	140,8	177	211,2
590	111,6	148,8	186	223,2

Примечания: 1. При определении предельных усилий на срез и смятие принято  $\gamma_b = 1,0$ . 2. Предельные усилия на смятие определены при сумме толщин элементов, сминаемых в одном направлении  $\Sigma t = 10$  мм. 3. При определении предельных усилий на срез принято  $n_s = 1$ .

## VII.4. ТАБЛИЦЫ БОЛТОВ, ГАЕК И ШАЙБ

Таблица VII.7. Механические свойства болтов по ГОСТ 1759.4—87

Класс прочности	Механические свойства					Марка стали	ГОСТ
	Временное сопротивление $\sigma_B$ , МПа	Предел текучести $\sigma_T$ , МПа	Относительное удлинение $\delta_5$ , %	Ударная вязкость $a_K$ , Дж/см <sup>2</sup>			
4,6	400	240	25	—	20	ГОСТ 1050—74**	
4,8	400—420	320	14	—	10; 10кп	ГОСТ 10702—78*	
5,6	500	300	20	50	30; 35	ГОСТ 1050—74**; ГОСТ 10702—78*	
5,8	500—520	400	10	—	20; 20кп;	ГОСТ 1050—74**	
6,6	600	360	16	40	35; 4; 40Г2	ГОСТ 1050—74*; ГОСТ 10702—78*	
8,8	800—830	640	12	60	35Х; 38ХА; 45Г	ГОСТ 10702—78*; ГОСТ 1050—74**	
10,9	1000—1040	900	9	40	40Х	ГОСТ 4543—71* ГОСТ 4543—71*	

Примечание. Для изготовления болтов классов прочности 4.8 и 5.8 не допускается применение автоматных сталей.

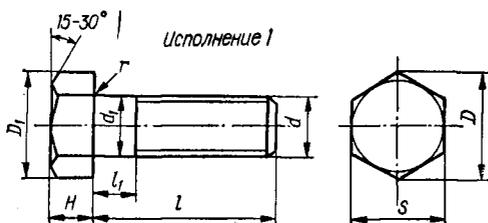


Таблица VII.8. Болты с шестигранной головкой классов точности В по ГОСТ 7798—70\*, А по ГОСТ 7805—70\*, С по ГОСТ 15588—90\*

Номинальный диаметр резьбы $d$	Диаметр стержня болта $d_1$	Размер «под ключ» $S$	Высота головки $H$	Диаметр описанной окружности $D$ , мм, болтов			Радиусы под головкой болта $r$ , мм, болтов	
				ГОСТ 7798—70*	ГОСТ 7805—70*	ГОСТ 15588—90*	ГОСТ 7798—80* ГОСТ 15588—70	ГОСТ 7805—70*

12	12	19	8	20,9	21,1	—	0,6—1,6	0,6—1,1
16	16	24	10	26,5	26,8	—	0,6—1,6	0,6—1,1
20	20	30	13	33,3	33,6	32,4	0,8—2,2	0,8—1,2
24	24	36	15	39,6	40,3	38,8	0,8—2,2	0,8—1,2
30	30	46	19	50,9	51,6	50	1—2,7	1—1,7
36	36	55	23	60,8	61,7	59,7	1—3,2	1—1,7
42	42	65	26	72,1	73	70,8	1,2—3,3	1,2—1,8
48	48	75	30	83,4	84,3	81,9	1,6—4,3	1,6—2,3

Т а б л и ц а VII.9. Длина и масса болтов по ГОСТ 7798—70\*,  
7805—70\*, 15589—70\*

Длина болта $l$ , мм	Длина ненарезанной части болта $l_1$ , мм	Масса 1000 шт. болтов, кг	Длина ненарезанной части болта $l_1$ , мм	Масса 1000 шт. болтов, кг	Длина ненарезанной части болта $l_1$ , мм	Масса 1000 шт. болтов, кг	Длина ненарезанной части болта $l_1$ , мм	Масса 1000 шт. болтов, кг
	M12		M16		M20		M24	
30	0	44,05	0	83,24	0	147,9	—	—
35	5	48,43	0	90,62	0	159,4	0	246,9
40	(10)	(52,87)	0	97,99	0	170,9	0	263,5
45	15	57,31	7	105,7	0	182,5	0	280,1
50	(20)	(61,76)	(12)	(113,6)	0	194,0	0	296,7
55	25	66,20	(17)	(121,5)	9	206,8	0	313,3
60	(30)	(70,64)	(22)	(129,4)	(14)	(219,1)	0	329,9
65	35	75,08	(27)	(137,3)	(19)	(231,5)	11	348,8
70	(40)	(79,53)	(32)	(145,2)	(24)	(243,8)	(16)	(366,5)
75	45	83,97	37	153,1	(29)	(256,1)	(21)	(384,3)
80	50	88,42	(42)	(161)	(34)	(268,1)	(26)	(402,1)
90	60	97,29	(52)	(176,8)	(44)	(293,2)	(36)	(437,6)
100	70	106,2	(62)	(192,6)	(54)	(317,8)	(46)	(473,2)
110	80	115,1	72	208,4	64	342,5	56	508,7
120	90	124	82	224,2	(74)	(367,2)	(66)	(544,2)
130	100	132,8	92	240,0	84	391,9	76	579,8
140	110	141,7	102	255,8	(94)	(416,6)	(86)	(615,3)
150	120	150,6	112	271,6	104	441,2	96	650,8
160	124	159,5	116	287,4	108	465,9	(100)	(686,4)
170	134	168,4	126	303,2	118	490,6	110	721,9
180	144	177,3	136	319	128	515,3	(120)	(757,5)
190	154	186,2	146	333,8	138	540	130	793
200	164	195	156	350,6	148	564,6	140	828,6
220	184	212,8	176	382,2	168	614	160	899,6
240	204	230,6	196	413,8	188	663,4	180	970,8
260	224	248,3	216	445,4	208	712,7	200	1042
280	—	—	236	476,8	228	762,1	220	1113
300	—	—	256	508,5	248	811,4	240	1184

		M30		M36		M42		M48	
40	0	479,1	—	—	—	—	—	—	—
45	0	505,2	—	—	—	—	—	—	—
50	0	531,2	0	844,8	—	—	—	—	—
55	0	557,3	0	882,4	0	1304	—	—	—
60	0	583,3	0	920,1	0	1356	—	—	—
65	0	609,4	0	957,7	0	1407	0	2009	—
70	0	635,4	0	995,3	0	1458	0	2076	—
75	9	664	0	1033	0	1509	0	2143	—
80	14	691,8	0	1071	0	1561	0	2211	—
90	24	747,3	12	1151	0	1663	0	2345	—
100	34	802,8	22	1231	0	1766	0	2479	—
110	44	858,4	32	1311	20	1880	0	2614	—
120	54	913,9	42	1391	30	1989	18	2760	—
130	64	969,5	52	1471	40	2098	28	2903	—
140	74	1025	62	1551	50	2207	38	3045	—
150	84	1080	72	1631	60	2315	48	3187	—

Длина болта $l$ , мм	Длина ненарезанной части болта $l_1$ , мм	Масса 1000 шт. болтов, кг	Длина ненарезанной части болта $l_1$ , мм	Масса 1000 шт. болтов, кг	Длина ненарезанной части болта $l_1$ , мм	Масса 1000 шт. болтов, кг	Длина ненарезанной части болта $l_1$ , мм	Масса 1000 шт. болтов, кг
	М30		М36		М42		М48	
160	88	1136	76	1711	64	2424	52	3229
170	98	1192	86	1790	74	2533	62	3471
180	108	1247	96	1870	84	2642	72	3614
190	118	1303	106	1950	94	2751	82	3756
200	128	1358	116	2030	104	2860	92	3898
220	148	1469	136	2190	124	3077	112	4182
240	168	1580	156	2350	144	3295	132	4466
260	188	1691	176	2510	164	3513	152	4751
280	208	1802	196	2670	184	3730	172	5035
300	228	1914	216	2830	204	3948	192	5319

Примечания: 1. По ГОСТ 15589-70\* болты класса точности С используют диаметром 24-48 мм. 2. В скобках значения болтов по «Сокращенному сортменту крепежных изделий для строительных конструкций» со следующими характеристиками: класс прочности болтов 5,8 и 8,8; гайк 4 и 6; шайб 0,1; поле допуска резьбы: для болтов — 8g, для гайк — 7H. 3. Сокращенный сортмент не распространяется на металлоконструкции опор ЛЭП и мостов.

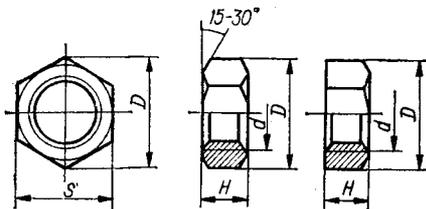
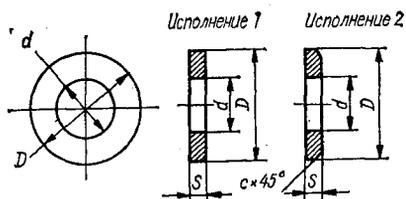


Таблица VII.10. Гайки шестигранные классов точности В по ГОСТ 5915-70\*, А по ГОСТ 5927-70\*, С по ГОСТ 15526-70\*

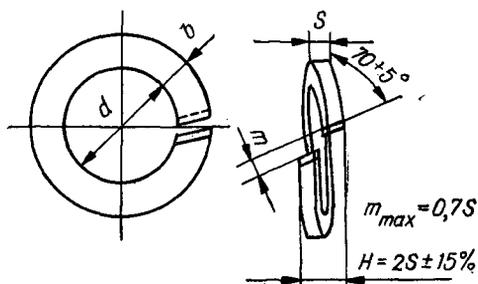
Нормальный диаметр резьбы $d$ , мм	Размер «под ключ» $S$ , мм	Диаметр описанной окружности $D$ , мм, для гайк			Высота $H$ , мм	Масса 1000 шт. гайк, кг
		ГОСТ 5915-70*	ГОСТ 5927-70*	ГОСТ 15526-70*		
12	19	20,9	21,1	—	10	15,40
16	24	26,5	26,8	—	13	33,17
20	30	33,3	33,6	32,4	16	62,60
24	36	39,6	40,3	38,8	19	107,0
30	46	50,9	51,6	50,0	24	224,5
36	55	60,8	61,7	59,7	29	376,9
42	65	72,1	73,0	70,8	34	623,9
48	75	83,4	84,3	81,9	38	956,2

Таблица VII.11. Шайбы по ГОСТ 11371—78\*



Диаметр стержня крепежной детали, мм	Размеры шайбы, мм				Масса 1000 шт. шайб, кг
	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>S</i>	<i>c</i>	
12	13	24	2,5	0,6	6,27
16	17	30	3	0,8	11,3
20	21	37	4	1	22,9
24	25	44	4	1	32,3
30	31	56	5	1,2	67,1
36	37	66	6	1,6	110
42	43	78	6	1,6	157
48	50	90	8	2	276

Таблица VII.12. Шайбы пружинные по ГОСТ 6402—70\*

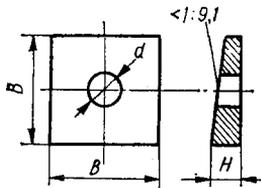


Номинальный диаметр резьбы крепежной детали, мм	Внутренний диаметр <i>d</i> , мм	Размеры шайб, мм				
		Легких (Л)		Нормальных (Н)	Тяжелых (Т)	Особо тяжелых (ОТ)
		<i>S</i>	<i>b</i>			
12	12,1	2,5	3,5	3	3,5	4
16	16,3	3,2	4,5	4	4,5	5
20	20,5	4	5,5	5	5,5	6
24	24,5	5	7	6	7	8
30	30,5	6	9	8	9	10
36	36,5	—	—	9	10	12
42	42,5	—	—	10	12	—
48	48,5	—	—	12	—	—

Примечание. Пружинные шайбы следует изготавливать из стали марки 65Г по ГОСТ 1050—74\*\*, термостойкие пружинные шайбы — из стали марки 3Х13 по ГОСТ 5949—75\* или других сталей с физико-механическими показателями не ниже указанных марок.

Т а б л и ц а VII.13. Масса стальных пружинных шайб по ГОСТ 6402—70\*

Шайба	Масса 1000 шт. шайб, кг, при номинальном диаметре болта, мм							
	12	16	20	24	30	36	42	48
Легкие (Л)	3,369	7,392	14,12	27,21	52,64	—	—	—
Нормальные (Н)	3,357	8,022	15,75	27,12	60,87	91,03	129,7	215,2
Тяжелые (Т)	4,723	10,41	19,43	38,14	79,07	114,9	193,9	—
Особо тяжелые (ОТ)	6,369	13,16	23,58	51,43	100,1	172,7	—	—



Т а б л и ц а VII.14. Шайбы косые по ГОСТ 10906—78\*

Номинальный диаметр резьбы болта, мм	Размеры, мм			Наименьший номер профиля		Масса 1000 шт., кг
	<i>d</i>	<i>B</i>	<i>H</i>	двутавр по ГОСТ 8239—72*	швеллер по ГОСТ 8240—72*	
12	13	30	5,7	18	10	34,3
16	17	30	5,7	18а	14	30,1
20	22	40	6,2	24а	18а	59,4
24	26	50	6,8	40	22а	105,1

П р и м е ч а н и я: 1. Шайбы изготавливают из полосовой стали по ГОСТ 5157—83\*  
2. Косые шайбы предназначены для подкладывания под гайки или головки болтов для выравнивания уклонов полок швеллеров и двутавровых балок.

### VII.5. СОЕДИНЕНИЯ НА ВЫСОКОПРОЧНЫХ БОЛТАХ

Соединения на высокопрочных болтах — сдвигоустойчивые соединения, в которых сдвигающие усилия воспринимаются силами трения между соприкасающимися плоскостями, возникающими от натяжения болтов. Широко применяются в качестве монтажных соединений в конструкциях, воспринимающих динамические и вибрационные нагрузки, возводимых в климатических районах I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, II<sub>2</sub> и II<sub>3</sub>.

Расчетное усилие воспринимаемое одним высокопрочным болтом на каждую плоскость трения

$$Q_{bh} = R_{bh} \gamma_b A_{bh} \mu / \gamma_h, \quad (VII.4)$$

где  $R_{bh}$  — расчетное сопротивление растяжению высокопрочных болтов, равное  $0,7R_{bun}$  (табл. VII.15);  $\mu$  — коэффициент трения, принимаемый: 0,58 — при дробеметной или дробеструйной обработке двух поверхностей дробью без консервации; 0,50 — то же, с консервацией металлизацией распылением цинка или алюминия, а также при обработке одной поверхности дробью с консервацией полимерным клеем и посыпкой карборундовым порошком, а другой стальными щетками без консервации; 0,42 — при газопламенной обработке двух поверх-

ностей без консервации; 0,35 — при обработке двух плоскостей стальными щетками без консервации; 0,25 — без обработки поверхности;  $\gamma_b$  — коэффициент условий работы соединения, принимаемый в зависимости от количества  $n$  болтов:  $\gamma_b = 0,8$  при  $n < 5$ ;  $\gamma_b = 0,9$  при  $5 \leq n \leq 10$ ;  $\gamma_b = 1$  при  $n \geq 10$ ;  $\gamma_h$  — коэффициент надежности, принимаемый по табл. VII.16.

Таблица VII.15. Механические свойства и марки стали высокопрочных болтов и гаек по ГОСТ 22356—77\*

Номинальный диаметр резьбы $d$ , мм	Болты			Напряжения от испытательной нагрузки, МПа	Гайки	
	Временное сопротивление $\sigma_b$ , МПа		Марка стали по ГОСТ 4543—71*		Сталь	
	min	max <sup>1</sup>			марка	ГОСТ
16—27	1080	1275	40X «селект»	1080	35; 40 35X; 40X	ГОСТ 1050—74**, ГОСТ 10702—78*, ГОСТ 4543—71*
	1325	1665	38XC «селект»	1325	40X	ГОСТ 4543—71*, ГОСТ
	1520	1865	40XФА «селект» 30X3МФ; 30X2НМФА <sup>2</sup>	1520	30X3МФ; 40X	10702—78*
30	930	1125	40X «селект»	930	35; 40	ГОСТ 1050—74**, ГОСТ
				930	35X; 40X	10702—78*, ГОСТ 4543—71*
				1175	40X	ГОСТ 4543—71, ГОСТ 10702—78*
36	735	930	40X «селект»	735	35; 40	ГОСТ 1050—74**
42	635	835	40X «селект»	635	35X; 40X	ГОСТ 10702—78*, ГОСТ 4543—71*
48	590	785	40X «селект»	590	35X; 40X	
36	1080	1520	30X3МФ	1080	40X	ГОСТ 4543—71*,
42	980	1520	30X3МФ	980	40X	ГОСТ 10702—78*
48	880	1370	30X3МФ	880	40X	

<sup>1</sup> Для применения в мостостроении.

<sup>2</sup> По стандартам и техническим условиям на материал.

Примечание. Диаметр резьбы болтов из стали марки 40XФА «селект» — не более 20 мм, из стали марки 38XC «селект» — не более 24 мм.

Таблица VII.16. Коэффициенты надежности по СНиП II-23-81\*

Коэффициент трения $\mu$	Нагрузка	
	динамическая, $\delta = 3-6$ ; статическая, $\delta = 5-6$	динамическая, $\delta = 1$ ; статическая, $\delta = 1-4$

Способ регулирования натяжения болтов по М

0,58; 0,50; 0,42	1,35	1,12
0,35	1,35	1,17
0,25	1,70	1,30

Коэффициент трения $\mu$	Нагрузка	
	динамическая, $\delta = 3-6$ ; статическая, $\delta = 5-6$	динамическая, $\delta = 1$ ; статическая, $\delta = 1-4$

Способ регулирования натяжения болтов по  $\alpha$

0,58; 0,50; 0,42	1,20	1,02
0,35	1,25	1,06
0,25	1,50	1,20

Примечания: 1. Способ регулирования натяжения по  $M$  означает регулирование по моменту закручивания, по  $\alpha$  — по углу поворота гайки. 2.  $\delta$  — разность номинальных диаметров отверстий и болтов.

Количество высокопрочных болтов в соединении с  $k$  поверхностями трения соединяемых элементов (принимая распределение усилия между болтами равномерным)

$$n \geq N / (k \gamma_c Q_{bh}). \quad (VII.5)$$

Натяжение высокопрочного болта производят осевым усилием (табл. VII.17)

$$P = R_{bh} A_{bh} \quad (VII.6)$$

и регулируют по моменту закручивания (по  $M$ ) или по углу поворота гайки (по  $\alpha$ ).

Количество высокопрочных болтов в соединении определяют также по формуле  $n \geq N / (k [N])$ , где  $[N]$  принимают по табл. VII.18.

Таблица VII.17. Осевые усилия натяжения высокопрочных болтов

Материал болтов		Осевое усилие $P$ , кН, натяжения высокопрочных болтов диаметром $d$ , мм				
Марка стали по ГОСТ 4543—71*	$R_{bh}$ , МПа, не менее	16	18	20	22	24
		Площадь сечения $A_b/A_{bh}$ , см <sup>2</sup>				
		$\frac{2,01}{1,57}$	$\frac{2,54}{1,92}$	$\frac{3,14}{2,45}$	$\frac{3,80}{3,03}$	$\frac{4,52}{3,52}$
40X «селект»	755	120,9	147,8	188,6	233,3	271
38XC «селект»	921	147,5	179,5	230,3	284,8	330,8
40XФА «селект»	1058	169,5	207,3	246,6	327,2	380,1
30XЗМФ		27	30	36	42	48

Материал болтов		16	18	20	22	24
Марка стали по ГОСТ 4543—71*	$R_{bh}$ , МПа, не менее	$\frac{5,72}{4,59}$	$\frac{7,06}{5,60}$	$\frac{10,17}{8,26}$	$\frac{13,85}{11,20}$	$\frac{18,09}{14,72}$
40X «селект»	755	353,4	—	—	—	—
30XЗМФ	1058	495,7	—	—	—	—
40X «селект»	652	—	372,4	—	—	—
30XЗМФ	823	—	470,4	—	—	—
40X «селект»	515	—	—	433,6	—	—

Продолжение табл. VII.17

Материал болтов						
Марка стали по ГОСТ 4543-71*	$R_{bh}$ МПа, не менее	5,72	7,06	10,17	13,85	18,09
		4,59	5,60	8,26	11,20	14,72
30ХЗМФ	755	—	—	636	—	—
40Х «селект»	446	—	—	—	509,6	—
30ХЗМФ	686	—	—	—	784	—
40Х «селект»	412	—	—	—	—	618,2
30ХЗМФ	617	—	—	—	—	927,3

\* Примечания: 1. Диаметр резьбы болтов из стали марок 40ХФА «селект» — не более 20 мм, из стали 38ХС «селект» — не более 24 мм. 2. Значения  $A_b$  и  $A_{bn}$  приняты по СТ СЭВ 180-75, СТ СЭВ 181-75, СТ СЭВ 182-75.

Таблица VII.18. Несущая способность высокопрочных болтов

Коэффициенты		Несущая способность [N], кН, на одну плоскость трения одного болта из стали марок		
трения $\mu$	надежности $\gamma_h$	40Х «селект»	38ХС «селект», 40ХФА «селект»	30ХЗМФ

Номинальный диаметр резьбы 16 мм

0,58	1,35	52	63,4	72,9
0,58	1,12	62,6	76,4	87,8
0,58	1,20	58,4	71,2	81,8
0,58	1,02	68,6	83,8	96,3
0,50	1,35	44,7	54,6	62,7
0,50	1,12	53,9	65,8	75,6
0,50	1,20	50,3	61,3	70,5
0,50	1,02	59,2	72,3	83
0,42	1,35	37,6	45,8	52,7
0,42	1,12	45,3	55,3	63,5
0,42	1,20	42,3	51,6	59,3
0,42	1,02	49,7	60,6	69,6
0,35	1,35	31,3	38,2	43,9
0,35	1,17	36,1	44,1	50,7
0,35	1,25	33,8	41,3	47,4
0,35	1,06	39,9	48,7	55,9
0,25	1,70	17,7	21,7	24,9
0,25	1,30	23,2	28,3	32,5
0,25	1,50	20	24,5	28,1
0,25	1,20	25,1	30,7	35,2

Номинальный диаметр резьбы 18 мм

0,58	1,35	63,6	77,5	89,2
0,58	1,12	76,6	93,4	107,4
0,58	1,20	71,4	87,1	100
0,58	1,02	83,9	102,5	117,8
0,50	1,35	54,7	66,8	76,7
0,50	1,12	65,9	80,5	92,5
0,50	1,20	61,5	75	86,2
0,50	1,02	72,4	88,4	101,5
0,42	1,35	46	56	64,5
0,42	1,12	55,4	67,6	77,7
0,42	1,20	51,7	63,1	72,5
0,42	1,02	60,8	74,1	85,1

Продолжение табл. VII.18

Коэффициенты		Несущая способность [N], кН, на одну плоскость трения одного болта из стали марок		
трения $\mu$	надежности $\gamma_h$	40X «селект»	38ХС «селект»; 40ХФА «селект»	30Х3МФ
0,35	1,35	38,3	46,7	53,7
0,35	1,17	44,2	53,9	62
0,35	1,25	41,3	50,5	58
0,35	1,06	48,8	59,6	68,4
0,25	1,70	21,6	26,5	30,5
0,25	1,30	28,4	34,6	39,7
0,25	1,50	24,5	30	34,4
0,25	1,20	30,7	37,5	43
<i>Номинальный диаметр резьбы 20 мм</i>				
0,58	1,35	81,1	99	106
0,58	1,12	97,7	119,3	127,7
0,58	1,20	91,1	111,2	119,1
0,58	1,02	107,1	130,8	140
0,50	1,35	69,8	85,2	91,2
0,50	1,12	84,1	102,7	110
0,50	1,20	78,4	95,8	102,6
0,50	1,02	92,4	112,8	120,8
0,42	1,35	58,6	71,6	76,7
0,42	1,12	70,7	86,3	92,5
0,42	1,20	66	80,6	86,3
0,42	1,02	77,5	94,6	101,3
0,35	1,35	48,8	59,6	63,8
0,35	1,17	56,4	68,8	73,7
0,35	1,25	52,8	64,5	69
0,35	1,06	62,2	76	81,4
0,25	1,70	27,7	33,8	36,2
0,25	1,30	36,2	44,2	47,3
0,25	1,50	31,3	38,2	40,9
0,25	1,20	39,2	47,9	51,3
<i>Номинальный диаметр резьбы 22 мм</i>				
0,58	1,35	100,3	122,4	131,1
0,58	1,12	120,8	147,5	157,9
0,58	1,20	112,7	137,5	147,3
0,58	1,02	132,5	161,8	173,1
0,50	1,35	86,3	105,4	112,8
0,50	1,12	104	127	136
0,50	1,20	97	118,5	126,9
0,50	1,02	114,3	139,5	149,4
0,42	1,35	72,5	88,5	94,9
0,42	1,12	87,4	106,7	114,4
0,42	1,20	81,6	99,7	106,7
0,42	1,02	95,8	117	125,3
0,35	1,35	60,4	73,7	78,9
0,35	1,17	69,7	85,1	91,1
0,35	1,25	65,3	79,8	85,3
0,35	1,06	76,9	94	100,7
0,25	1,70	34,3	41,8	44,8
0,25	1,30	44,8	54,7	58,5
0,25	1,50	38,7	47,2	50,6
0,25	1,20	48,5	59,2	63,4

Продолжение табл. VII.18

Коэффициенты		Несущая способность [N], кН, на одну плоскость трения одного болта из стали марок		
трения $\mu$	надежности $\gamma_h$	40X «селект»	38XC «селект»; 40XФА «селект»	30X3MФ

*Номинальный диаметр резьбы 24 мм*

0,58	1,35	116,5	142,2	163,4
0,58	1,12	140,4	171,3	196,9
0,58	1,20	130,9	159,8	183,6
0,58	1,02	153,9	187,9	215,9
0,50	1,35	100,2	122,4	140,6
0,50	1,12	120,8	147,5	169,5
0,50	1,20	112,7	137,6	158,1
0,50	1,02	132,8	162,1	186,2
0,42	1,35	84,3	102,9	118,2
0,42	1,12	101,6	124	142,5
0,42	1,20	94,8	115,8	133
0,42	1,02	111,4	135,9	156,2
0,35	1,35	70,2	85,7	98,4
0,35	1,17	81	98,9	113,6
0,35	1,25	75,9	92	106,4
0,35	1,06	89,4	109,1	125,4
0,25	1,70	39,8	48,6	55,8
0,25	1,30	52	63,5	73
0,25	1,50	45	54,9	63,1
0,25	1,20	56,3	68,8	79

*Номинальный диаметр резьбы 27 мм*

0,58	1,35	151,9	185,4	198,5
0,58	1,12	183	223,4	239,2
0,58	1,20	170,6	208,3	223,1
0,58	1,02	200,6	245	262,2
0,50	1,35	130,7	159,6	170,8
0,50	1,12	157,5	192,4	206
0,50	1,20	146,8	179,4	192,2
0,50	1,02	173,1	211,3	226,3
0,42	1,35	109,8	134,1	143,7
0,42	1,12	132,4	161,6	173,3
0,42	1,20	123,6	151	161,6
0,42	1,02	145,2	177,2	189,7
0,35	1,35	91,4	111,6	119,5
0,35	1,17	105,6	128,9	138
0,35	1,25	98,9	120,8	129,2
0,35	1,06	116,5	142,3	152,5
0,25	1,70	51,9	63,3	67,8
0,25	1,30	67,8	82,8	88,6
0,25	1,50	58,6	71,5	76,6
0,25	1,20	73,4	89,7	96,1

*Номинальный диаметр резьбы 30 мм*

0,58	1,35	160,1	—	202,2
0,58	1,12	192,9	—	243,6
0,58	1,20	179,8	—	227,2
0,58	1,02	211,5	—	267,2
0,50	1,35	137,8	—	174
0,50	1,12	166,1	—	209,8
0,50	1,20	154,9	—	195,7

Продолжение табл. VII.18

Коэффициенты		Несущая способность [N], кН, на одну плоскость трения одного болта из стали марок		
трения $\mu$	надежности $\gamma_h$	40X «селект»	38XC «селект»; 40XФА «селект»	30X3МФ
0,50	1,02	182,5	—	230,5
0,42	1,35	115,8	—	146,3
0,42	1,12	139,6	—	176,4
0,42	1,20	130,3	—	164,6
0,42	1,02	153	—	193,3
0,35	1,35	96,4	—	121,8
0,35	1,17	111,3	—	140,6
0,35	1,25	104,2	—	131,7
0,35	1,06	122,9	—	155,2
0,25	1,70	54,7	—	69,1
0,25	1,30	71,5	—	90,3
0,25	1,50	61,8	—	78,1
0,25	1,20	77,4	—	97,8
<i>Номинальный диаметр резьбы 36 мм</i>				
0,58	1,35	186,4	—	273,5
0,58	1,12	224,6	—	329,4
0,58	1,20	209,4	—	307,2
0,58	1,02	246,3	—	361,2
0,50	1,35	160,4	—	235,3
0,50	1,12	193,4	—	283,6
0,50	1,20	180,4	—	264,6
0,50	1,02	212,4	—	311,6
0,42	1,35	134,8	—	197,8
0,42	1,12	162,6	—	238,5
0,42	1,20	151,7	—	222,6
0,42	1,02	178,2	—	261,4
0,35	1,35	112,3	—	164,7
0,35	1,17	129,6	—	190,1
0,35	1,25	121,4	—	178,1
0,35	1,06	143,1	—	209,9
0,25	1,70	63,7	—	93,5
0,25	1,30	83,2	—	122,1
0,25	1,50	72	—	105,6
0,25	1,20	90,2	—	132,3
<i>Номинальный диаметр резьбы 42 мм</i>				
0,58	1,35	219,1	—	337,1
0,58	1,12	264	—	406,1
0,58	1,20	246,1	—	378,6
0,58	1,02	289,4	—	445,3
0,50	1,35	188,5	—	290,1
0,50	1,12	227,3	—	349,6
0,50	1,20	212	—	326,1
0,50	1,02	249,7	—	384,1
0,42	1,35	158,5	—	243,8
0,42	1,12	191,1	—	294
0,42	1,20	178,3	—	274,4
0,42	1,02	209,4	—	322,2
0,35	1,35	132	—	203
0,35	1,17	152,3	—	234,4
0,35	1,25	142,7	—	219,5

Продолжение табл. VII.18

Коэффициенты		Несущая способность $[N]$ , кН, на одну плоскость трения одного болта из стали марок		
трения $\mu$	надежности $\gamma_h$	40X «селект»	38XC «селект»; 40XФА «селект»	30X3MФ
0,35	1,06	168,1	—	258,7
0,25	1,70	74,9	—	115,2
0,25	1,30	97,8	—	150,5
0,25	1,50	84,6	—	130,1
0,25	1,20	106	—	163
<i>Номинальный диаметр резьбы 48 мм</i>				
0,58	1,35	265,8	—	398,7
0,58	1,12	320,2	—	480,3
0,58	1,20	298,6	—	447,9
0,58	1,02	351,1	—	526,7
0,50	1,35	228,7	—	343,1
0,50	1,12	275,7	—	413,6
0,50	1,20	257,1	—	385,7
0,50	1,02	302,9	—	454,4
0,42	1,35	192,2	—	288,4
0,42	1,12	231,8	—	347,7
0,42	1,20	216,3	—	324,5
0,42	1,02	254,1	—	381,1
0,35	1,35	160,1	—	240,1
0,35	1,17	184,8	—	277,2
0,35	1,25	173,1	—	259,6
0,35	1,06	204	—	306
0,25	1,70	90,9	—	136,3
0,25	1,30	118,7	—	178
0,25	1,50	102,6	—	153,9
0,25	1,20	128,6	—	192,9

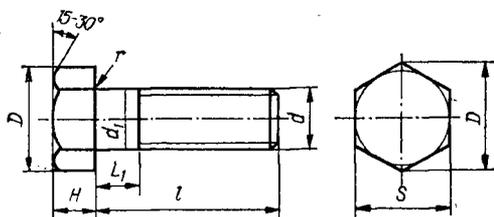
Примечание. Значения  $[N]$  определены по формуле (VII.4) при  $\gamma_b = 1$  (количество болтов в соединении принято  $n \geq 10$ ). Для соединений с меньшим количеством болтов значение  $[N]$  из данной таблицы должно быть умножено на соответствующее значение  $\gamma_b$ .

При расчете на прочность элементов, ослабленных отверстиями под высокопрочные болты, учитывают, что половина усилия, приходящегося на каждый болт, в рассматриваемом сечении уже передана силами трения. При этом в расчете учитывают: при статических нагрузках при  $A_n \geq 0,85A - A$ , при  $A_n < 0,85A$  — условную площадь  $A_c = 1,184A_n$ ; при динамических —  $A_n$ .

Высокопрочные болты размещают в соответствии с рекомендациями табл. VII.1.

Под головки и гайки высокопрочных болтов должны быть поставлены термически обработанные шайбы по ГОСТ 22355—77\*. Характеристики болтов, гаек и шайб приведены в табл. VII.19 — VII.23. При высокопрочных болтах с увеличенными головками и гайками и при разности номинальных диаметров отверстий и болта не более 3 мм в конструкциях из стали с временным сопротивлением до 440 МПа (4500 кгс/см<sup>2</sup>) и не более 4 мм в конструкциях из стали с временным сопротивлением более 440 МПа (4500 кгс/см<sup>2</sup>) допускается установка только одной шайбы под гайку.

Таблица VII.19. Болты высокопрочные по ГОСТ 22353—77\*



Номинальный диаметр резьбы $d$ , мм	Параметры болта, мм					
	диаметр стержня $d_1$	размер «под ключ» $S$	шаг резьбы	высота головки $H$	диаметр описанной окружности $D$ , не менее	радиус под головкой $r$
16	16	27	2	12	29,9	1,5—2
18	18	30	2,5	13	33,3	1,5—2
20	20	32	2,5	14	35	1,5—2
22	22	36	2,5	15	39,6	2—2,5
24	24	41	3	17	45,2	2—2,5
27	27	46	3	19	50,9	2—2,5
30	30	46	3,5	19	50,9	3—4
36	36	55	4	23	60,8	3—4
42	42	65	4,5	26	72,1	3—4
48	48	75	5	30	83,4	4—5

Примечания: 1. Предельные отклонения для  $d_1$  — по  $h$  14; для  $S$  — по  $h$  15. 2. Болты М16 применять для легких конструкций, М36, М42, М48 — для антенных сооружений. 3. По соглашению между изготовителем и потребителем допускается изготовление болтов с размерами по ГОСТ 7798—70\*. 4. Коэффициент закручивания болтов не более 0,20 и не менее 0,14.

Таблица VII.20. Длина  $l_1$ , мм и масса 1000 шт. высокопрочных болтов Q, кг, по ГОСТ 22353—77\*

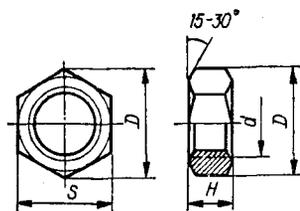
Номинальная длина стержня болта $l$ , мм	Номинальный диаметр резьбы $d$ , мм									
	16		18		20		22		24	
	$l_1$	Q	$l_1$	Q	$l_1$	Q	$l_1$	Q	$l_1$	Q
40	(0)	(111)	—	—	—	—	—	—	—	—
45	7	118	0	151	—	—	—	—	—	—
50	12	126	8	161	0	198	—	—	—	—
55	(17)	(134)	13	171	9	211	0	267	—	—
60	22	141	18	180	(14)	(223)	(10)	(282)	(0)	(367)
65	27	149	23	190	19	235	15	297	11	386
70	(32)	(157)	28	200	24	247	20	312	16	404
75	37	164	33	210	29	259	25	326	21	421
80	42	172	38	210	(34)	(271)	(30)	(341)	(26)	(438)
85	(47)	(180)	43	229	39	283	35	355	31	456
90	52	188	48	239	44	295	40	370	36	473
95	57	195	53	249	49	307	45	384	41	491
100	(62)	(203)	58	258	(54)	(319)	(50)	(399)	(46)	(508)
105	67	210	63	268	59	331	55	414	51	525
110	72	218	68	278	64	343	60	428	56	543
115	77	226	73	288	69	355	65	443	61	560
120	82	233	78	297	(74)	(367)	(70)	(457)	(66)	(578)
125	87	241	83	307	79	379	75	472	71	595

Продолжение табл. VII.20

Номинальная длина стержня болта $l$ , мм	Номинальный диаметр резьбы $d$ , мм										
	16		18		20		22		24		
	$l_1$	$Q$	$l_1$	$Q$	$l_1$	$Q$	$l_1$	$Q$	$l_1$	$Q$	
130	92	249	88	317	84	391	80	487	76	612	
140	102	264	98	336	(94)	(415)	(90)	(516)	(86)	(646)	
150	112	279	108	356	104	439	100	545	96	682	
160	116	293	112	373	108	461	(104)	(572)	(100)	(714)	
170	126	309	122	393	118	485	114	601	110	748	
180	136	324	132	412	128	509	(124)	(630)	(120)	(783)	
190	146	340	142	432	138	533	134	659	130	818	
200	156	355	152	451	148	557	144	688	(140)	(853)	
220	176	385	172	490	168	605	164	747	(160)	(922)	
240	196	416	192	529	188	654	184	805	180	992	
260	216	447	212	568	208	702	204	863	200	1061	
280	236	478	232	607	228	750	224	922	220	1131	
300	256	509	252	646	248	798	244	980	240	1200	
			27		30		36		42		48
70	10	538	—	—	—	—	—	—	—	—	—
75	15	560	9	621	—	—	—	—	—	—	—
80	20	582	14	648	—	—	—	—	—	—	—
85	25	604	19	676	—	—	—	—	—	—	—
90	30	627	24	703	12	1081	—	—	—	—	—
95	35	649	29	730	17	1120	—	—	—	—	—
100	(40)	(671)	34	758	(22)	(1159)	—	—	—	—	—
105	45	693	39	785	27	1199	15	1723	—	—	—
110	50	715	44	812	32	1238	20	1776	—	—	—
115	55	737	49	839	37	1277	25	1830	—	—	—
120	(60)	(759)	54	867	(42)	(1316)	(30)	(1884)	18	2462	—
125	65	781	59	894	47	1356	35	1937	23	2532	—
130	70	803	64	921	52	1395	40	1991	28	2602	—
140	(80)	(847)	74	976	(62)	1474	(50)	(2098)	(38)	(2743)	—
150	90	891	84	1030	72	1552	60	2205	48	2883	—
160	(94)	(932)	88	1080	(76)	(1625)	(64)	(2304)	(52)	(3004)	—
170	104	976	98	1135	86	1703	74	2412	62	3145	—
180	(114)	(1020)	108	1189	(96)	(1782)	(84)	(2519)	(72)	(3285)	—
190	124	1064	118	1244	106	1860	94	2626	82	3425	—
200	(134)	(1108)	128	1299	(116)	(1939)	(104)	(2733)	(92)	(3566)	—
220	(154)	(1196)	148	1408	(136)	(2096)	(124)	(2948)	(112)	(3846)	—
240	174	1285	168	1517	156	2253	144	3162	132	4127	—
260	194	1303	188	1626	176	2410	164	3377	152	4408	—
280	214	1461	208	1735	196	2568	184	3591	172	4688	—
300	234	1549	228	1844	216	2725	204	3806	192	4969	—

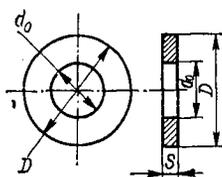
Примечания: 1. В скобках значения для болтов, поставляемых по «Сокращенному сортовику крепежных изделий для строительных стальных конструкций». 2. После допуска резьбы: для болтов — 8g, для гаек — 7H, 3. Для легких конструкций применяют болты М16, для антенных сооружений — М36, М42, М48. 4.  $l$ ,  $l_1$  — см. эскиз к табл. VII.19.

Т а б л и ц а VII.21. Гайки высокопрочные (нормальной точности) по ГОСТ 22354—77\*



Номинальный диаметр резьбы $d$ , мм	Параметры гайки, мм				Теоретическая масса 1000 шт. гаек, кг
	размер «под ключ» $S$	шаг резьбы	высота $H$	диаметр описанной окружности $D$ , не менее	
16	27	2	15	29,9	50
18	30	2,5	16	33,3	66
20	32	2,5	18	35	80
22	36	2,5	19	39,6	108
24	41	3	22	45,2	171
27	46	3	24	50,9	224
30	46	3,5	24	50,9	213
36	55	4	29	60,8	368
42	65	4,5	34	72,1	611
48	75	5	38	83,4	921

Примечание. Предельные отклонения для  $H$  и  $S$  — по  $h15$ .



Т а б л и ц а VII.22. Шайбы к высокопрочным болтам (нормальной точности) по ГОСТ 22355—77\*

Номинальный диаметр резьбы болта $d$ , мм	Параметры шайбы, мм			Теоретическая масса 1000 шт. шайб, кг
	диаметр отверстия $d_0$	диаметр шайбы $D$	толщина шайбы $S$	
16	18	37	4	25,8
18	20	39	4	27,6
20	22	44	4	35,8
22	24	50	5 (6)	59,3
24	26	56	5 (6)	75,8
27	30	66	6	127,8
30	33	66	6	140,8
36	39	78	6	168,7
42	45	90	8	299,5
48	52	100	8	359,7

Примечания: 1. Предельные отклонения для  $d_0$  и  $D$  — по  $h14$ . 2. В скобках толщина шайб, применяемых в мостостроении.

Т а б л и ц а VII.23. Определение длины болта в соединениях на высокопрочных болтах

Длина болта <i>l</i> , мм	Толщина пакета в соединениях на высокопрочных болтах диаметром <i>d</i> , мм				
	16	18	20	22	24
40	≤8	—	—	—	—
45	9—18	≤9	—	—	—
50	14—22	10—20	≤10	—	—
55	19—27	15—25	11—20	≤11	—
60	24—32	20—30	16—25	12—25	≤13
65	29—37	25—35	21—30	17—30	14—25
70	34—42	30—40	26—35	22—35	19—30
75	39—47	35—45	31—40	27—40	24—35
80	44—52	40—50	36—45	32—45	29—40
85	49—57	45—55	41—50	37—50	34—45
90	54—62	50—60	46—55	42—55	39—50
95	59—67	55—65	51—60	47—60	44—55
100	64—72	60—70	56—65	52—65	49—60
105	69—77	65—75	61—70	57—70	54—65
110	74—82	70—80	66—75	62—75	59—70
115	79—87	75—85	71—80	67—80	64—75
120	84—92	80—90	76—85	72—85	69—80
125	89—97	85—95	81—90	77—90	74—85
130	94—102	90—100	86—95	82—95	79—90
140	104—112	100—110	96—105	92—105	88—100
150	114—122	110—120	106—115	102—115	98—110
160	118—132	114—130	110—125	106—125	102—120
170	128—142	124—140	120—135	116—135	112—130
180	138—152	134—150	130—145	126—145	122—140
190	148—162	144—160	140—155	136—155	132—150
200	158—172	154—170	150—165	146—165	142—160
220	172—192	174—190	170—185	166—185	162—180
240	198—212	194—210	190—205	186—205	182—200
260	218—232	214—230	210—225	206—225	202—220
280	238—252	234—250	230—245	226—245	222—240
300	258—272	254—270	250—265	246—265	242—260

<i>l</i> , мм	27	30	36	42	48
70	12—25	—	—	—	—
75	17—30	12—25	—	—	—
80	22—35	17—30	—	—	—
85	27—40	22—35	—	—	—
90	32—45	27—40	15—35	—	—
95	37—50	32—45	20—40	—	—

l, мм	27	30	36	42	48
100	42—55	37—50	25—45	—	—
105	47—60	42—55	30—50	20—45	—
110	52—65	47—60	35—55	25—50	—
115	57—70	52—65	40—60	30—55	—
120	62—75	57—70	45—65	35—60	23—55
125	67—80	62—75	50—70	40—65	28—60
130	72—85	67—80	55—75	45—70	33—65
140	82—95	77—90	65—85	55—80	43—75
150	92—105	87—100	75—95	65—90	53—85
160	97—115	91—110	79—105	70—100	57—95
170	107—125	101—120	89—115	80—110	67—105
180	117—135	111—130	99—125	90—120	77—115
190	127—145	121—140	109—135	100—130	87—125
200	137—155	131—150	119—145	110—140	97—135
220	157—175	151—170	139—165	130—160	117—155
240	177—195	171—190	159—185	150—180	137—175
260	197—215	191—210	179—205	170—200	157—195
280	217—235	211—230	199—225	190—220	177—215
300	237—255	231—250	219—245	210—240	197—235

В соединениях на высокопрочных болтах разность толщин стыкуемых деталей, определяемая по линии первого от стыка ряда отверстий, не должна превышать 0,5 мм. При разности толщин от 0,5 до 3 мм на выступающей детали делают скос 1 : 10, при этом образование скосов кислородной и воздушнодуговой резкой не допускается. При разности толщин более 3 мм применяют прокладки из стали той же марки и обработанные с двух сторон тем же способом, что и стыкуемые детали.

Если в соединении наряду с высокопрочными болтами проектом предусмотрена приварка деталей валиковыми швами, ее производят после постановки и затяжки на проектное усилие всех высокопрочных болтов.

Натяжение болтов контролируют по следующим нормам: при количестве болтов в соединении до 5 шт. — 100 %; при количестве болтов 6—20 шт. — не менее 5 болтов; при большем количестве — не менее 25 % болтов в соединении. Если при контроле обнаружится хотя бы один болт, натяжение которого не соответствует заданному, то контролируют все 100 % болтов в соединении, доводя натяжение болтов до требуемого.

В болтах, воспринимающих сдвигающие усилия, резьба должна находиться в стягиваемых элементах на глубине не более 5 мм или половины толщины элемента, прилегающего к гайке.



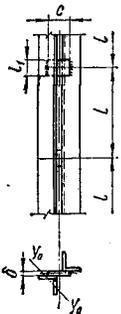
## Раздел VIII НОРМАЛИ

### VIII.1. РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ПРОКЛАДКАМИ СОСТАВНЫХ СЕЧЕНИЙ

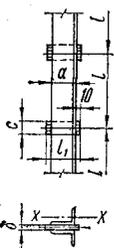
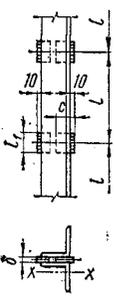
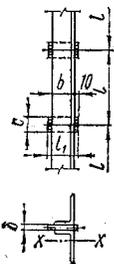
Таблица VIII.1. Расстояния между прокладками составных сечений

Уголки равнополочные по ГОСТ 8509—86		l, мм		Прокладка		
Эскиз	Ширина полок, мм	Сжатие $40i_x$ ( $40i_{y_0}$ )	Растяже- ние $80i_x$ ( $80i_{y_0}$ )	Размеры, мм		Масса, кг
				c × δ	l <sub>1</sub>	
	25	295	590	40×5	50	0,08
	28	340	680	40×6	50	0,09
	32	380	760	40×8	50	0,13
	35	420	840	40×10	50	0,16
	40	485	970	40×5	60	0,09
	45	545	1090	40×6	60	0,11
				40×8	60	0,13
				40×10	60	0,19
	50	610	1220	50×6	80	0,19
	56	685	1370	50×8	80	0,26
	63	770	1540	50×10	80	0,31
				50×12	80	0,38
				50×14	80	0,44
	70	850	1700	60×8	100	0,38
	75	905	1810	60×10	100	0,47
80	975	1950	60×12	100	0,56	
			60×14	100	0,66	
			60×16	100	0,75	
			60×18	100	0,85	
			60×20	100	0,94	
	90	1100	2200	40×8	60	0,13
	100	1190	2380	40×10	60	0,19
	110	1350	2710	40×12	60	0,22
	125	1510	3020	40×14	60	0,26
				40×16	60	0,30
				40×18	60	0,34
				40×20	60	0,38
	140	1720	3440	50×8	80	0,25
	160	1940	3880	50×10	80	0,31
	180	2235	4470	50×12	80	0,38
	200	2400	4800	50×14	80	0,44
				50×16	80	0,50
				50×18	80	0,57
				50×20	80	0,62

Продолжение табл. VIII.1

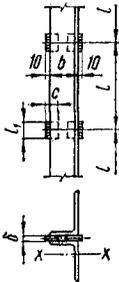
Уголки равнополочные по ГОСТ 8509—86		$l$ , мм		Прокладка						
Эскиз	Ширина полок, мм	Сжатие $40i_x$ ( $40i_{y_0}$ )	Растяже- ние $80i_x$ ( $80i_{y_0}$ )	Размеры, мм		Масса, кг				
				$c \times \delta$	$l_1$					
	220 250	2720 3030	5440 6060	60×12	100	0,56				
				60×14	100	0,60				
				60×16	100	0,75				
				60×18	100	0,85				
				60×20	100	0,94				
				60×25	100	1,17				
	25 28 32 36 40 45	190 220 245 280 310 350	380 440 490 560 620 700	40×4	40	0,05				
				40×5	40	0,06				
				40×6	40	0,08				
				40×8	40	0,10				
				40×10	40	0,13				
					50 56 63	390 440 495	780 880 990	50×6	50	0,12
								50×8	50	0,16
								50×10	50	0,20
								50×12	50	0,24
					70 75 80 90 100 110 125	545 595 625 705 775 870 975	1090 1190 1250 1410 1550 1740 1950	60×8	60	0,23
60×10	60	0,28								
60×12	60	0,34								
60×14	60	0,40								
60×16	60	0,46								
60×18	60	0,51								
60×20	60	0,57								
	140 160 180	1100 1245 1430	2200 2490 2860					60×8	80	0,30
				60×10	80	0,38				
				60×12	80	0,45				
				60×14	80	0,52				
				60×16	80	0,60				
				60×18	80	0,68				
				60×20	80	0,75				
	200 220 250	1555 1740 1950	3110 3480 3900	80×12	100	0,75				
				80×14	100	0,88				
				80×16	100	1,00				
				80×18	100	1,13				
				80×20	100	1,26				
				80×25	100	1,57				

Продолжение табл. VIII.1

Уголки неравнополочные по ГОСТ 8510—86		l		Прокладка		
Эскиз	Полка уголков a × b, мм	сжатие 40l <sub>x</sub>	растяже- ние 80l <sub>x</sub>	Размеры		Масса, кг
				c × b	l <sub>1</sub>	
	25×16	175	350	40×5	50	0,08
	32×20	215	430	40×6	50	0,09
				40×8	50	0,13
				40×10	50	0,16
	40×25	275	550	40×5	60	0,09
	45×28	310	620	40×6	60	0,11
				40×8	60	0,12
				40×10	60	0,19
	50×32	360	720	50×6	80	0,19
	56×36	405	810	50×8	80	0,25
	63×40	435	870	50×10	80	0,31
				50×12	80	0,38
			50×14	80	0,44	
			60×8	100	0,38	
70×45	505	1010	60×10	100	0,47	
75×50	560	1120	60×12	100	0,56	
80×50	560	1120	60×14	100	0,66	
			60×16	100	0,75	
			60×18	100	0,83	
			60×20	100	0,94	
	90×56	625	1250	40×8	60	0,13
	100×63	700	1400	40×10	60	0,19
	110×70	790	1580	40×12	60	0,22
	125×80	895	1790	40×14	60	0,26
				40×16	60	0,30
				40×18	60	0,34
				40×20	60	0,38
	140×90	1025	2050	50×8	80	0,25
	160×100	1120	2240	50×10	80	0,31
				50×12	80	0,38
				50×14	80	0,44
				50×16	80	0,50
			50×18	80	0,57	
			50×20	80	0,63	
	25×16	310	620	40×4	40	0,05
	32×20	400	800	40×5	40	0,06
	40×25	500	1000	40×6	40	0,08
				40×8	40	0,10
				40×10	40	0,13
	45×28	565	1130	40×5	50	0,08
	50×32	635	1270	40×6	50	0,09
	56×36	705	1410	40×8	50	0,13
				40×10	50	0,16

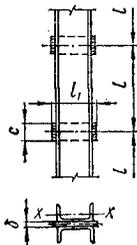
Продолжение табл. VIII.1

Уголки неравнополочные по ГОСТ 8510—86		l		Прокладка		Масса, кг
Эскиз	Полка уголков, a × b, мм	сжатие 40i <sub>x</sub>	растяже- ние 80i <sub>x</sub>	Размеры		
				c × δ	l <sub>1</sub>	
мм						
	63×40	785	1570	40×5	60	0,09
	70×45	890	1780	40×6	60	0,11
	70×45	890	1780	40×8	60	0,13
	75×50	940	1880	40×10	60	0,19
	80×50	1020	2040	50×6	80	0,19
	80×50	1020	2040	50×8	80	0,25
	90×56	1140	2280	50×10	80	0,31
	100×63	1260	2520	50×12	80	0,38
				50×14	80	0,44
				60×8	100	0,38
	110×70	1400	2800	60×10	100	0,47
	125×80	1580	3160	60×12	100	0,56
				60×14	100	0,60
				60×16	100	0,75
				60×18	100	0,85
				60×20	100	0,94

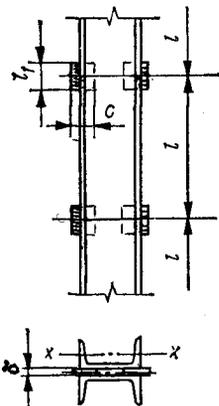


140×90	1790	3580	40×8	60	0,13
160×100	2030	4060	40×10	60	0,19
180×110	2300	4600	40×12	60	0,23
200×125	2550	5100	40×14	60	0,26
			40×16	60	0,30
			40×18	60	0,34
			40×20	60	0,38

Швеллеры по ГОСТ 8240—72*		l, мм		Прокладка		Масса, кг
Эскиз	№ швел- лера	сжатие 40i <sub>x</sub>	растяже- ние 80i <sub>x</sub>	Размеры, мм		
				c × δ	l <sub>1</sub>	
	5	380 (390)	760 (780)	50×6	80	0,19
	5	380 (390)	760 (780)	50×8	80	0,25
	6,5	435 (445)	870 (890)	50×10	80	0,31
	6,5	435 (445)	870 (890)	50×12	80	0,38
	6,5	435 (445)	870 (890)	60×8	100	0,38
	8	475 (495)	950 (990)	60×10	100	0,47
	8	475 (495)	950 (990)	60×12	100	0,56
	8	475 (495)	950 (990)	60×14	100	0,66
	8	475 (495)	950 (990)	60×16	100	0,75



Продолжение табл. VIII.1

Швеллеры по ГОСТ 8240—72*		l, мм		Прокладка		
Эскиз	№ швеллера	сжатие 40l <sub>x</sub>	растяж- ние 80l <sub>x</sub>	Размеры, мм		Масса, кг
				c × δ	l <sub>1</sub>	
	10	550	1100	40×8	60	0,15
		(575)	(1150)	40×10	60	0,19
	12	615	1230	40×12	60	0,22
		(650)	(1300)	40×14	60	0,26
	14	680	1360	50×8	80	0,25
		(720)	(1440)			
	14a	735	1470	50×8	80	0,25
		(780)	(1560)			
	16	750	1500	50×8	80	0,25
		(800)	(1720)			
	16a	805	1610	50×8	80	0,25
		(860)	(1720)	50×8	80	0,25
	18	815	1630	50×10	80	0,31
		(880)	(1760)	50×12	80	0,38
	18a	870	1740	50×14	80	0,44
		(940)	(1880)	50×16	80	0,50
	20	880	1760	50×18	80	0,57
		(995)	(1910)	50×20	80	0,63
	20a	940	1880	—	—	—
		(1015)	(2030)			
22	950	1900	—	—	—	
	(1030)	(2060)				
22a	1020	2040	—	—	—	
	(1110)	(2220)				
24	1040	2080	—	—	—	
	(1140)	(2280)				
24a	1110	2220	—	—	—	
	(1210)	(2420)				
27	1090	2180				
	(1195)	(2390)	60×10	100	0,47	
30	1135	2270	60×12	100	0,96	
	(1245)	(2490)	60×14	100	0,66	
			60×16	100	0,75	
			60×18	100	0,85	
			60×20	100	0,94	
			60×25	100	1,17	
40	1290	2580	—	—	—	
	(1400)	(2800)				

Примечания: 1. В пределах сжатого элемента следует ставить не менее двух прокладок. 2. Размеры в скобках даны для швеллеров с параллельными полками. 3. Материал прокладок — сталь марки ВСт3кп2 по ГОСТ 380—88.

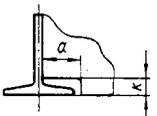
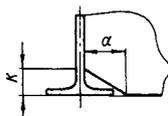
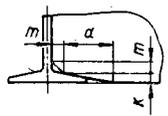
### VIII.2. ВЫРЕЗЫ ПОД ПОЛКИ ШВЕЛЛЕРОВ И ДВУТАВРОВ

Т а б л и ц а VIII.2. Размеры вырезов под полки швеллеров по ГОСТ 8240—72\*

Номер швеллера	Тип I		Тип II			Тип III			Тип IV	
	Размеры, мм									
	a	k	a	k	m	a	k	m	a	k
5	30	15	79	8	6	30	7	6	50	25
6,5	35	15	84	9	6	35	8	6	50	25
8	40	15	85	9	7	40	8	7	50	25
10	50	20	90	9	7	45	8	7	60	30
12	50	20	95	10	8	50	8	8	70	35
14	55	20	100	10	8	55	9	8	70	35
14a	60	20	110	11	8	60	9	8	80	40
16	60	20	105	11	9	60	9	9	80	40
16a	65	20	115	12	9	65	9	9	80	40
18	65	20	110	11	9	70	9	9	90	45
18a	70	20	120	12	9	75	10	9	90	45
20	75	25	120	12	10	75	10	10	90	45
20a	75	25	125	13	10	80	10	10	100	50
22	80	25	125	13	10	80	10	10	100	50
22a	85	25	135	14	10	85	11	10	110	55
24	85	25	135	14	11	90	11	11	110	55
24a	90	25	140	14	11	95	11	11	110	55
27	90	25	140	14	11	95	11	11	110	55
30	95	30	150	15	12	100	11	12	130	65
40	110	36	175	18	15	110	14	15	140	70

Т а б л и ц а VIII.3. Размеры вырезов под полки двутавров по ГОСТ 8239—72\*

Номер профиля	Тип I		Тип II		Тип III		
	Размеры, мм						
	a	k	a	k	a	k	m
10	26	15	40	20	75	9	8
12	30	20	50	25	75	9	8
14	35	20	50	25	75	9	8
16	40	20	50	25	90	11	10
18	45	20	60	30	90	11	10
18a	50	20	60	30	90	11	10
20	50	20	60	30	90	11	10
20a	60	30	70	35	110	13	10

Номер профиля							
	Размеры, мм						
	a	k	a	k	a	k	m
22	60	30	70	35	110	13	10
22a	60	30	70	35	110	13	10
24	60	25	70	35	110	13	10
24a	60	25	80	40	110	13	12
27	60	25	80	40	115	14	12
27a	65	25	80	40	115	14	12
30	70	30	80	40	115	14	12
30a	70	30	90	45	125	15	12
33	70	30	90	45	125	15	15
36	70	30	90	45	150	18	15
40	80	40	100	50	150	18	15
45	80	40	100	50	165	20	15
50	80	40	100	50	165	20	20
55	90	40	110	55	190	23	20
60	90	40	120	60	190	23	20

### VIII.3. СТЫКИ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ПРОКАТНЫХ И ГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ

Нормали стыков разработаны для статических нагрузок при применении ручной дуговой сварки, выполняемой электродами Э42, Э42А —  $R_{\omega f} = 180$  МПа (1850 кгс/см<sup>2</sup>), Э50, Э50А —  $R_{\omega f} = 215$  МПа (2200 кгс/см<sup>2</sup>) по ГОСТ 9467—75\*, а также полуавтоматической сваркой электродами типа Э50, Э50А —  $R_{\omega f} = 215$  МПа (2200 кгс/см<sup>2</sup>) по ГОСТ 9467—75\* маркой проволоки ПП-АН8,  $\beta_f = 0,7$ ;  $\gamma_{\omega f} = 1$ ;  $\gamma_c = 1$  для элементов из углеродистых и низколегированных сталей.

Принятые расчетные сопротивления  $R_y$  стыкуемых элементов и стыковых уголков указываются в таблицах (значения указаны максимальными в соответствии со СНиП II-23-81\*), расчетные сопротивления  $R_y$  стыковых накладок приняты максимальными для соответствующих марок сталей и толщин проката.

Стыковые накладки приняты: для элементов из углеродистых сталей — из углеродистой, для элементов из низколегированной — из низколегированной. Расчетные сопротивления и марки стали для стыков указаны в табл. VIII.4. Стыки разработаны для конструкций, возводимых в районах с расчетными температурами наружного воздуха не ниже —40 °С.

Площадь стыковых накладок определена с округлением до 5 мм по формуле  $A \geq A_s R_{y_s} / R_{y_n}$ ;

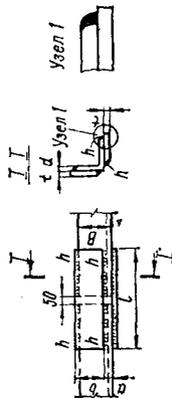
Длина стыковой накладки определена с округлением до 10 мм по формуле  $l \geq A_s R_{y_s} / (0,7 K_f R_{\omega_f} n) + 8$ ,

где  $A_s$  — площадь стыкуемого элемента,  $R_{y_s}$ ,  $R_{y_n}$  — расчетные сопротивления соответственно стыкуемых элементов и накладок;  $K_f$  — катеты угловых швов;  $R_{\omega_f}$  — расчетные сопротивления угловых швов срезу (условному) по металлу шва;  $n$  — количество швов, воспринимающих несущую способность стыкуемого элемента ( $A_s R_{y_s}$ ).

Т а б л и ц а VIII.4. Расчетные сопротивления и марки сталей, принятых для расчета стыков

ГОСТ	Марка стали	Прокат	Толщина	$R_y$	
				max	min
<i>Углеродистая сталь</i>					
	ВСт3кп2; ВСт3псб; ВСт3сп5	Лист	4—20	—	2200
ГОСТ 23570 — 79; ГОСТ 380—88	ВСт3пс; ВСт3сп; ВСт3Гпс	»	21—40	—	2100
	ВСт3кп2; ВСт3псб; ВСт3сп5; ВСт3Гпс5	Фасон	4—20	2450	—
	ВСт3сп; ВСт3Гпс; ВСт3кп2	»	21—40	2250	—
<i>Низколегированная сталь</i>					
ГОСТ 19282—73*	14Г2; 09Г2; 09Г2С; 10Г2С1; 15ХСНД	Лист »	4—20 21—32	— —	2950 2850
	09Г2С; 10Г2С1	»	33—60	—	2650
ГОСТ 19281—73*	14Г2; 09Г2; 09Г2С; 10Г2С1; 15ХСНД 14Г2; 09Г2; 09Г2С; 10Г2С1; 15ХСНД 14Г2; 09Г2; 09Г2С; 10Г2С1	Фасон »	4 5—9	3450 3350	— —
		»	10—20	3250	—
		»	21—32	3150	—
	10Г2С1	»	33—60	3150	—

Таблица VIII.5. Стыки элементов из одиночных равнополочных уголков по ГОСТ 8509—86

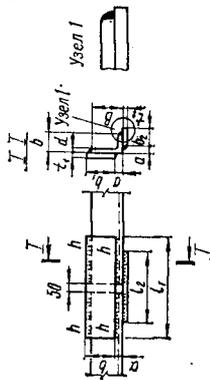


Уголки		Стыковые накладки из сталей										
В	d	углеродистой					низколегированной					
		Сечение накладки b X l	При электродах Э42, Э42А		При электродах Э50, Э50А		R <sub>y</sub> уголков, МПа (кг/см <sup>2</sup> )	Сечение накладки b X l	При электродах Э50, Э50А		Шов h	a
			l	масса, кг	l	масса, кг			l	масса, кг		
мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм
45	4	50×4	190	0,3	180	0,3	340 (3450)	50×5	210	0,4	3	10
45	5	50×5	190	0,4	170	0,3	330 (3350)	50×5	200	0,4	4	10
50	4	50×5	210	0,4	190	0,4	340 (3450)	50×5	230	0,4	3	10
50	5	50×6	200	0,5	180	0,4	330 (3350)	50×6	220	0,5	4	10
50	6	50×6	230	0,5	210	0,5	330 (3350)	50×6	260	0,6	4	10
56	4	60×5	220	0,5	200	0,5	340 (3450)	60×5	250	0,6	3	10
56	5	60×5	210	0,5	190	0,5	330 (3350)	60×5	230	0,5	4	10
63	4	60×5	240	0,6	180	0,4	340 (3450)	60×5	270	0,6	3	10
63	5	60×6	230	0,7	210	0,6	330 (3350)	60×6	250	0,7	4	10
63	6	70×6	220	0,7	200	0,7	330 (3350)	70×8	240	1,1	5	10
70	4,5	70×5	280	0,8	250	0,7	340 (3450)	70×6	320	1,1	3	10
70	5	70×6	250	0,8	220	0,7		70×6	270	0,9	4	10
70	6	75×6	240	0,8	220	0,8		75×6	260	0,9	5	10
70	7	70×8	230	0,9	210	1,0		70×8	260	1,0	6	10
70	8	75×8	230	1,1	210	1,0		75×8	250	1,2	7	10
75	5	80×5	260	0,8	230	0,7		80×6	290	1,0	4	10
75	6	80×6	250	1,0	230	0,9		80×6	280	1,1	5	10
75	7	75×8	250	1,2	220	1,0	330 (3350)	75×8	270	1,3	6	10
75	8	80×8	240	1,2	210	1,1		80×8	260	1,3	7	10

Уголки		Стыковые накладки из сталей												
В	d мм	углеродистой					низколегированной							
		R <sub>y</sub> уголков, МПа (кг/см <sup>2</sup> )		Сечение накладок b × l мм		При электродах Э42, Э42А l	Э50, Э50А l		R <sub>y</sub> уголков, МПа (кг/см <sup>2</sup> )	Сечение накладок b × l мм		При элект- родах Э50, Э50А l	Шов h мм	a мм
		l	масса, кг	l	масса, кг		l	масса, кг						
75	9	240 (2450)	75×10	240	1,4	210	1,2	260	1,5	8	10			
80	5,5		80×6	290	1,1	260	1,0	320	1,2	4	10			
80	6		85×6	260	1,0	240	1,0	290	1,5	5	10			
80	7		80×8	260	1,3	230	1,2	280	1,4	6	10			
80	8		85×8	250	1,3	230	1,2	280	1,5	7	10			
90	6		90×8	290	1,5	250	1,4	320	1,8	5	10			
90	7		90×8	280	1,8	250	1,4	310	1,8	6	10			
90	8		90×10	270	1,9	240	1,7	300	2,1	7	10			
90	9		90×10	270	1,9	240	1,7	300	2,1	8	10			
100	6,5		100×8	330	2,1	290	1,8	360	2,3	5	10			
100	7		100×8	300	1,9	270	1,7	330	2,1	6	10			
100	8		100×10	300	2,4	260	2,0	330	2,6	7	10			
100	10		100×12	290	2,7	260	2,5	310	2,9	9	10			
100	12		105×12	310	3,1	270	2,7	330	3,3	10	15			
100	14		105×14	290	3,4	260	3,0	320	3,7	12	15			
100	16	240 (2450)	105×16	290	3,8	250	3,3	320 (3250)	4,1	14	20			
110	7		110×8	330	2,3	290	2,0	360	2,5	6	10			
110	8		110×10	330	2,8	280	2,4	330 (3350)	3,0	7	10			
125	8		130×10	350	3,6	310	3,2	390	4,0	7	10			
125	9		130×10	350	3,6	300	3,1	380	3,9	8	10			
125	10		130×12	340	4,2	300	3,7	370	4,5	9	15			
125	12		130×14	360	5,2	310	5,3	390	4,8	10	15			

125	14	130×16	350	5,7	310	5,1	320 (3250)	130×14	380	5,4	12	20
125	16	130×16	340	5,5	300	4,9		130×16	370	6,0	14	20
140	9	140×10	380	4,2	330	3,6	330 (3350)	140×10	420	4,6	8	10
140	10	140×12	370	4,9	330	4,4		140×12	410	5,4	9	15
140	12	140×14	390	6,0	340	5,2		140×14	430	6,6	10	15
160	10	165×12	420	6,5	360	5,6		165×12	450	7,0	9	15
160	11	165×12	450	7,0	390	6,0		165×12	490	7,6	9	15
160	12	165×14	440	8,0	380	6,9		165×14	480	8,7	10	15
160	14	165×16	450	9,3	370	7,7		165×16	470	9,8	12	15
160	16	165×16	420	8,7	370	7,7	320 (3250)	165×18	450	10,5	14	20
160	18	165×20	410	10,7	350	9,1		165×18	450	10,5	16	20
160	20	165×20	400	10,4	350	9,1		165×20	440	11,4	18	20
180	11	185×12	490	8,6	430	7,5	240 (2450)	185×12	590	9,4	9	15
180	12	185×14	480	9,8	420	8,5		185×14	530	10,8	10	15
200	12	200×14	530	11,6	460	10,0		200×14	580	12,3	10	15
200	13	200×14	520	11,4	450	9,8		200×14	570	12,5	11	15
200	14	205×16	510	13,2	450	11,7		205×16	560	14,5	12	25
200	16	205×18	500	14,5	440	12,7		205×18	550	15,9	14	20
200	20	210×20	490	16,1	430	14,2		210×20	530	17,5	18	20
200	25	210×24	500	19,8	430	17,0	310 (3150)	210×25	570	23,4	20	25
200	30	210×30	570	28,2	490	24,2	310 (3150)	210×30	660	32,6	20	25
220	14	230×16	560	18,2	490	14,2	320 (3250)	230×16	610	17,7	12	15
220	16	230×16	550	15,9	480	13,8		230×18	600	19,5	14	20
250	16	250×18	620	22,0	530	18,7		250×18	670	23,6	14	20
250	18	250×20	600	23,5	520	20,4		250×20	660	25,9	16	20
250	20	250×22	600	25,9	490	21,1		250×22	650	28,0	18	20
250	20	250×24	550	25,8	470	22,1		250×25	630	30,7	20	25
250	25	250×28	610	33,6	520	28,5	310 (3150)	250×30	700	42,8	20	25
250	28	260×28	660	37,9	570	32,8		260×30	770	47,2	20	25
250	30	260×30	700	42,8	600	36,9		260×30	810	49,5	20	25

Таблица VIII.6. Стыки элементов из одиночных неравнополочных уголков по ГОСТ 8510—86

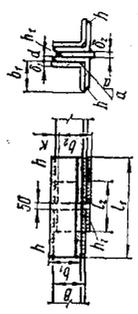


Уголки		Стыковые накладки на большей полке из стали											
		углеродистой					низколегированной						
B × b	d	R <sub>y</sub> уголков, МПа (кг/см <sup>2</sup> )	b <sub>1</sub> × t <sub>1</sub>	При электродах Э42, Э42А		Э50, Э50А		R <sub>y</sub> уголков, МПа (кг/см <sup>2</sup> )	b <sub>1</sub> × t <sub>1</sub>	При электродах Э50, Э50А		Шов	а
				l <sub>1</sub>	Мас. г.	l <sub>1</sub>	Мас. г.			l <sub>1</sub>	Мас. г.		
мм		мм		мм		мм		мм		мм		мм	
45×28	4		50×4	200	0,3	180	0,3	340 (3450)	50×5	210	0,4	3	10
50×32	4		55×4	210	0,4	190	0,3		50×5	230	0,5	3	10
56×36	4		60×5	230	0,5	200	0,5		60×5	250	0,6	3	10
56×36	5		60×5	230	0,5	200	0,5	330 (3350)	60×5	230	0,5	4	10
63×40	4		70×4	240	0,5	210	0,5	340 (3450)	60×5	270	0,6	3	10
63×40	5	240 (2450)	70×5	240	0,7	210	0,6		60×6	250	0,7	4	10
63×40	6		70×6	220	0,7	200	0,7		60×8	240	0,9	5	10
63×40	8		70×8	220	1,0	200	0,9	330 (3350)	70×8	230	1,0	7	10
70×45	5		75×6	260	0,9	220	0,8		70×6	270	0,9	4	10
75×50	5		80×6	260	1,0	230	0,9		75×6	290	1,0	4	10
75×50	6		80×6	260	1,0	230	0,9		80×8	280	1,4	5	10
75×50	8		80×8	260	1,3	220	1,1		80×10	260	1,6	7	10

80×50	5	80×6	270	1,0	240	0,9	330 (3350)	80×6	300	1,1	4	10
80×50	6	80×8	270	1,4	240	1,2		80×8	290	1,5	5	10
90×56	5,5	90×6	310	1,3	280	1,2		95×6	350	1,6	4	10
90×56	6	90×8	240	1,3	250	1,4		90×8	320	1,8	5	10
90×56	8	90×10	280	2,0	250	1,8		90×10	300	2,1	7	10
100×63	6	100×8	320	2,0	270	1,7		100×8	340	2,1	5	10
100×63	7	100×8	300	1,9	260	1,6		100×8	330	2,1	6	10
100×63	8	100×10	300	2,3	260	2,0		100×10	330	2,6	7	10
100×63	10	100×12	280	2,6	250	2,4	320 (3250)	105×10	310	2,6	9	15
110×70	6,5	110×8	350	2,4	310	2,1	330 (3350)	110×8	390	2,7	5	10
110×70	8	110×10	320	2,8	280	2,4		110×10	350	3,0	7	10
125×80	7	130×8	350	2,9	310	2,5		125×8	400	3,1	6	10
125×80	8	130×10	350	3,6	310	3,2		125×10	390	3,8	7	10
125×80	10	130×12	350	4,3	300	3,7	320 (3250)	125×12	370	4,4	9	15
125×80	12	130×14	350	5,0	310	4,4	320 (3250)	130×12	390	4,8	10	15
140×90	8	140×10	380	4,2	330	3,6	330 (3350)	140×10	430	4,7	7	10
140×90	10	140×12	380	5,0	330	4,4	320 (3250)	140×12	400	5,3	9	15
160×100	9	160×10	420	5,3	360	4,5	330 (3350)	160×10	470	5,9	8	10
160×100	10	160×12	410	6,2	360	5,4	320 (3250)	160×12	450	6,8	9	15
160×100	12	160×14	430	7,5	380	6,7		160×14	480	8,4	10	15
180×110	10	180×12	460	7,8	400	6,8		160×16	460	9,2	12	15
180×110	12	180×14	480	9,5	420	8,3		180×12	480	8,1	9	15
200×125	11	200×12	540	10,2	470	8,8	320 (3250)	180×14	530	10,5	10	15
200×125	12	200×14	530	11,6	460	10,1		200×12	590	11,1	9	15
200×125	14	200×16	520	13,0	450	11,3		200×14	580	12,7	10	15
200×125	16	200×18	500	14,1	440	12,4		200×16	560	14,0	12	15
								200×18	550	15,5	14	20

Уголок		Стыковые накладки по меньшей полке из стали											
В × b	d	углеродистой					низколегированной						
		R <sub>н</sub> уголков, МПа (кг/см <sup>2</sup> )	b <sub>2</sub> × l <sub>2</sub>	Электроды		масса, кг	R <sub>н</sub> уголков, МПа (кг/см <sup>2</sup> )	b <sub>2</sub> × l <sub>2</sub>	Электроды		ψ во II	D	
Э42, Э42А	Э50, Э50А			Э50, Э50А	Э50, Э50А								
мм		мм		мм	мм		мм		мм		мм		
45×28	4	240 (2450)	30×4	160	0,2	140	0,1	340 (3450)	30×5	160	0,2	3	10
50×32	4		35×4	170	0,2	150	0,2		35×5	180	0,2	3	10
56×36	4	240 (2450)	40×5	180	0,3	160	0,3	40×5	190	0,3	3	10	
56×36	5		40×5	180	0,3	160	0,3	40×5	180	0,3	4	10	
63×40	4	240 (2450)	45×4	200	0,3	170	0,2	40×5	200	0,3	3	10	
63×40	5		45×5	180	0,3	170	0,3	40×6	190	0,4	4	10	
63×40	6	240 (2450)	45×6	180	0,4	170	0,4	40×8	180	0,5	5	10	
63×40	8		45×8	180	0,5	150	0,4	45×8	180	0,5	7	10	
70×45	5	240 (2450)	45×6	200	0,4	180	0,4	45×6	200	0,4	4	10	
75×50	5		50×6	200	0,5	190	0,4	50×6	220	0,5	4	10	
75×50	6	240 (2450)	55×6	200	0,5	180	0,5	50×8	210	0,5	5	10	
75×50	8		55×8	180	0,6	170	0,6	50×10	200	0,8	7	10	
80×50	5	240 (2450)	50×6	210	0,5	190	0,5	50×6	220	0,5	4	10	
80×50	6		50×8	210	0,7	180	0,6	50×8	210	0,7	5	10	
90×56	5,5	240 (2450)	60×6	270	0,6	200	0,6	60×6	250	0,7	4	10	
90×56	6		60×8	210	0,8	190	0,7	60×8	230	0,9	5	10	
90×56	8	240 (2450)	60×10	210	1,0	190	0,9	60×10	210	1,0	7	10	
100×63	6		65×8	220	0,9	200	0,8	60×8	250	0,9	5	10	
100×63	7	240 (2450)	65×8	220	0,9	200	0,8	60×8	240	0,9	6	10	
100×63	8		65×10	220	1,1	200	1,0	60×10	230	1,1	7	10	
100×63	10	240 (2450)	65×12	220	1,3	190	1,2	65×10	220	1,1	9	15	
110×70	6,5		70×8	250	1,1	230	1,0	70×8	280	1,2	5	10	

110×70	8	70×10	240	1,3	210	1,2	330 (3350)	70×10	250	1,4	7	10
125×80	7	80×8	260	1,3	230	1,2		80×8	280	1,4	6	10
125×80	8	80×10	260	1,6	230	1,4		80×10	280	1,8	7	10
125×80	10	80×12	260	2,0	230	1,7		80×12	260	2,0	9	15
125×80	12	80×14	260	2,3	230	2,0	320 (3250)	85×12	270	2,2	10	15
140×90	8	90×10	280	2,0	250	1,8		90×10	300	2,1	7	10
140×90	10	90×12	280	2,4	240	2,0	330 (3350)	90×12	290	2,5	9	15
160×100	9	100×10	290	2,3	260	2,0	330 (3350)	100×10	360	2,8	8	10
160×100	10	100×12	290	2,7	260	2,4		100×12	310	2,9	9	15
160×100	12	100×14	300	3,3	270	3,0	240 (2450)	100×14	330	3,6	10	15
160×100	14	100×16	300	3,8	280	3,5		100×16	320	4,0	12	15
180×110	10	110×12	310	3,2	280	2,9		110×12	330	3,4	9	15
180×110	12	110×14	330	4,0	290	3,5		110×14	350	4,2	10	15
200×125	11	125×12	360	4,1	320	3,8		125×12	400	4,7	9	15
200×125	12	125×14	360	5,0	300	4,1	320 (3250)	125×14	390	5,4	10	15
200×125	14	125×16	360	5,7	310	4,9		125×16	380	6,0	12	15
200×125	16	125×18	340	6,0	300	5,3		125×18	370	6,5	14	20



Т а б л и ц а VIII.7. Стыки элементов из парных равнополочных уголков по ГОСТ 8509—86

Уголки		Стыковые уголки из стали													
В	d	углеродистой					низколегированной								
		при электродах Э42, Э42А		Э60, Э60А			при электродах Э60, Э60А								
мм		h <sub>1</sub> , мм	масса, кг	h <sub>1</sub> , мм	масса, кг	R <sub>п</sub> уголков, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	R <sub>п</sub> уголков, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	l <sub>1</sub> , мм	масса, кг	Шов h	a	Шов h <sub>1</sub>	k	b <sub>2</sub>	l <sub>2</sub>
45	4	300	0,8	270	0,7	340 (3450)	340	0,9	3	3	4	5	50	150	
50	5	290	1,0	260	0,9	330 (3350)	320	1,1	3	3	4	5	50	150	
	4	330	1,0	290	0,9	340 (3450)	380	1,2	3	3	4	5	50	150	

Продолжение табл. VIII.7

Уголки		Стыковые уголки из стали										мм					
В	d	углеродистой					низколегированной					Шов h	a	Шов h <sub>1</sub>	k	b <sub>2</sub>	l <sub>2</sub>
		R <sub>y</sub> уголков, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )		при электродах Э42, Э42А		Э50, Э50А	R <sub>y</sub> уголков, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )		при электродах Э50, Э50А		масса, кг						
мм		l <sub>1</sub> , мм	масса, кг	l <sub>1</sub> , мм	масса, кг	l <sub>1</sub> , мм	масса, кг	l <sub>1</sub> , мм	масса, кг	l <sub>1</sub> , мм	масса, кг						
56	5	240 (2450)	310	1,2	280	1,1	330 (3350)	350	1,3	4	3	4	5	50	150		
	6		370	2,1	330	1,4	330 (3350)	410	2,4	4	3	4	5	50	150		
	4		360	1,2	320	1,1	340 (3450)	450	1,4	4	4	4	5	60	150		
	5		340	1,4	300	1,3	330 (3350)	380	1,6	4	4	4	5	60	150		
	4		400	1,6	350	1,4	340 (3450)	460	1,8	4	4	4	5	70	150		
	5		370	1,8	330	1,6	330 (3350)	420	2	4	4	4	5	70	150		
	6		360	2,1	320	1,8		400	2,3	5	4	4	6	70	150		
	70	4,5		480	2,3	410	2,0	340 (3450)	550	2,7	3	4	5	70	150		
75	5		410	2,2	360	1,9		460	2,5	4	4	5	70	150			
	6		390	2,5	340	2,2		440	2,8	5	4	5	6	70	150		
	7		380	2,8	330	2,4		430	3,2	6	4	5	6	70	150		
	8		370	3,1	330	2,8		420	3,5	7	4	5	6	70	150		
	5		430	2,5	380	2,2	330 (3350)	490	2,8	4	5	5	6	80	150		
	6		360	2,5	340	2,3		470	3,2	5	5	5	6	80	150		
	7		400	3,2	350	2,8		460	3,6	6	5	5	6	80	150		
	8		390	3,5	350	3,2		430	3,9	7	5	5	6	80	150		
80	9		390	3,9	340	3,4		440	4,5	8	5	5	6	80	150		
	5,5		490	3,3	430	2,9		560	3,8	4	5	4	6	80	150		
	6		400	2,9	380	2,8		490	3,6	5	5	5	6	80	150		
	7		420	3,6	360	3,1		470	4,0	6	5	5	6	80	150		
	8		420	4,1	360	3,5		470	4,5	7	5	5	6	80	150		
	6		420	3,5	370	3,1		550	4,6	5	6	5	6	90	150		

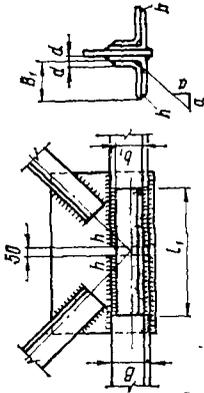
90	7	470	4,5	410	4,0	530	5,1	6	5	6	90
	8	460	5,0	400	4,4	520	5,7	7	5	6	90
	9	450	5,5	390	4,8	510	6,2	8	5	6	90
100	6,5	570	6,0	490	5,2	330 (3350)	6,8	5	5	6	100
	7	520	5,6	450	4,8		6,2	6	5	6	100
	8	510	6,2	440	5,4		7,0	7	5	6	100
	10	540	8,1	470	7,1		8,2	8	5	6	100
	12	520	9,3	450	8,1		10,2	10	6	7	100
	14	500	10,3	430	8,8	320 (3250)	11,4	12	6	7	100
	16	490	11,4	420	9,8		12,6	14	6	7	100
110	7	570	6,8	500	5,9	330 (3350)	7,6	6	5	6	110
	8	580	7,8	470	6,3		8,4	7	5	6	110
125	8	620	9,6	530	8,2		10,8	7	5	6	110
	9	680	11,8	590	10,2		11,8	8	5	6	110
	10	660	12,6	570	10,9	320 (3250)	12,6	8	5	6	110
	12	630	14,3	550	12,5		15,9	10	6	7	130
	14	610	16,0	530	13,9		17,5	12	6	7	130
	16	600	17,8	520	15,4		19,6	14	6	7	130
140	9	670	13,0	580	11,3	330 (3350)	14,8	8	5	6	140
	10	730	15,6	630	13,5		15,7	8	5	6	140
	12	700	17,8	600	15,3		19,6	10	6	7	140
160	10	830	20,5	710	17,5		20,2	8	5	6	160
	11	810	21,9	690	18,7		24,3	9	6	7	160
	12	790	23,2	680	19,9	320 (3250)	25,5	10	6	7	160
	14	770	26,2	670	22,7		28,9	12	6	7	160
	16	750	28,8	640	24,6		31,5	14	6	7	160
	18	730	31,4	630	27,1		34,8	16	7	8	160
	20	720	34,1	620	29,4		37,4	18	7	8	160
180	11	900	27,4	770	23,5		30,5	9	6	6	160
	12	880	29,2	780	25,8		32,5	10	6	7	190

Продолжение табл. VIII.7

Уголки		Стыковые уголки из стали											
В	а	углеродистой					низколегированной						
		$R_p$ уголков, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )		при электродах			$R_p$ уголков, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	при электродах Э50, Э60А		а	Шов $\xi_1$	k	b <sub>3</sub>
мм		Э42, Э42А	масса, кг	l <sub>1</sub> , мм	Э50, Э60А	масса, кг		l <sub>1</sub> , мм	масса, кг				
		l <sub>1</sub> , мм	масса, кг	l <sub>1</sub> , мм	l <sub>1</sub> , мм	масса, кг	l <sub>1</sub> , мм	масса, кг	мм				
200	12	980	36,2	830	30,7	1080	39,9	10	12	6	7	210	200
	13	960	38,3	820	32,7	1060	42,3	11	12	6	7	210	200
	14	950	41,6	810	34,5	1040	44,6	12	12	6	7	210	200
	16	920	44,8	790	38,4	1020	49,5	14	12	6	7	210	200
	20	890	54,0	760	46,2	980	58,9	18	12	7	8	210	200
200	25	900	66,5	770	57,0	1050	77,8	20	12	8	9	210	200
	30	1050	92,0	900	78,8	1230	107,7	20	12	8	9	210	200
220	14	1040	49,3	880	41,7	1150	54,5	12	15	6	7	230	200
	16	1010	54,5	860	46,2	1120	60,2	14	15	6	7	230	200
250	16	1140	70,2	980	60,3	1160	71,4	14	17	6	7	260	200
	18	1120	77,0	960	66,0	1230	84,7	16	17	7	8	260	200
	20	1100	83,8	940	71,7	1220	93,0	18	17	7	8	260	200
220	22	1020	85,0	860	71,5	1180	98,3	20	17	7	8	260	200
	25	1120	105,0	960	90,0	1310	123,1	20	17	8	9	260	200
	28	1240	129,5	960	100,0	1450	151,5	20	17	8	9	260	200
	30	1320	147,5	1120	125,0	1540	171,6	20	17	8	9	260	200

Примечание. Сечение стыковых уголков принято равным сечению стьюкующих.

Т а б л и ц а VIII.8. Стыки элементов из парных равнополочных уголков по ГОСТ 8509—86

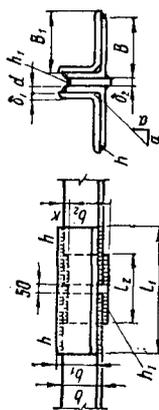


Уголки		Стыковые уголки из стали										
В	d	$B_1 \times b_1 \times d$	углеродистой				низколегированной				Шов h	а
			при электродах Э42, Э42А		при электродах Э50, Э50А		$R_y$ уголков, МПа (кг/см <sup>2</sup> )	при электродах Э50, Э50А		масса, кг		
			$l_1$ , мм	масса, кг	$l_1$ , мм	масса, кг		$l_1$ , мм	масса, кг	$l_1$ , мм	масса, кг	
45	4	45×30×4	300	0,7	270	0,6			340	0,8	3	
45	5	5	290	0,9	260	0,8			320	1,0	4	
50	4	50×35×4	330	0,9	290	0,8			380	1,1	3	
50	5	5	310	1,1	290	0,8			350	1,2	4	
50	6	6	370	2,1	330	1,9			410	2,4	4	
56	4	56×45×4	360	1,1	320	1,0			450	1,3	3	
56	5	5	340	1,3	300	1,2			380	1,4	4	
63	4	63×45×4	400	1,4	320	1,0	240 (2450)		460	1,6	3	
63	5	5	370	1,6	330	1,4			420	1,8	4	
63	6	6	360	1,9	320	1,6			400	2,1	5	
70	4,5	70×50×4,5	480	2,1	410	1,8			550	2,4	3	
70	5	5	410	2,0	360	1,7			460	2,3	4	
70	6	6	390	2,3	340	2,0			440	2,5	5	
70	7	7	380	2,5	330	2,2			430	2,9	6	
70	8	8	370	2,8	330	2,5			420	3,2	7	
75	5	75×55×5	430	2,3	380	2,0			490	2,5	4	
75	6	6	360	2,3	340	2,1			470	2,9	5	

Уголки		Стыковые уголки из стали													
В	d	B <sub>1</sub> × b <sub>1</sub> × d	углеродистой					низколегированной					Шов h	a	
			R <sub>g</sub> уголков, МПа (кг/см <sup>2</sup> )	при электродах Э42, Э42А		Э50, Э50А		R <sub>g</sub> уголков, МПа (кг/см <sup>2</sup> )	при электродах Э50, Э50А		l <sub>1</sub> , мм	масса, кг			
l <sub>1</sub> , мм	масса, кг	l <sub>1</sub> , мм		масса, кг	l <sub>1</sub> , мм	масса, кг	l <sub>1</sub> , мм		масса, кг						
75	7	7	240 (2450)	400	2,9	350	2,5	400	2,9	350	2,5	460	3,3	6	5
75	8	8		390	3,2	350	2,9	390	3,2	350	2,9	430	3,6	7	5
75	9	9		390	3,5	340	3,1	390	3,5	340	3,1	440	3,9	8	5
80	5,5	80 × 60 × 5,5		490	3,0	430	2,6	490	3,0	430	2,6	560	3,3	4	5
80	6	6		400	2,6	380	2,5	400	2,6	380	2,5	490	3,2	5	5
80	7	7		420	3,3	360	2,8	420	3,3	360	2,8	480	3,6	6	5
80	8	8		420	3,7	360	3,2	420	3,7	360	3,2	470	4,1	7	5
90	6	90 × 70 × 6		420	3,2	370	2,8	420	3,2	370	2,8	550	4,1	5	6
90	7	7		470	4,1	410	3,6	470	4,1	410	3,6	530	4,6	6	6
90	8	8		460	4,5	400	4,0	460	4,5	400	4,0	520	5,1	7	6
90	9	9		450	5,0	390	4,3	450	5,0	390	4,3	510	5,6	8	6
100	6,5	100 × 75 × 6,5		570	5,4	490	4,7	570	5,4	490	4,7	640	6,1	5	8
100	7	7		520	5	450	4,3	520	5	450	4,3	580	5,6	6	8
100	8	8		510	5,6	440	4,9	510	5,6	440	4,9	570	6,3	7	8
100	10	10		540	7,3	470	6,4	540	7,3	470	6,4	540	7,4	8	8
100	12	100 × 65 × 12		520	8,4	450	7,3	520	8,4	450	7,3	570	9,2	10	8
100	14	14		500	9,3	430	7,9	500	9,3	430	7,9	550	10,3	12	8
100	16	16		490	10,4	420	8,8	490	10,4	420	8,8	540	11,3	14	8
110	7	110 × 90 × 7		570	6,1	500	5,3	570	6,1	500	5,3	680	6,9	6	8
110	8	8		580	7	470	5,7	580	7	470	5,7	620	7,6	7	8
125	8	125 × 100 × 8		620	8,6	530	7,4	620	8,6	530	7,4	700	9,6	7	9
125	9	9		680	10,6	590	9,2	680	10,6	590	9,2	680	10,6	8	9
125	10	10		660	11,3	570	9,8	660	11,3	570	9,8	660	11,3	8	9

125	12	12	630	12,9	550	11,3			700	14,3	10	9
125	14	14	610	14,4	530	12,5		320 (3250)	670	15,7	12	9
125	16	16	600	16	520	13,9			660	17,6	14	9
140	9	140×110×9	670	11,7	580	10,2		330 (3350)	760	13,3	8	9
140	10	10	730	14	630	12,2		320 (3250)	730	14,1	8	9
140	12	12	700	16,0	600	13,8			770	17,6	10	9
160	10	160×125×10	830	18,5	710	15,8			820	18,2	8	10
160	11	11	810	19,7	690	16,8			900	21,7	9	10
160	12	12	790	20,9	680	17,9			870	23,0	10	10
160	14	14	770	23,6	670	20,4			850	26,0	12	10
160	16	160×115×16	750	25,9	640	22,1			820	28,3	14	10
160	18	18	730	28,3	630	24,4			810	31,3	16	10
160	20	20	720	30,7	620	26,5			790	35,7	18	10
180	11	180×150×11	900	24,7	770	21,2			1000	27,5	9	10
180	12	12	880	26,3	780	23,2			980	28,9	10	10
200	12	200×170×12	980	32,6	830	27,7	240 (2450)		1080	35,9	10	12
200	13	13	960	34,5	820	29,4			1060	38,1	11	12
200	14	200×155×14	950	37,4	810	31,0			1040	40,1	12	12
200	16	16	920	40,3	790	34,6			1020	44,5	14	12
200	20	20	890	48,6	760	41,6			980	53,0	18	12
200	25	200×145×25	900	59,8	770	51,3	220 (2250)		1050	70,0	20	12
200	30	30	1050	82,8	900	70,9		310 (3150)	1230	97,0	20	12
220	14	220×180×14	1040	44,4	880	37,5		320 (3250)	1150	49,0	12	15
220	16	16	1010	49	860	41,6			1120	54,2	14	15
250	16	250×200×16	1140	63,2	980	54,3	240 (2450)		1160	64,8	14	17
250	18	18	1120	69,3	960	59,4			1230	77,0	16	17
250	20	20	1100	74,4	940	64,5			1220	83,7	18	17
250	22	250×190×22	1020	76,5	860	64,3		310 (3150)	1180	78,3	20	17
250	25	25	1120	94,5	960	81,0			1310	110,8	20	17
250	28	28	1240	116,6	960	90,0	220 (2250)		1450	136,6	20	17
250	30	30	1320	132,8	1120	112,5			1540	154,5	20	17

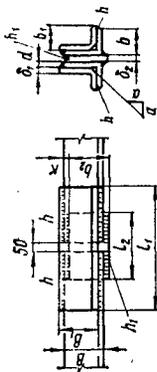
Таблица VII.9. Стыки элементов из парных неравнополочных уголков по ГОСТ 8510—86



Уголки		Стыковые уголки из стали												
		углеродистой при электродах				низколегированной								
В × b	d	Э42, Э42А		Э60, Э60А		R <sub>y</sub> уголков, МПа (кг/см <sup>2</sup> )	при электродах Э60, Э60А		Шов h	a	Шов h <sub>1</sub>	k	b <sub>2</sub>	l <sub>3</sub>
		l <sub>1</sub> , мм	масса, кг	l <sub>1</sub> , мм	масса, кг		l <sub>1</sub> , мм	масса, кг						
45×28	4	260	0,6	240	0,5	240	300	0,7	3	3	4	5	30	150
50×32	4	280	0,7	260	0,6	240 (3450)	320	0,8	3	3	4	5	40	150
56×36	4	310	0,9	280	0,8		350	1,0	3	3	4	5	40	150
56×36	5	290	1,0	270	0,9	330 (3350)	330	1,1	4	3	4	5	40	150
63×40	4	340	1,1	300	1,0	340 (3450)	390	1,2	3	4	4	5	40	150
63×40	5	320	1,3	290	1,1		360	1,4	4	4	4	5	40	150
63×40	6	310	1,4	280	1,3		340	1,6	5	4	5	6	40	150
63×40	8	290	1,8	270	1,6	330 (3350)	320	1,9	7	4	5	6	40	150
70×45	5	350	1,5	320	1,4		390	1,7	4	5	4	5	50	150
75×50	5	370	1,8	340	1,6		420	2,0	4	5	4	5	50	150
75×50	6	360	2,1	330	1,9		400	2,3	5	5	5	6	50	150
75×50	8	340	2,5	310	2,3		380	2,8	7	5	5	6	50	150
80×50	5	400	2,0	350	1,8		430	2,2	4	5	4	5	50	150
80×50	6	370	2,2	340	2,0		410	2,4	5	5	5	6	50	150
90×56	5,5	460	2,8	400	2,5		520	3,2	4	5	4	5	60	150



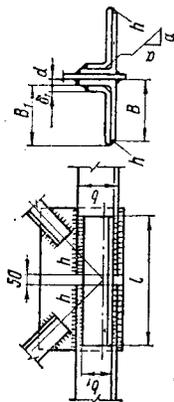
Таблица VIII.10. Стыки элементов из парных неравнополочных уголков по ГОСТ 8510—86



Уголки		Стыковые уголки из стали											
		углеродистой при электродах					низколегированной						
		Э42, Э42А		Э50, Э50А		R <sub>y</sub> уголков, МПа (кг/см <sup>2</sup> )	при электродах Э50, Э50А		а	Шов h <sub>1</sub>	k	b <sub>3</sub>	l <sub>3</sub>
l <sub>1</sub> , мм	масса, кг	l <sub>1</sub> , мм	масса, кг	l <sub>1</sub> , мм	масса, кг								
В X b	d												
	мм												
		4	260	0,6	240	0,5	300	0,7	3	3	4	5	50
	4	280	0,7	260	0,6	320	0,8	3	3	4	5	50	150
	4	310	0,9	280	0,8	350	1	3	3	4	5	60	150
	5	290	1	270	0,9	330	1,1	4	3	4	5	60	150
	4	340	1,1	300	1	390	1,2	3	4	4	5	70	150
	5	320	1,3	290	1,1	360	1,4	4	4	4	5	70	150
	6	310	1,4	280	1,3	340	1,6	5	4	5	6	70	150
	8	290	1,8	270	1,6	320	1,9	7	4	5	6	70	150
	5	350	1,5	320	1,4	390	1,7	4	5	4	5	70	150
	5	370	1,8	340	1,6	420	2,0	4	5	4	5	80	150
	6	360	2,1	330	1,9	400	2,3	5	5	5	6	80	150
	8	340	2,5	310	2,3	380	2,8	7	5	5	6	80	150
	5	400	2	350	1,8	430	2,2	4	5	4	5	90	150
	6	370	2,2	340	2	410	2,4	5	5	5	6	90	150



Таблица VIII.11. Стыки элементов из парных неравнополочных уголков по ГОСТ 8510—86

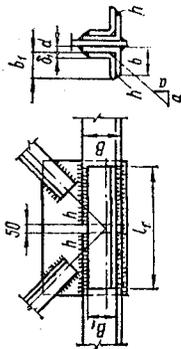


Уголки		Стыковые уголки из стали										Шов $h$	$a$
		углеродистой при электродах				низколегированной		при электродах Э50, Э50А					
$B \times b$	$d$	Э42, Э42А		Э50, Э50А		$R_y$ уголков, МПа (кг/см <sup>2</sup> )		при электродах Э50, Э50А		при электродах Э50, Э50А		мм	кг
		$l$ , мм	масса, кг	$l$ , мм	масса, кг	$R_y$	$R_{yk}$	$l$ , мм	масса, кг	$l$ , мм	масса, кг		
45×28 50×32 56×36	4	45×18×4	0,5	240	0,4	340	300	0,6	3	3	3	3	3
		50×22×4	0,6	260	0,5	340	320	0,7	3	3	3	3	3
		56×25×4	0,8	280	0,7	340	350	0,9	3	3	3	3	3
56×36	5	5	0,9	270	0,8	330	330	1	4	4	4	3	
63×40	4	63×22×4	1	300	0,9	340	390	1,1	3	4	4	4	
63×40 63×40 63×40 70×45 75×50 75×50 75×50 80×50	5	5	1,2	290	1	330	360	1,3	4	4	4	4	
		6	1,3	280	1,2	330	340	1,4	5	4	4	4	
		8	1,6	270	1,4	330	320	1,7	7	4	4	4	
		8	1,3	320	1,3	330	390	1,5	4	5	5	5	
		5	1,6	340	1,4	330	420	1,8	4	5	5	5	
		6	1,9	330	1,7	330	400	2,1	5	5	5	5	
		8	2,3	310	2,1	330	380	2,5	7	5	5	5	
		5	1,8	350	1,6	330	430	2,0	4	5	5	5	

80×50	6	370	2	340	1,8	330 (3350)	410	2,2	5
90×56	5,5	460	2,5	400	2,3		520	2,9	5
90×56	6	370	2,3	360	2,2		470	2,9	5
90×56	8	400	3,1	350	2,8		430	3,4	5
100×63	6	450	3,1	390	2,6		500	3,4	6
100×63	7	430	3,3	380	3,0		490	3,9	6
100×63	8	430	3,9	370	3,3		480	4,3	6
100×63	10	410	4,5	360	4,0	320 (3250)	450	4,9	6
110×70	6,5	520	4,2	450	3,6		580	4,7	6
110×70	8	470	4,6	410	4,0	330 (3350)	520	5,1	6
125×80	7	530	5,3	460	4,6		600	5,9	8
125×80	8	520	5,8	450	5,0		580	6,6	8
125×80	10	510	7,1	440	6,1	320 (3250)	550	7,5	8
125×80	12	530	8,7	460	7,8	320 (3250)	580	9,6	8
140×90	8	570	7,3	490	6,2	330 (3350)	640	8,2	8
140×90	10	560	8,8	480	7,6	320 (3250)	610	9,6	8
160×100	9	630	10	540	8,7	330 (3350)	740	12,0	8
160×100	10	620	11,1	530	9,5		680	12,2	8
160×100	12	650	13,8	570	12,2		720	15,7	8
160×100	14	630	15	550	13,2		700	16,7	8
180×110	10	680	12,9	590	11,2		730	13,9	10
180×110	12	720	16,3	630	14,2		800	18,1	10
200×125	11	820	20	700	17,1		900	21,9	10
200×125	12	810	21,4	690	18,2	320 (3250)	880	23,2	10
200×125	14	780	23,9	680	20,8		850	26	10
200×125	16	760	26,4	650	22,5		840	29,1	10

Примечание.  $R_p$  — утолков из углеродистой стали 240 (2450) МПа (кг/см<sup>2</sup>).

Таблица VIII.12. Стыки элементов из парных неравнополочных уголков по ГОСТ 8510—86



Уголки		Стыковые уголки из стали						Шов <i>h</i>	<i>a</i> мм
<i>B</i> × <i>b</i>	<i>d</i> мм	углеродистой при электродах			низколегированной				
		<i>Э42, Э42А</i>	<i>Э50, Э50А</i>	<i>R<sub>у</sub></i> уголков, МПа (кг/см <sup>2</sup> )	<i>l<sub>1</sub></i> , мм	масса, кг	при электродах <i>Э50, Э50А</i>	<i>l<sub>1</sub></i> , мм	масса, кг
		<i>l<sub>1</sub></i> , мм	масса, кг						
		<i>Э42, Э42А</i>	<i>Э50, Э50А</i>						
		<i>B<sub>1</sub> × b<sub>1</sub> × δ<sub>1</sub></i>							
45×28	4	35×28×4	0,5	240	0,4	300	0,6	3	3
50×32	4	40×32×4	0,6	260	0,5	320	0,7	3	3
50×36	4	45×36×4	0,8	280	0,7	350	0,9	3	3
50×36	5	5	0,9	290	0,8	330	1,0	4	3
63×40	4	45×40×4	1	300	0,9	390	1,1	3	4
63×40	5	5	1,2	290	1	360	1,3	4	4
63×40	6	6	1,3	280	1,2	340	1,4	5	4
63×40	8	8	1,6	270	1,4	320	1,7	7	4
70×45	5	55×45×5	1,3	320	1,3	390	1,5	4	5
75×50	5	55×50×5	1,6	340	1,4	420	1,8	4	5
75×50	6	6	1,9	330	1,7	400	2,1	5	5
75×50	8	8	2,3	310	2,1	380	2,5	7	5
80×50	5	80×35×5	1,8	350	1,6	430	2	4	5
80×50	6	6	2	340	1,8	410	2,2	4	5

90×56	5,5	90×35×5,5	460	2,5	400	2,3	330 (3350)	520	2,9	4	5
90×56	6	8	370	2,3	360	2,2		470	2,9	5	5
90×56	8	8	400	3,1	350	2,8		430	3,4	7	5
100×63	6	100×40×6	450	3,1	390	2,6		500	3,4	5	6
100×63	7	7	430	3,3	380	3		490	3,9	6	6
100×63	8	8	430	3,9	370	3,3		480	4,3	7	6
100×63	10	10	410	4,5	360	4	320 (3250)	450	4,9	9	6
110×70	6,5	110×50×6,5	520	4,2	450	3,6	330 (3350)	580	4,7	5	6
110×70	8	8	470	4,6	410	4		520	5,1	7	6
125×80	7	125×55×7	530	5,3	460	4,6		600	5,9	6	8
125×80	8	8	520	5,8	450	5		580	6,6	7	8
125×80	10	10	510	7,1	440	6,1	320 (3250)	550	7,5	9	8
125×80	12	12	530	8,7	460	7,8	320 (3250)	580	9,6	10	8
140×90	8	140×65×8	570	7,3	490	6,2	330 (3350)	640	8,2	7	8
140×90	10	10	560	8,8	480	7,6	320 (3250)	610	9,6	9	8
160×100	9	160×70×9	630	10	540	8,7	330 (3350)	740	12	8	8
160×100	10	10	620	11,1	530	9,5		680	12,2	9	8
160×100	12	12	650	13,8	570	12,2		720	15,7	10	8
160×100	14	14	630	15,5	550	13,5		700	17	12	8
180×110	10	150×110×10	680	13,7	590	11,8	320 (3250)	730	14,6	9	10
180×110	12	12	720	17	630	15		800	19	10	10
200×125	11	165×125×11	820	20,2	700	17		900	22	9	10
200×125	12	12	810	21,6	690	18,5		880	23,5	10	10
200×125	14	14	780	24,1	680	21,1		850	26	12	10
200×125	16	16	760	26,7	650	22,9		840	29,5	14	10

Примечание.  $R_y$  Уголков из углеродистой стали 240 (2450) МПа (кг/см<sup>2</sup>).

Обработка торцов для  
Г50-Г40  
Г5-Г27

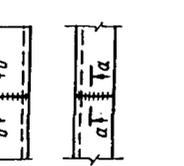
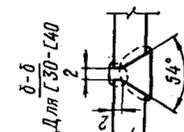
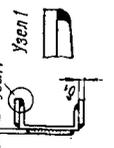
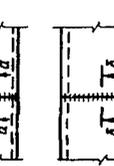
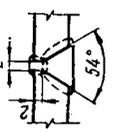
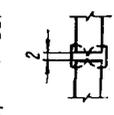
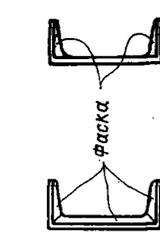
δ-δ  
Для Г5-Г27

α-α  
2

α-α

Узел I

Узел II



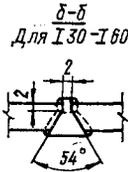
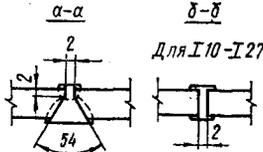
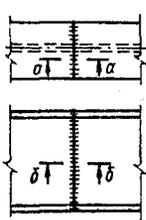
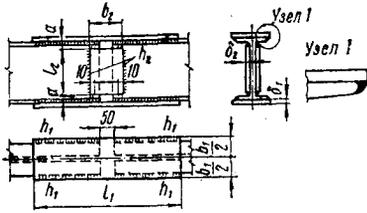
Т а б л и ц а VIII.13. Стыки элементов из швеллеров по ГОСТ 8240—72 \*

Номер швеллера	$b_1 \times \delta_1$ , мм	Стыковые накладки по полкам из стали						Шов		
		углеродистой при' электродах			низколегированной			h	$h_1$	
		Э42, Э42А	Э50, Э50А	при электродах Э50, Э50А	$R_{II}$ швеллеров, МПа (кг/см <sup>2</sup> )	$l_1$ , мм	масса, кг	мм	мм	
5, 5П	35×10	190	0,4	180	0,4	200	0,4	9	4	10
6,5; 5П	40×10	200	0,6	180	0,6	210	0,7	9	4	10
8; 8П	40×10	210	0,7	190	0,6	230	0,7	9	4	10
10; 10П	45×10	230	0,8	210	0,7	250	0,9	9	4	10
12; 12П	55×10	250	1,1	230	1	280	1,2	9	4	10
14; 14П	60×10	280	1,3	240	1,1	300	1,4	9	4	10
14а; 14аП	70×10	290	1,6	260	1,4	330	1,8	9	5	10
16; 16П	70×10	300	1,7	270	1,5	330	1,8	9	4	10
16а; 16аП	75×12	300	2,1	260	1,8	330	2,3	10	5	10
18; 18П	75×12	300	2,1	270	1,9	330	2,3	10	4	10
18а; 18аП	75×12	300	2,1	280	2	350	2,5	10	5	10
20; 20П	75×12	330	2,3	290	2,1	360	2,5	10	4	10
20а; 20аП	80×12	350	2,6	310	2,3	390	2,9	10	5	10

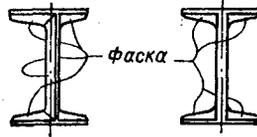
Номер швеллера	$b_1 \times \delta_1$ , мм	Стыковые накладки по стенкам из стали										Шов $h_2$	а	
		углеродистой при электродах					низколегированной							
		Э42, Э42А		Э50, Э50А		$R_{II}$ швеллеров, МПа (кг/см <sup>2</sup> )	при электродах Э50, Э50А		$l_2$ , мм	масса, кг	$l_2$ , мм			масса, кг
		$l_1$ , мм	масса, кг	$l_1$ , мм	масса, кг									
22П	80×12	350	2,6	310	2,3	320 (3250)	380	2,9	10	5	10	5		
22а; 22аП	90×12	380	3,2	330	2,5		420	3,6	10	5	10	5		
24; 24П	95×12	390	3,5	340	3		430	3,8	10	5	10	5		
24а; 24аП	100×14	370	4,0	300	3,3		400	4,4	12	5	10	5		
27; 27П	100×14	330	4,0	330	3,6		410	4,5	12	5	10	5		
30; 30П	100×14	420	4,6	350	3,9		460	5,1	12	5	15	15		
40; 40П	120×16	540	8,2	430	6,5		540	8,2	14	6	14	6		
5; 5П	40×5	100	0,2	100	0,2		100	0,2	4	5	5	5		
6,5; 6,5П	55×5	100	0,2	100	0,2		100	0,2	4	5	5	5		
8; 8П	60×5	100	0,2	100	0,2		100	0,2	4	5	10	10		
10; 10П	80×6	100	0,4	100	0,4		100	0,4	5	10	10	10		
12; 12П	100×6	100	0,5	120	0,5		100	0,5	5	10	10	10		
14; 14П	120×6	120	0,7	120	0,7	330 (3350)	120	0,7	5	10	10	10		
14а; 14аП	120×6	120	0,7	120	0,7		120	0,7	5	10	10	10		
16; 16П	140×6	120	0,8	120	0,8		120	0,8	5	10	10	10		
16а; 16аП	140×6	120	0,8	120	0,8		120	0,8	5	10	10	10		
18; 18П	160×6	120	0,9	120	0,9		120	0,9	5	10	10	10		
18а; 18аП	160×6	120	0,9	120	0,9		120	0,9	5	10	10	10		
20; 20П	180×6	120	1	120	1		120	1	5	10	10	10		
20а; 20аП	180×6	120	1	120	1		120	1	5	10	10	10		
22; 22П	200×6	120	1,1	120	1,1		120	1,1	5	10	10	10		
22а; 22аП	200×6	120	1,1	120	1,1		120	1,1	5	10	10	10		
24; 24П	220×8	140	1,9	140	1,9	320 (3250)	140	1,9	6	10	10	10		
24а; 24аП	220×8	140	1,9	140	1,9		140	1,9	6	10	10	10		
27; 27П	250×8	140	2,2	140	2,2		140	2,2	6	10	10	10		
30; 30П	280×8	140	2,5	140	2,5		140	2,5	7	10	10	10		
40; 40П	370×10	150	4,4	150	4,4		150	4,4	8	15	15	15		

Примечание.  $R_{II}$  уголков из углеродистой стали 240 (2450) МПа (кг/см<sup>2</sup>).

Таблица VIII.14. Стыки элементов из балок двутавровых по ГОСТ 8239—72\*



Обработка торцов для I30-I60 I10-I27



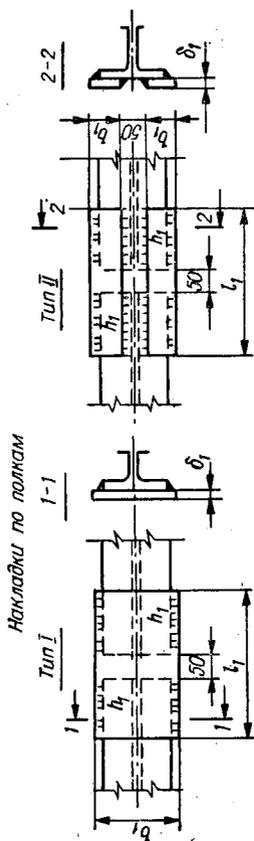
Номер балки	Стыковые накладки по полкам из стали								Шов $h_1$ , мм	
	$b_1 \times \delta_1$ , мм	углеродистый при электродах				низколегированной				
		Э42, Э42А		Э50, Э50А		$R_y$ балок, МПа (кг/см <sup>2</sup> )	при электродах Э50, Э50А			
		$l_1$ , мм	масса, кг	$l_1$ , мм	масса, кг		$l_1$ , мм	масса, кг		
10	80×8	250	1,3	230	1,2	330 (3350)	270	1,4	4	
12	85×8	280	1,5	250	1,3		310	1,7	4	
14	100×8	320	2	280	1,8		350	2,8	5	
16	100×10	350	2,7	310	2,4		390	3,1	5	
18	110×10	390	3,4	340	2,9		430	3,7	5	
18a	120×10	430	4	370	3,5		480	4,5	5	
20	120×10	430	4	380	3,6		480	4,5	5	
20a	130×10	470	4,8	410	4,2		530	5,4	5	
22	130×10	480	4,9	420	4,3		540	5,5	5	
22a	140×10	520	5,7	460	5,1		590	6,5	5	
24	140×10	540	5,9	480	5,3	600	6,6	5		
24a	150×10	590	7	510	6	640	7,5	5		
27	150×10	590	7	510	6	650	7,7	5		
27a	160×12	650	9,7	560	8,4	320 (3250)	710	10,7	5	
30	160×12	660	9,9	570	8,6		720	10,8	5	
30a	170×12	620	9,9	530	8,5		680	10,9	6	
33	170×12	630	10,1	540	8,6		690	11	6	
36	170×14	710	13,2	610	11,3		770	14,4	6	
40	185×14	620	12,6	540	11		680	13,8	8	
45	190×16	680	18,7	580	14,2		740	18,2	8	
50	200×16	760	19	650	18,3		830	20,8	8	
55	210×18	710	21,2	610	18,2		780	23,2	10	
60	220×20	800	28,6	690	23,9		880	30,4	10	

Продолжение табл. VIII. 14

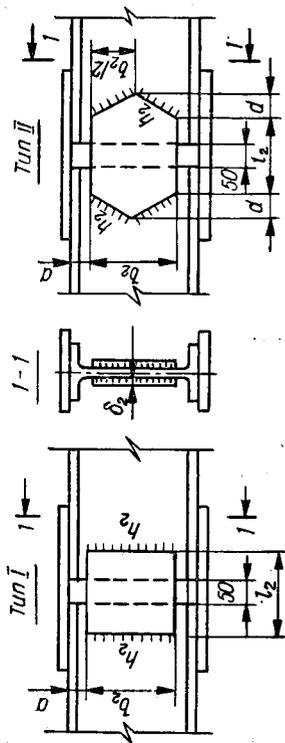
Номер балки	Стыковые накладки по стенкам из стали								Шов $h_2$	$a$
	$b_1 \times b_2$ , мм	углеродистой при электродах				низколегированной				
		Э42, Э42А		Э50, Э50А		$R_y$ балок, МПа (кг/см <sup>2</sup> )	при электро- дах Э50, Э50А			
		$l_2$ , мм	мас- са, кг	$l_2$ , мм	масса, кг		$l_2$ , мм	масса, кг	мм	
10	70×4	110	0,2	110	0,2		110	0,2	3	15
12	80×4	110	0,3	110	0,3		110	0,3	3	20
14	100×4	110	0,3	110	0,3		110	0,3	3	20
16	120×4	110	0,4	110	0,4		110	0,4	3	20
18	140×4	110	0,5	110	0,5		110	0,5	3	20
18a	140×4	110	0,5	110	0,5		110	0,5	3	20
20	160×4	110	0,6	110	0,6	330 (3350)	110	0,6	3	20
20a	160×4	110	0,6	110	0,6		110	0,6	3	20
22	170×4	110	0,6	110	0,6		110	0,6	3	25
22a	170×4	110	0,6	110	0,6		110	0,6	3	25
24	190×4	110	0,7	110	0,7		110	0,7	3	25
24a	190×4	110	0,7	110	0,7		110	0,7	3	25
27	220×5	120	1	120	1		120	1	4	25
27a	220×5	120	1	120	1		120	1	4	25
30	240×5	120	1,1	120	1,1		120	1,1	4	30
30a	240×5	120	1,1	120	1,1		120	1,1	4	30
33	270×5	120	1,3	120	1,3		120	1,3	4	30
36	300×6	130	1,8	130	1,8	320 (3250)	130	1,8	4	30
40	330×6	130	2	130	2		130	2	5	35
45	380×6	130	2,3	130	2,3		130	2,3	5	35
50	430×8	150	4,1	150	4,1		150	4,1	7	35
55	470×8	150	4,4	150	4,4		150	4,4	7	40
60	510×8	150	5,8	150	4,8		150	4,8	7	45

Примечание.  $R_y$  уголков из углеродистой стали 240 (2450) МПа (кг/см<sup>2</sup>).

Таблица VIII.15. Стыки элементов из двутавров горячекатаных с параллельными гранями полок по ГОСТ 26020—83



Накладки по стенкам



Стыковые накладки по полкам из стали

Номер профиля	углеродистой		низколегированной		Шов $\delta_1$ , мм
	$R_y$ балок, МПа (кг/см <sup>2</sup> )	$b_1 \times \delta_1$ , мм	$R_y$ балок, МПа (кг/см <sup>2</sup> )	$b_1 \times \delta_1$ , мм	
Тип стыка	при электродах Э42, Э42А		при электродах Э50, Э50А		при электродах Э50, Э50А
	$l_1$ , мм	масс-са, кг	$l_1$ , мм	масса, кг	
	$l_1$ , мм	масс-са, кг	$l_1$ , мм	масса, кг	

Нормальные двутавры

10Б1	I	280	90×6	1,2	220	0,9	90×6	300	1,3	4
12Б1	I	280	100×6	1,3	220	1	100×6	300	1,4	4
12Б2	I	280	100×6	1,3	210	1	100×6	260	1,2	5
14Б1	I	320	110×6	1,7	260	1,3	110×6	340	1,8	4
14Б2	I	320	110×6	1,7	260	1,3	110×6	320	1,7	5
16Б1	I	320	120×6	1,7	240	1,4	120×6	320	1,8	5
16Б2	I	320	120×8	2,3	250	1,9	120×8	340	2,6	6
18Б1	I	360	125×8	2,8	280	2,2	125×8	380	3	6
18Б2	I	320	130×8	2,6	250	2	130×8	340	2,8	7
20Б1	I	360	140×8	3,2	300	2,6	140×10	400	4,4	7
23Б1	I	360	150×10	4,2	290	3,4	150×10	400	4,7	8
26Б1	I	400	160×10	5	360	4,5	160×10	460	5,8	7
26Б2	I	420	160×10	5,3	360	4,5	160×10	440	5,5	8
30Б1	I	460	180×10	6,5	400	5,7	180×10	520	7,3	7
30Б2	I	480	180×10	6,8	400	5,7	180×10	520	7,3	8
35Б1	I	520	195×10	8	460	7	195×10	580	8,9	7
35Б2	I	520	195×12	9,6	460	8,4	195×12	580	10,7	8
40Б1	I	540	205×12	10,4	480	9,3	205×12	600	11,6	8
40Б2	I	520	210×14	12	460	10,6	210×14	580	13,4	10
45Б1	I	540	225×12	11,4	480	10,2	225×12	600	12,7	10
45Б2	I	540	230×14	13,6	480	12,1	230×14	600	15,2	12
50Б1	I	620	245×14	16,7	540	14,5	245×14	700	18,8	10
50Б2	I	600	245×16	18,5	540	16,5	250×16	680	21,4	12
55Б1	I	640	265×16	21,3	540	18	270×16	720	24,4	12
55Б2	I	720	270×18	27,5	610	23,3	275×18	820	31,3	12
60Б1	I	760	280×18	30	680	26,8	285×18	860	34	12
60Б2	I	740	285×18	29,8	640	25,8	285×18	800	32,2	14
70Б1	I	840	310×18	36,8	720	31,5	315×18	950	42,3	12
70Б2	I	740	315×20	36,7	640	31,8	320×20	840	42,2	16
80Б1	I	840	330×20	43,5	720	37,4	335×20	940	49,5	14
80Б2	I	820	340×22	48,1	720	42,3	340×22	970	57	16
90Б1	I	660	355×22	53	720	44,3	355×22	940	58	16
90Б2	I	940	355×24	63,3	800	54	355×24	1080	73	16
100Б1	I	940	375×22	61	800	52	375×24	1100	77,5	16

240 (2450)

330 (3350)

240 (2450)

330 (3350)

240 (2450)

330 (3350)

220 (2250)  
240 (2450)

Номер про- филья	Стыковые накладки по полкам из стали										Шов $h_1$ , мм
	углеродистой					низколегированной					
	$R_y$ балок, МПа (кг/см <sup>2</sup> )	$b_1 \times \delta_1$ , мм	при электродах		$R_y$ балок, МПа (кг/см <sup>2</sup> )	$b_1 \times \delta_1$ , мм	при электродах		$R_y$ балок, МПа (кг/см <sup>2</sup> )	$b_1 \times \delta_1$ , мм	
			Э42, Э42А	Э50, Э50А			Э50, Э50А	Э50, Э50А			
Группа	$l_1$ , мм	масса, кг	$l_1$ , мм	масса, кг	$l_1$ , мм	масса, кг	$l_1$ , мм	масса, кг	$l_1$ , мм	масса, кг	
100Б2	I	220 (2250)	370×28	1100	89,5	940	76,5	380×28	1280	106,9	16
100Б3	II		160×36	660	29,8	550	24,8	160×36	700	31,6	16
100Б4	II	230 (2350)	160×38	680	32,3	620	29,5	160×38	800	38	16
<i>Широкополочные двутавры</i>											
20Ш1	I		190×10	440	6,6	400	6,0	190×10	500	7,5	8
23Ш1	I		195×12	500	9,2	440	8,1	195×10	560	8,6	8
26Ш1	I	240 (2450)	220×12	580	12	500	10,4	220×12	620	12,8	8
26Ш2	I		225×12	560	11,9	480	10,2	225×12	600	12,7	10
30Ш1	I		245×12	580	13,4	500	11,5	245×12	640	14,8	10
30Ш2	I		250×14	560	15,4	500	13,7	250×14	620	17	12
30Ш3	I		250×16	640	20,1	560	17,6	250×16	700	22	12
35Ш1	I		295×14	760	24,6	660	21,4	295×14	840	27,2	12
35Ш2	I	240 (2450)	300×16	720	27,1	620	23,4	300×16	800	30,1	10
35Ш3	I		305×18	720	31	620	26,7	305×16	780	29,9	14
40Ш1	I		350×16	840	36,9	720	31,7	350×16	910	39,8	12
40Ш2	I		355×18	840	42,1	720	36,1	355×18	910	45,5	14
40Ш3	I		360×20	820	46,3	720	40,7	360×20	890	50,3	16
50Ш1	I		350×18	920	45,5	780	38,6	350×18	1010	50	12
50Ш2	I		355×20	920	51,3	800	44,6	350×20	1010	56,5	14
50Ш3	I	220 (2250)	350×24	900	59,2	780	51,3	360×24	990	65,2	16
50Ш4	I	220 (2250)	350×25	1020	70	910	67,5	365×25	1110	79,7	16
60Ш1	II	240 (2450)	155×24	500	14,2	430	12,5	160×24	560	16,8	14
60Ш2	II	220 (2250)	160×26	480	14,5	760	22,9	160×26	560	18,2	16
60Ш3	II		160×30	560	21	480	18,1	160×32	650	26	16

60Ш4	II	160×34	650	27,8	540	23,1	160×38	750	35,6	16
70Ш1	II	155×28	500	17	420	14,3	155×28	530	18	16
70Ш2	II	160×28	530	18,7	460	16,2	160×30	620	23,4	16
70Ш3	II	160×34	620	26,5	530	22,8	160×36	720	32,7	16
70Ш4	II	160×38	680	32,4	580	27,6	160×42	800	42	16
70Ш5	II	160×45	780	44	680	38,4	165×45	940	54,8	16
<i>Колонные двутавры</i>										
20К1	I	240×12	600	13,6	520	11,8	240×12	660	14,9	8
20К2	I	245×12	560	12,9	500	11,5	245×12	620	14,3	10
23К1	I	285×12	770	20,7	680	18,3	285×12	840	22,5	8
23К2	I	285×14	680	21,3	600	18,8	285×14	860	23,8	10
26К1	I	305×14	740	24,8	640	21,5	305×14	820	27,5	10
26К2	I	310×14	700	23,8	600	20,4	310×14	780	26,6	12
26К3	I	315×16	700	27,7	600	23,7	315×16	760	30,1	14
30К1	II	145×18	420	8,7	380	7,8	150×18	480	10,2	12
30К2	II	145×20	420	9,6	380	8,7	160×18	480	10,9	14
30К3	II	145×24	540	14,8	400	10,9	160×20	520	13,1	14
35К1	II	170×20	540	14,4	460	12,3	170×20	580	15,5	12
35К2	II	175×22	540	16,3	460	13,9	175×22	600	18,2	14
35К3	II	175×25	520	17,8	460	15,8	175×25	580	19,9	16
40К1	II	200×20	560	17,6	460	14,4	200×20	620	19,5	14
40К2	II	200×25	580	22,7	480	18,8	200×25	660	25,9	16
40К3	II	200×28	740	32,5	560	24,5	205×30	720	34,8	16
40К4	II	200×34	780	41,6	680	36,3	200×36	900	50,8	16
40К5	II	200×40	900	56,7	800	50,4	200×45	1080	76,3	16

*Двутавры дополнительной серии (Д)*

24ДБ1	I	155×10	400	4,9	340	4,1	155×10	420	5,1	8
27ДБ1	I	165×10	420	5,4	360	4,7	165×10	460	6	8
36ДБ1	I	190×14	500	10,4	420	8,8	190×14	540	11,3	10
35ДБ1	I	165×10	440	5,7	380	4,9	165×10	480	6,2	7
40ДБ1	I	180×10	440	6,2	380	5,4	180×10	480	6,8	8
45ДБ1	I	200×12	460	8,7	400	7,5	200×12	500	9,4	10
45ДБ2	I	230×14	540	13,6	460	11,6	230×14	580	14,7	12
30ДШ1	II	255×16	600	19,2	520	16,7	255×18	620	22,4	14
40ДШ1	II	155×24	460	13,5	400	11,7	155×24	480	14,1	16
50ДШ1	II	160×25	500	15,7	430	13,5	160×28	520	18,3	16

Номер профиля	Тип стька	Стыковые накладки по стенкам из стали															
		углеродистой					низколегированной										
		$R_y$ балок, МПа (кг/см <sup>2</sup> )	$b_2 \times \delta_2$ , мм	при электродах Э42, Э42А			Э50, Э50А		$R_y$ балок, МПа (кг/см <sup>2</sup> )	$b_2 \times \delta_2$ , мм	при электродах Э50, Э50А		Шов $h_2$ , мм				
$d$ , мм	$l_2$ , мм			мас. са, кг	$d$ , мм	$l_2$ , мм	мас. са, кг										
10Б1	I		70×4	0	100	0,2	0	100	0,2	0	100	0,3	20	100	0,3	4	15
12Б1	I		90×4	0	90	0,3	0	90	0,3	0	90	0,3	15	90	0,3	4	15
12Б2	I		90×6	0	100	0,4	0	100	0,3	0	100	0,4	0	100	0,4	5	15
14Б1	I		105×4	0	90	0,3	0	90	0,3	0	90	0,6	20	90	0,6	4	15
14Б2	I	240 (2450)	105×6	0	100	0,5	0	100	0,5	0	100	0,6	15	100	0,6	5	15
16Б1	I		120×4	0	90	0,3	0	90	0,3	0	90	0,5	30	90	0,5	4	20
16Б2	I		120×6	0	100	0,6	0	100	0,6	0	100	0,7	30	100	0,7	5	20
18Б1	I		140×6	0	100	0,7	0	100	0,7	0	100	0,7	0	100	0,7	5	20
18Б2	I		140×8	0	110	1	0	110	1	0	110	1	0	110	1	5	20
20Б1	II		155×6	25	110	1,0	0	110	0,8	0	110	1,2	55	110	1,2	5	20
23Б1	II		180×6	35	110	1,2	0	110	0,9	0	110	1,5	65	110	1,5	5	25
26Б1	I		210×8	0	110	1,5	0	110	1,5	0	110	1,5	0	110	1,5	7	25
26Б2	I		210×8	0	110	1,5	0	110	1,5	0	110	1,5	0	110	1,5	7	25
30Б1	I		245×8	0	110	1,7	0	110	1,7	0	110	1,7	0	110	1,7	7	25
30Б2	I		245×8	0	120	2,1	0	120	2,1	0	120	2,1	0	120	2,1	7	30
35Б1	I		285×8	0	120	2,1	0	120	2,1	0	120	2,1	0	120	2,1	7	30
35Б2	I		285×8	0	120	2,1	0	120	2,1	0	120	2,1	0	120	2,1	7	30
40Б1	I		325×8	0	120	2,4	0	120	2,4	0	120	2,4	0	120	2,4	8	40
40Б2	I	240 (2450)	325×10	0	130	3,3	0	130	3,3	0	130	3,3	55	130	3,6	8	40
45Б1	I		370×10	0	130	3,8	0	130	3,8	0	130	3,8	50	130	5,2	8	40
45Б2	I		370×10	0	140	4,1	0	140	4,1	0	140	4,1	35	140	5,1	8	40
50Б1	II		420×8	135	140	7,3	0	140	3,7	0	140	3,7	200	140	11,2	7	40
50Б2	II		420×10	90	150	7,9	0	150	4,9	0	150	4,9	145	150	9,7	8	40
55Б1	II		460×10	120	150	9,7	0	150	5,4	0	150	5,4	200	150	15,2	8	45
55Б2	II		460×10	150	150	10,8	0	150	5,4	0	150	5,4	220	150	16	8	45

## Нормальные двутавры

10Б1	I		70×4	0	100	0,2	0	100	0,2	0	100	0,3	20	100	0,3	4	15
12Б1	I		90×4	0	90	0,3	0	90	0,3	0	90	0,3	15	90	0,3	4	15
12Б2	I		90×6	0	100	0,4	0	100	0,3	0	100	0,4	0	100	0,4	5	15
14Б1	I		105×4	0	90	0,3	0	90	0,3	0	90	0,6	20	90	0,6	4	15
14Б2	I	240 (2450)	105×6	0	100	0,5	0	100	0,5	0	100	0,6	15	100	0,6	5	15
16Б1	I		120×4	0	90	0,3	0	90	0,3	0	90	0,5	30	90	0,5	4	20
16Б2	I		120×6	0	100	0,6	0	100	0,6	0	100	0,7	30	100	0,7	5	20
18Б1	I		140×6	0	100	0,7	0	100	0,7	0	100	0,7	0	100	0,7	5	20
18Б2	I		140×8	0	110	1	0	110	1	0	110	1	0	110	1	5	20
20Б1	II		155×6	25	110	1,0	0	110	0,8	0	110	1,2	55	110	1,2	5	20
23Б1	II		180×6	35	110	1,2	0	110	0,9	0	110	1,5	65	110	1,5	5	25
26Б1	I		210×8	0	110	1,5	0	110	1,5	0	110	1,5	0	110	1,5	7	25
26Б2	I		210×8	0	110	1,5	0	110	1,5	0	110	1,5	0	110	1,5	7	25
30Б1	I		245×8	0	110	1,7	0	110	1,7	0	110	1,7	0	110	1,7	7	25
30Б2	I		245×8	0	120	2,1	0	120	2,1	0	120	2,1	0	120	2,1	7	30
35Б1	I		285×8	0	120	2,1	0	120	2,1	0	120	2,1	0	120	2,1	7	30
35Б2	I		285×8	0	120	2,1	0	120	2,1	0	120	2,1	0	120	2,1	7	30
40Б1	I		325×8	0	120	2,4	0	120	2,4	0	120	2,4	0	120	2,4	8	40
40Б2	I	240 (2450)	325×10	0	130	3,3	0	130	3,3	0	130	3,3	55	130	3,6	8	40
45Б1	I		370×10	0	130	3,8	0	130	3,8	0	130	3,8	50	130	5,2	8	40
45Б2	I		370×10	0	140	4,1	0	140	4,1	0	140	4,1	35	140	5,1	8	40
50Б1	II		420×8	135	140	7,3	0	140	3,7	0	140	3,7	200	140	11,2	7	40
50Б2	II		420×10	90	150	7,9	0	150	4,9	0	150	4,9	145	150	9,7	8	40
55Б1	II		460×10	120	150	9,7	0	150	5,4	0	150	5,4	200	150	15,2	8	45
55Б2	II		460×10	150	150	10,8	0	150	5,4	0	150	5,4	220	150	16	8	45

60Б1	II	505×10	190	160	13,9	80	160	9,6	505×12	265	160	20,2	8	50
60Б2	II	505×12	75	160	11,2	115	160	16,7	505×12	150	160	14,7	10	50
70Б1	II	605×12	165	170	19,1	200	170	21,2	605×14	260	170	36,5	10	50
70Б2	II	605×12	190	180	21,1	225	180	23,2	605×14	340	180	44	10	50
80Б1	II	695×14	130	190	24,5	140	190	25,3	695×16	235	190	37	12	50
80Б2	II	695×14	65	190	19,5	80	190	20,8	695×16	280	190	40,9	12	50
90Б1	II	785×16	75	200	27,1	0	200	19,8	785×16	250	200	44,5	14	60
90Б2	II	785×16	205	210	45,7	0	210	23,1	785×16	345	210	54,7	12	60
100Б1	II	880×14	260	210	45,5	0	210	20,3	880×16	410	210	68,5	12	60
100Б2	II	880×16	145	220	40,3	0	220	24,4	880×18	325	220	67,8	14	60
100Б3	II	880×16	220	230	49,7	0	230	25,5	880×18	375	230	75,2	14	60
100Б4	II	880×18	115	250	45,5	0	250	29,9	880×18	390	250	79,5	16	60

Широкополосные дугаэры

20Ш1	I	145×8	0	110	1	0	110	1	145×8	0	110	1	7	30
23Ш1	I	170×8	0	120	1,3	0	120	1,3	170×8	30	120	1,6	7	30
26Ш1	I	195×8	0	120	1,5	0	120	1,5	195×8	30	120	1,8	7	30
26Ш2	I	195×10	0	130	2	0	130	2	195×10	30	130	2,5	8	30
30Ш1	II	225×10	0	130	2,3	0	130	2,3	225×10	55	130	3,2	8	40
30Ш2	II	225×8	70	140	3	0	140	2	225×10	95	140	4,2	7	40
30Ш3	II	225×8	80	140	3,1	35	140	2,5	225×10	120	140	4,6	7	40
35Ш1	II	265×10	75	150	4,7	0	150	3,1	265×10	105	150	5,3	8	40
35Ш2	II	265×10	90	150	5	30	150	3,7	265×10	120	150	5,6	8	40
36Ш3	II	265×10	100	160	5,4	65	160	4,7	265×10	130	160	6	8	40
40Ш1	II	310×10	80	150	5,6	0	150	3,7	310×10	120	150	6,6	8	45
40Ш2	II	310×12	65	170	6,9	0	170	5	310×12	105	170	8	10	45
40Ш3	II	310×12	100	180	8,2	0	180	5,3	310×12	135	180	9,2	10	45
50Ш1	II	395×10	165	160	10,1	100	160	8	395×12	225	160	14,4	8	50
50Ш2	II	395×14	110	200	13,5	0	200	8,7	395×14	160	200	15,6	12	50
50Ш3	II	395×14	100	210	13,5	60	210	9,1	395×16	205	210	20,6	12	50
50Ш4	II	395×14	130	220	15,2	60	220	12,1	395×16	225	220	22,2	12	50
60Ш1	II	480×12	135	170	13,8	0	170	7,7	480×12	190	170	16,3	10	60
60Ш2	II	480×14	145	210	18,7	0	210	11,2	480×16	265	210	28,6	12	60
60Ш3	II	480×16	125	230	21,4	0	230	13,9	480×18	240	230	31,9	14	60

Номер профиля	Тип стька	Стыковые накладки по стенкам из стали										Шов $h_2$				
		углеродистой					низколегированной									
		$R_y$ балок, МПа (кг/см <sup>2</sup> )	$b_2 \times b_1$ , мм	при электродах			$R_y$ балок, МПа (кг/см <sup>2</sup> )	$b_2 \times b_1$ , мм	при электродах							
				Э42, Э42А	Э50, Э50А	Э50, Э50А			Э50, Э50А	мас. са, кг	$l_2$		мас. са, кг	$l_2$		
мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм							
60П4	II		480×18	105	250	24,1	0	250	17,1		480×18	195	250	30,2	16	60
70П1	II	240 (2450)	575×14	110	190	19	0	190	12		575×14	295	190	30,8	12	60
70П2	II	220 (2250)	575×14	125	200	20,5	0	200	12,7		575×14	235	200	27,5	12	60
70П3	II	220 (2250)	575×18	145	230	30,5	0	230	18,7		575×18	250	230	38,9	14	60
70П4	II	230 (2350)	575×20	215	260	42,9	155	260	23,4	330 (3350)	575×20	365	260	56,3	14	60
70П5	II	230 (2350)	575×22	205	280	48,2	135	280	41	310 (3150)	575×22	320	280	60	16	60

Колонные двутавры

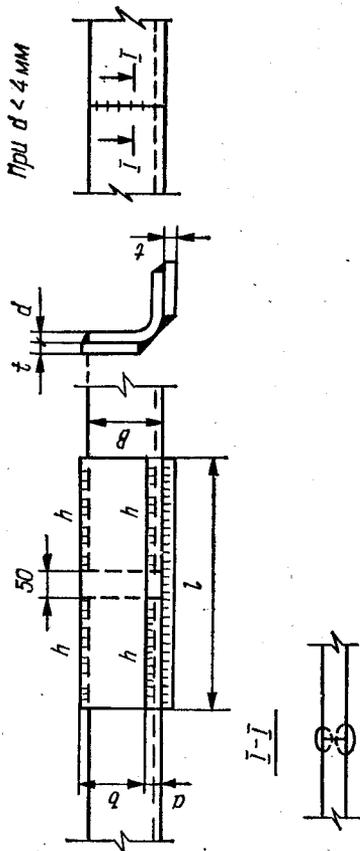
20К1	I		145×8	0	120	1,1	0	120	1,1		145×8	20	120	1,3	7	30
20К2	I		145×8	0	120	1,1	0	120	1,1		145×8	40	120	1,5	7	30
23К1	I		170×8	0	120	1,3	0	120	1,3		170×8	45	120	1,8	7	30
23К2	I		170×10	0	130	1,7	0	130	1,7		170×10	45	130	2,3	8	30
26К1	I		195×10	0	130	2	0	130	2		195×10	50	130	2,8	8	30
26К2	I	240 (2450)	195×12	0	140	2,6	0	140	2,6	330 (3350)	195×12	0	140	2,6	10	30
26К3	I		195×12	0	150	2,8	0	150	2,8		195×12	60	150	3,8	10	30
30К1	II		225×8	80	140	3,1	30	140	2,4		225×8	110	140	3,5	7	40
30К2	II		225×10	75	150	4	0	150	2,7		225×10	100	150	4,4	8	40

30K3	II		225×10	105	170	4,9	65	170	4,2	225×10	130	170	5,3	8	40
35K1	II		265×10	90	150	5	0	150	3,1	265×10	120	150	5,6	8	40
35K2	II		265×10	115	160	5,7	65	160	4,1	265×10	145	160	6,3	8	40
35K3	II		265×12	100	180	7	40	180	5,5	265×12	130	180	7,7	10	40
40K1	II	240 (2450)	310×10	130	160	7,1	70	160	5,6	310×10	165	160	7,9	8	45
40K2	II		310×12	110	180	8,5	40	180	6,4	310×12	145	180	9,5	10	45
40K3	II	220 (2250)	310×14	90	210	10,2	0	210	10,4	310×14	145	210	12,1	12	45
40K4	II		305×16	100	240	13	30	240	12,8	305×16	150	240	14,9	14	45
40K5	II	230 (2350)	305×18	110	280	16,8	100	280	16,4	310 (3150)	170	280	21,5	16	45

*Детавры дополнительной серии (Д)*

24ДБ1	I		185×8	0	110	1,3	0	110	1,3	105×8	0	110	1,3	6	30
27ДБ1	I		215×8	0	110	1,5	0	110	1,5	215×8	45	110	2,1	6	30
36ДБ1	I		295×10	0	130	3	0	130	3	295×10	80	130	4,9	7	30
35ДБ1	I		295×8	0	110	2	0	110	2	295×8	60	110	3,2	6	30
40ДБ1	I	240 (2450)	345×8	0	120	2,6	0	120	2,6	330 (3350)	95	120	4,7	6	30
45ДБ1	II		390×8	120	130	6,1	0	130	3,2	390×10	180	130	9,5	6	30
45ДБ2	II		380×8	50	130	4,3	0	130	3,1	380×8	110	130	5,7	7	35
30ДШ1	II		225×8	90	150	3,4	45	150	2,8	225×8	115	150	3,7	7	40
40ДШ1	II		310×10	145	170	7,7	85	170	6,2	310×10	175	170	8,4	8	45
50ДШ1	II	220 (2250)	395×12	145	200	12,8	55	200	9,5	395×12	210	200	15,3	10	50

Таблица VIII.16. Стыки элементов из  
одиночных гнутых равнополочных уголков  
по ГОСТ 19771-74\*



При  $d < 4$  мм

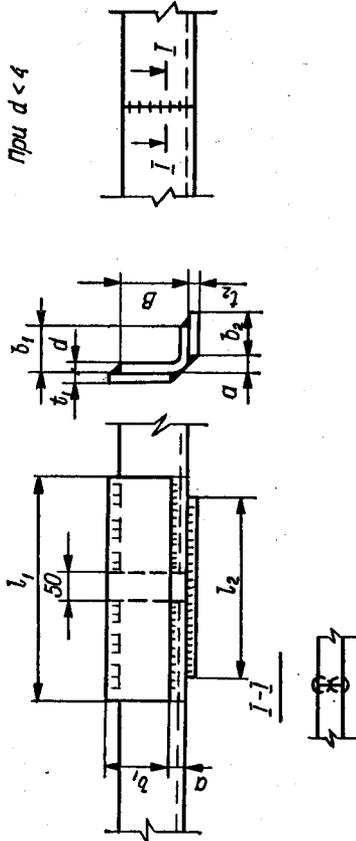
Уголки		Стакровые накладки из стали										Шов $h$	
$b$	$d$	углеродистой					низколегированной					мм	мм
		$b \times t$ , мм		при электродах		$R_y$ уголков, МПа (кг/см <sup>2</sup> )	$b \times t$ , мм	при электродах		мм	кг		
мм	мм	$\Sigma 42, \Sigma 42A$	$\Sigma 50, \Sigma 50A$	масса, кг	$l$ , мм			масса, кг	$l$ , мм			масса, кг	$l$ , мм
50	4	50×4	200	0,3	180	0,3	340 (3450)	50×5	220	0,4	3	10	
60	4	60×4	220	0,4	200	0,4		60×5	250	0,6	3	10	
70	4	70×5	250	0,7	220	0,6		70×5	280	0,8	3	10	
80	4	80×4	270	0,7	240	0,6		80×5	310	1	3	10	
80	5	80×5	260	0,8	230	0,7		80×6	290	1,1	4	12	
80	6	80×6	250	0,9	220	0,8	330 (3350)	80×8	280	1,4	5	15	
80	7	80×8	240	1,2	220	1,1		80×8	270	1,4	6	16	
100	4	100×5	320	1,3	280	1,1	340 (3450)	100×5	370	1,5	3	10	
100	5	100×5	300	1,2	270	1,1	330 (3350)	100×6	340	1,6	4	12	
120	4	120×5	370	1,7	320	1,5	340 (3450)	120×5	430	2,0	3	10	

120	5	120×8	350	2,6	310	2,3	330 (3350)	120×8	400	3,0	4
120	6	120×8	340	2,6	300	2,3	330 (3350)	120×8	380	2,8	5
160	4	160×5	460	2,9	400	2,5	340 (3450)	160×5	550	3,5	3
160	5	160×6	440	3,4	380	2,9	330 (3350)	160×6	510	3,9	4
160	6	160×8	420	4,2	370	3,7	330 (3350)	160×8	490	4,9	5
160	7	160×8	410	4,1	360	3,6	330 (3350)	160×8	480	4,8	6

Примечание.  $R_y$  уголков из углеродистой стали 230 (2350) МПа (кг/см<sup>2</sup>).

Таблица VIII.17. Стыки элементов из  
одиночных гнутых равнополочных уголков  
по ГОСТ 19772-74\*

при  $d < 4$



Уголки		Стыковые накладки на большей полке из стали						Шов h			
B × b		углеродистой			низколегированной			при электродах Э50, Э60А			
		при электродах Э42, Э42А		Э50, Э60А		R <sub>y</sub> уголков, МПа (кг/см <sup>2</sup> )	b <sub>1</sub> × t <sub>1</sub>				
		d	l <sub>1</sub>	масса, кг	l <sub>1</sub> , мм			масса, кг	l <sub>1</sub>	масса, кг	мм
60×40	4	60×4	220	0,4	200	0,4	340 (3450)	60×5	350	0,8	3
70×50	4	70×4	240	0,5	220	0,5	340 (3450)	70×5	280	0,8	3
80×63	4	80×5	270	0,8	240	0,8	340 (3450)	80×5	310	1,0	3

Продолжение табл. VIII. 17

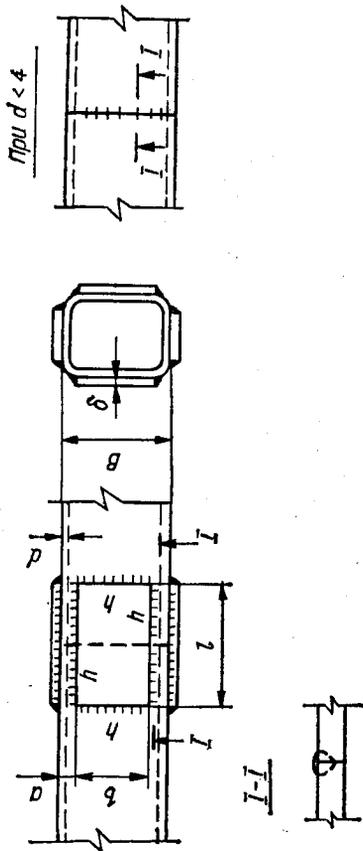
Уголки		Стыковые накладки на большей полке из стали										Шов <i>h</i>		
<i>B</i> × <i>b</i>	<i>d</i>	углеродистой					никелелегированной					при электродах Э60, Э60А	масса, кг	мм
		<i>b</i> <sub>1</sub> × <i>t</i> <sub>1</sub>		при электродах Э42, Э42А		Э60, Э60А	<i>R<sub>p</sub></i> Уголков, МПа (кг/см <sup>2</sup> )	<i>t</i> <sub>1</sub> × <i>t</i> <sub>2</sub>		при электродах Э60, Э60А				
мм		<i>t</i> <sub>1</sub>	масса, кг	<i>t</i> <sub>1</sub> , мм	масса, кг	<i>t</i> <sub>1</sub>		<i>t</i> <sub>2</sub>	<i>t</i> <sub>1</sub>	<i>t</i> <sub>2</sub>	<i>t</i> <sub>1</sub>	<i>t</i> <sub>2</sub>	мм	мм
80×63	5	80×6	260	1,0	230	0,9	330 (3350)	80×6	290	1,1	4	8		
80×63	6	75×8	250	1,2	220	1,0	330 (3350)	75×8	300	1,4	5	8		
85×67	4	85×4	280	0,7	250	0,7	340 (3450)	85×5	330	1,1	3	10		
90×70	4	90×4	290	0,8	260	0,7	340 (3450)	90×5	340	1,2	3	10		
90×70	5	90×5	280	1,0	250	0,9	330 (3350)	90×6	320	1,4	4	12		
90×70	6	85×8	270	1,4	240	1,3	330 (3350)	85×8	310	1,7	5	15		
90×70	7	85×8	260	1,4	230	1,2	330 (3350)	85×8	300	1,6	6	16		
100×65	4	100×5	320	1,3	280	1,1	340 (3450)	100×5	370	1,1	3	10		
100×80	5	100×6	300	1,4	270	1,3		100×6	350	1,7	4	12		
100×80	6	95×8	290	1,7	260	1,5		95×8	330	2,0	5	15		
100×80	7	95×8	280	1,7	250	1,5		95×8	320	1,9	6	16		
100×80	8	95×10	280	2,1	250	1,9		95×10	320	2,4	7	20		
100×90	5	110×6	320	1,7	290	1,5		100×6	370	1,9	4	12		
120×100	6	120×8	340	2,6	300	2,3		120×8	390	2,9	5	5		
120×100	7	115×8	330	2,4	290	2,4		115×8	380	2,7	6	16		
120×100	8	115×10	320	2,9	280	2,5	330 (3350)	115×10	370	3,4	7	20		
130×60	6	125×8	340	2,7	310	2,4		125×8	400	3,1	5	15		
130×80	5	125×6	370	2,2	320	1,9		125×6	430	2,5	4	12		
160×125	7	155×8	410	4	360	3,5		155×8	470	4,6	6	16		
160×125	8	155×10	400	4,9	350	4,3		155×10	460	5,6	7	20		
200×100	6	195×8	500	6,1	440	5,4		195×8	590	7,2	5	15		

Продолжение табл. VIII. 17

Уголки		Стыковые накладки на меньшей полке из стали										Шов $h$	$a$
$B \times b$	$d$	углеродистой					низколегированной						
		сечение накладки $b_2 \times l_2$	при электродах				$R_y$ уголков, МПа (кг/см <sup>2</sup> )	$b_2 \times l_2$ мм	при электродах				
			Э42, Э42А		Э50, Э50А				Э50, Э50А		$l_2$		
мм		$l_2$	масса, кг	$l_2$ , мм	масса, кг			$l_2$	масса, кг	мм			
60×40	4,2	40×4	170	0,2	170	0,2	340 (3450)	40×5	190	0,3	3	10	
70×50	4	50×4	200	0,3	180	0,3	340 (3450)	50×5	230	0,5	3	10	
80×63	4	60×5	230	0,5	310	0,7	340 (3450)	60×5	260	0,6	3	10	
80×63	5	60×6	220	0,6	300	0,8	330 (3350)	60×6	240	0,7	4	12	
80×63	6	60×8	210	0,8	190	0,7	330 (3350)	60×8	240	0,9	5	15	
85×67	4	70×4	240	0,5	210	0,5	340 (3450)	70×5	280	0,8	3	10	
90×70	4	70×4	250	0,5	220	0,5	340 (3450)	70×5	290	0,8	3	10	
90×70	5	70×5	230	0,6	210	0,6	330 (3350)	70×6	260	0,9	4	12	
90×70	6	65×8	230	0,9	210	0,9	330 (3350)	65×8	260	1,1	5	15	
90×70	7	65×8	220	0,9	200	0,8	330 (3350)	65×8	250	1,0	6	16	
100×65	4	65×5	230	0,6	210	0,5	340 (3450)	65×5	270	0,7	3	10	
100×80	5	80×6	260	1,0	230	0,9	330 (3350)	80×6	290	1,1	4	12	
100×80	6	75×8	250	1,2	220	1,0		75×8	270	1,3	5	15	
100×80	7	75×8	240	1,1	220	1,0		75×8	270	1,3	6	16	
100×80	8	75×10	240	1,4	220	1,3		75×10	270	1,6	7	20	
110×90	5	90×6	280	1,2	250	1,1		90×6	320	1,4	4	12	
120×100	6	100×8	290	1,8	260	1,6		100×8	330	2,1	5	15	
120×100	7	95×8	280	1,7	250	1,5		95×8	320	1,9	6	16	
120×100	8	95×10	280	2,1	250	1,9		95×10	310	2,3	7	20	
130×60	6	55×8	210	0,7	190	0,7		55×8	230	0,8	5	15	
130×80	5	75×6	260	0,9	230	0,8		75×6	290	1,0	4	12	
160×125	7	120×8	340	2,6	300	2,3		120×8	390	2,9	6	16	
160×125	8	120×10	330	3,1	290	2,7		120×10	380	3,6	7	20	
200×100	6	95×8	290	1,7	260	1,5		95×8	330	2,0	5	15	

Примечание.  $R_y$  уголков из углеродистой стали 230 (2350) МПа (кг/см<sup>2</sup>).

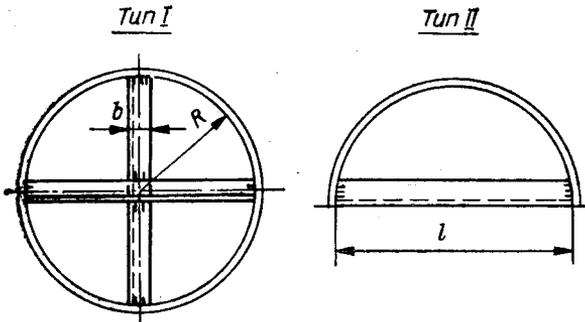
Т а б л и ц а VIII.18. Стыки элементов из профилей гнутых замкнутых сварных квадратных и прямоугольных по ТУ 36-2287-80



Размер профиля		Стыковые накладки из стали										Шов II		мм
		углеродистой					низколегированной							
		B	d	R, $\mu$ профиля, МПа (кг/см <sup>2</sup> )	b $\times$ $\delta$	при электродах Э42, Э42А Э50		Э60А		шов h, мм	R, $\mu$ профиля, МПа (кг/см <sup>2</sup> )			
масса, кг	l, мм					масса, кг	l, мм	l	масса, кг					
60	3		40 $\times$ 5	100	0,2	100	0,2	3	340 (3450)	40 $\times$ 6	120	0,2	3	10
60	4		35 $\times$ 8	100	0,2	100	0,2	5	340 (3450)	35 $\times$ 8	100	0,2	5	12,5
60	5		30 $\times$ 10	100	0,2	100	0,2	6	330 (3350)	30 $\times$ 12	100	0,3	6	15
60	6	240 (2450)	25 $\times$ 6	100	0,1	100	0,1	7	330 (3350)	25 $\times$ 16	100	0,3	7	17,5
60	7		20 $\times$ 20	100	0,3	100	0,3	8	330 (3350)	20 $\times$ 22	100	0,3	8	20
80	3		60 $\times$ 5	100	0,2	100	0,2	3	340 (3450)	60 $\times$ 5	120	0,3	3	10
80	4		55 $\times$ 8	100	0,3	100	0,3	5	340 (3450)	55 $\times$ 8	100	0,3	5	12,5
80	5		50 $\times$ 8	100	0,3	100	0,3	6	330 (3350)	50 $\times$ 10	100	0,4	6	15
80	6		40 $\times$ 12	100	0,4	100	0,4	7	330 (3350)	45 $\times$ 12	120	0,5	7	20
80	7		40 $\times$ 14	100	0,4	100	0,4	8	330 (3350)	45 $\times$ 14	120	0,6	8	20

100	3	80×4	120	0,3	100	0,3	3	340 (3450)	80×5	160	0,5	3	10
100	4	70×6	100	0,3	100	0,3	5	340 (3450)	75×6	120	0,4	5	15
100	5	70×8	100	0,4	100	0,4	6		70×8	120	0,5	6	15
100	6	60×10	100	0,5	100	0,5	7	330 (3350)	65×10	120	0,6	7	20
100	7	60×12	100	0,6	100	0,6	8		60×14	140	0,9	8	20
100	8	50×16	140	0,4	100	0,6	9		50×18	140	1,0	9	25
120	3	100×4	140	0,4	100	0,3	3	340 (3450)	100×5	180	0,7	3	10
120	4	90×6	100	0,4	100	0,4	5	340 (3450)	95×6	140	0,6	5	15
120	5	90×8	100	0,6	100	0,6	6		90×8	140	0,8	6	15
120	6	80×10	120	0,8	100	0,6	7		80×10	160	1,0	7	20
120	7	80×12	120	0,9	100	0,8	8	330 (3350)	80×12	160	1,2	8	20
120	8	70×14	120	0,8	100	0,8	9		70×16	160	1,4	9	25
140	4	115×5	100	0,5	100	0,5	5	340 (3450)	115×6	140	0,8	5	12,5
140	5	110×8	120	0,8	100	0,7	6		110×8	160	1,2	6	15
140	6	110×10	120	0,9	100	0,8	7	330 (3350)	100×10	160	1,3	7	20
140	7	100×10	140	1,1	100	0,8	8		100×12	180	1,7	8	20
140	8	90×14	140	1,4	100	1,0	9		90×14	180	1,8	9	25
160	4	135×5	120	0,6	100	0,5	5	340 (3450)	135×6	160	1,0	5	12,5
160	5	130×8	120	1	100	0,9	6		130×10	160	1,6	6	15
160	6	125×8	140	1,1	100	0,8	7		120×10	180	1,7	7	17,5
160	7	120×10	140	1,3	100	1	8		120×12	180	2,0	8	20
160	8	110×12	160	1,7	120	1,3	9		110×14	200	2,4	9	25
180	5	150×8	140	1,3	100	1	6		150×8	180	1,7	6	15
180	6	140×8	160	1,6	100	1	7	330 (3350)	140×10	200	2,2	7	20
180	7	140×10	160	1,8	120	1,3	8		140×10	200	2,2	8	20
180	8	130×12	160	2,0	120	1,5	9		130×12	220	2,7	9	25
200	5	170×6	140	1,1	120	1	6		170×8	200	2,1	6	15
200	6	160×8	160	1,6	120	1,2	7		160×10	220	2,8	7	20
200	7	160×10	160	2,0	120	1,5	8		160×10	220	2,8	8	20
200	8	150×12	180	2,5	120	1,7	9		150×12	240	3,4	9	25

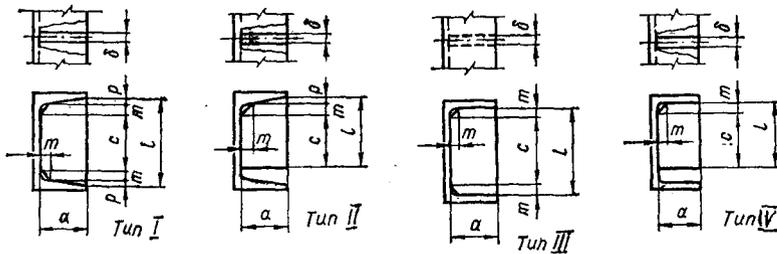
Таблица VIII.19.  
Минимальные сечения  
уголков для распорок  
трубопроводов



R, мм	Тип I, уголки		l, мм	Тип II, уголки	
	равнополочные	неравнополочные		равнополочные	неравнополочные
300	25×25×3	25×16×3	1000	36×36×3	56×36×4
400	25×25×3	32×20×3	1200	45×45×3	63×40×4
500	25×25×3	40×25×3	1400	50×50×3	70×45×5
600	28×28×3	50×32×3	1600	56×56×4	75×50×5
700	32×32×3	56×36×4	1800	63×63×4	90×56×5,5
800	36×36×3	63×40×4	2000	70×70×4,5	100×63×6
900	40×40×3	70×45×5	2200	75×75×5	110×70×6,5
1000	45×45×3	75×50×5	2600	90×90×6	125×80×7
1100	50×50×3	90×56×5,5	2800	100×100×6,5	140×90×8
1200	56×56×4	100×63×6	3200	110×110×7	160×100×9
1300	56×56×4	100×63×6	3600	125×125×8	180×110×10
1400	63×63×4	110×76×6,5	4000	140×140×9	200×125×11
1500	70×70×4,5	110×70×6,5	4400	160×100×10	250×16×11
1600	70×70×4,5	125×80×7	4800	160×100×10	250×160×11
1700	75×75×5	125×80×7	5200	180×180×11	250×160×11
1800	80×80×5,5	140×90×8	5600	200×200×12	250×160×11
1900	90×90×6	140×90×8	6000	200×200×12	250×160×11
2000	90×90×6	160×100×9	—	—	—

### VIII.4. РЕБРА ЖЕСТКОСТИ ПРОКАТЫХ ПРОФИЛЕЙ

Таблица VIII.20. Ребра жесткости в швеллерах по ГОСТ 8240—72\*



№ швелле- ра	Размеры, мм					Марка ребра	Масса, кг
	$a \times \delta$	$c$	$m$	$\rho$	$l$		

#### Tun I

5	30×4	22	6	2	38	P1	0,1
16,5	30×4	36	6	2	52	P2	0,1
28	30×4	49	7	2	68	P3	0,1
10	40×5	68	7	3	88	P4	0,1
12	40×5	85	8	3	107	P5	0,2
14, 14a	50×5	102	8	4	126	P6	0,2
16, 16a	60×6	119	9	5	147	P8	0,4
18, 18a	60×6	138	9	5	166	P10	0,5
20, 20a	70×6	155	10	6	187	P12	0,6
22, 22a	80×6	173	10	7	207	P14	0,8
24, 24a	80×6	189	11	7	225	P16	0,9
27	80×6	220	11	7	256	P18	1
30	100×8	246	12	8	286	P19	2
40	100×8	335	15	8	381	P22	3

#### Tun II

5	30×4	22	6	2	30	P23	0,1
6,5	30×4	32	6	2	40	P24	0,1
8	30×4	46	7	2	55	P25	0,1
10	40×5	65	7	3	75	P26	0,1
12	40×5	84	8	3	95	P27	0,2
14, 14a	50×5	98	8	4	110	P28	0,2
16, 16a	60×6	116	9	5	130	P30	0,4
18, 18a	60×6	136	9	5	150	P32	0,4
20, 20a	70×6	154	10	6	170	P34	0,6
22, 22a	80×6	173	10	7	190	P36	0,7
24, 24a	80×6	187	11	7	205	P38	0,8
27	80×6	217	11	7	235	P40	0,9
30	100×8	240	12	8	260	P41	1,6
40	100×8	332	15	8	355	P44	2,2

#### Tun III

5П	30×4	22	6	—	34	РП1	0,03
6, 5П	30×4	37	6	—	49	РП2	0,05
8П	30×4	49	7	—	63	РП3	0,06
10П	40×5	68	7	—	82	РП4	0,13
12П	40×5	86	8	—	102	РП5	0,16
14П, 14aП	50×5	105	8	—	121	РП6	0,24

Продолжение табл. VIII. 20

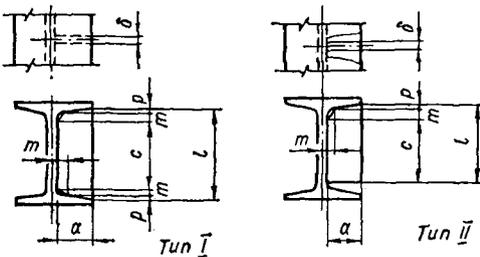
№ швеллера	Размеры, мм					Марка ребра	Масса, кг
	$a \times \delta$	$c$	$m$	$p$	$l$		
16П, 16аП	60×6	121	9	—	139	РП7	0,40
18П, 18аП	60×6	141	9	—	159	РП8	0,45
20П, 20аП	70×6	157	10	—	177	РП9	0,6
22П, 22аП	80×6	176	10	—	196	РП10	0,7
24П, 24аП	80×6	193	11	—	215	РП11	0,8
27П	80×6	224	11	—	246	РП12	0,9
30П	100×8	251	12	—	275	РП13	1,8
40П	100×8	340	15	—	370	РП16	2,3

Тип IV

5П	30×4	22	6	—	28	РП17	0,03
6, 5П	30×4	34	6	—	40	РП18	0,04
8П	30×4	48	7	—	55	РП19	0,05
10П	40×5	68	7	—	75	РП20	0,12
12П	40×5	87	8	—	95	РП21	0,15
14П, 14аП	50×5	102	8	—	110	РП22	0,22
16П, 16аП	60×6	121	9	—	130	РП23	0,36
18П, 18аП	60×6	141	9	—	150	РП24	0,42
20П, 20аП	70×6	150	10	—	160	РП25	0,53
22П, 22аП	80×6	170	10	—	180	РП26	0,7
24П, 24аП	80×6	189	11	—	200	РП27	0,8
27П	80×6	219	11	—	230	РП28	0,9
30П	100×8	248	12	—	260	РП29	1,6
40П	100×8	335	15	—	350	РП32	2,2

Примечания: 1. Размеры ребер даны номинальные. 2. Материал ребер — сталь марки ВСтЗкп2 по ГОСТ 380—88.

Таблица VIII.21. Ребра жесткости в балках двутавровых по ГОСТ 8239—72\*



Номер балки	Размеры, мм					Марка ребра	Масса, кг
	$a \times \delta$	$c$	$m$	$p$	$l$		

Тип I

10	25×5	68	8	2	88	P45	0,1
12	30×5	87	8	2	107	P46	0,1
14	30×5	107	8	2	127	P47	0,2
16	40×5	122	10	3	148	P48	0,2
18, 18а	40×5	140	10	3	166	P49	0,3
20	40×5	158	10	3	184	P51	0,3

Продолжение табл. VIII.21

Номер балки	Размеры, мм					Марка ребра	Масса, кг
	$a \times b$	$c$	$t$	$p$	$l$		
20a	50×5	158	10	5	184	P52	0,4
22, 22a	50×5	177	10	5	207	P53	0,4
24	50×6	195	10	5	225	P55	0,5
24a	60×6	195	10	6	227	P56	0,6
27, 27a	60×6	220	12	6	256	P57	0,7
30, 30a	60×6	245	12	6	285	P59	0,8
33	60×8	273	15	6	315	P61	1,2
36	70×8	300	15	6	342	P62	1,5
40	70×8	338	15	6	380	P63	1,7
45	70×10	386	15	6	428	P64	2,4
50	80×10	424	20	7	478	P65	3,0
55	80×10	471	20	7	525	P66	3,3
60	80×12	518	20	7	572	P67	4,3

## Тун II

10	25×5	65	8	2	75	P68	0,1
12	30×5	85	8	2	95	P69	0,1
14	30×5	105	8	2	115	P70	0,1
16	40×5	122	10	3	135	P71	0,2
18, 18a	40×5	137	10	3	150	P72	0,2
20	40×5	157	10	3	170	P74	0,3
20a	50×5	155	10	5	170	P75	0,3
22, 22a	50×5	175	10	5	190	P76	0,4
24	50×6	195	10	5	210	P78	0,5
24a	60×6	194	10	6	210	P79	0,6
27, 27a	60×6	217	12	6	235	P80	0,7
30, 30a	60×6	247	12	6	265	P82	0,8
33	60×8	269	15	6	290	P84	1,1
36	70×8	290	15	6	320	P85	1,4
40	70×8	334	15	6	355	P86	1,6
45	70×10	384	15	6	405	P87	2,2
50	80×10	423	20	7	450	P88	2,8
55	80×10	468	20	7	495	P89	3,1
60	80×12	518	20	7	545	P90	4,1

Примечание. См. примечание к табл. VIII.20.

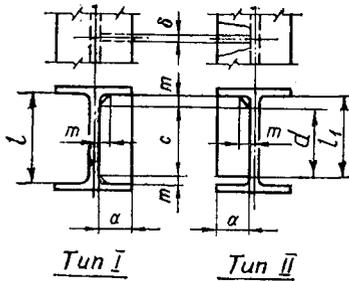


Таблица VIII.22. Ребра жесткости в двутаврах с параллельными гранями полок по ГОСТ 26020—83

Номер профиля	Размеры, мм			Тип I			Тип II				
	m	c	d	марка	размеры, мм		марка	размеры, мм		масса, кг	
					a × δ	l		a × δ	l <sub>1</sub>		
10Б1	10	68	60	БП1	25×5	88	0,1	БП45	25×5	70	0,1
12Б1, 12Б2	10	87	80	БП2	30×5	107	0,1	БП46	30×5	90	0,1
14Б1, 14Б2	10	106	100	БП3	30×5	126	0,1	БП47	30×5	110	0,1
16Б1, 16Б2	10	125	120	БП4	40×5	145	0,2	БП48	40×5	130	0,2
18Б1, 18Б2	10	144	140	БП5	40×5	164	0,3	БП49	40×5	150	0,2
20Б1	15	143	140	БП6	40×6	173	0,3	БП50	40×6	155	0,3
23Б1	15	182	175	БП7	50×6	212	0,5	БП51	50×6	190	0,4
26Б1, 26Б2	15	210	205	БП8	50×6	240	0,6	БП52	50×6	220	0,5
30Б1, 30Б2	15	249	245	БП9	60×6	279	0,8	БП53	60×6	260	0,7
35Б1, 35Б2	20	289	280	БП10	70×6	329	1,1	БП54	60×6	300	0,8
40Б1, 40Б2	25	323	315	БП11	70×8	373	1,6	БП55	60×8	340	1,3
45Б1, 45Б2	25	370	365	БП12	80×8	420	2,1	БП56	80×8	390	2
50Б1, 50Б2	25	418	415	БП13	90×10	468	3,3	БП57	80×10	440	2,8
55Б1, 55Б2	25	466	455	БП14	100×10	516	3,9	БП58	100×10	480	3,8
60Б1, 60Б2	25	512	505	БП15	110×10	562	4,9	БП59	100×10	530	4,2
70Б1, 70Б2	25	610	605	БП16	120×12	660	7,5	БП60	120×10	630	5,9
80Б1, 80Б2	30	697	690	БП17	130×14	757	10,8	БП61	120×12	720	8,1
90Б1, 90Б2	35	785	765	БП18	140×14	855	13,1	БП62	120×12	800	9
100Б1, 100Б2, 100Б3, 100Б4	35	778	765	БП19	150×20	848	20	БП62	120×12	800	9

Продолжение табл. VIII. 22

Номер профиля	Размеры, мм			Тип I			Тип II				
	m	c	d	марка	размеры, мм		мас- са, кг	марка	размеры, мм		мас- са, кг
					a × b	l			a × b	l	
20Ш1	10	155	150	БП20	70×6	175	0,6	БП63	60×6	160	0,5
23Ш1	15	176	165	БП21	70×6	206	0,6	БП64	60×6	180	0,5
26Ш1, 26Ш2	15	200	195	БП22	80×8	230	1,1	БП65	60×6	210	0,6
30Ш1, 30Ш2, 30Ш3	20	229	220	БП23	90×8	269	1,5	БП66	80×8	240	1,1
35Ш1, 35Ш2, 35Ш3	25	263	255	БП24	120×10	313	2,9	БП67	100×10	280	2,2
40Ш1, 40Ш2, 40Ш3	25	310	305	БП25	140×12	360	4,7	БП68	100×10	330	2,6
50Ш1, 50Ш2, 50Ш3, 50Ш4	30	394	390	БП26	140×16	454	8	БП69	120×12	420	4,7
60Ш1, 60Ш2, 60Ш3, 60Ш4	30	484	480	БП27	150×20	546	12,9	БП70	120×12	510	5,8
70Ш1, 70Ш2, 70Ш3, 70Ш4, 70Ш5	35	575	565	БП28	150×20	645	15,1	БП71	120×12	590	6,7
20К1, 20К2	15	145	135	БП29	90×8	175	1	БП72	80×8	150	0,8
23К1, 23К2	15	175	165	БП30	110×8	205	1,4	БП73	80×8	180	0,9
26К1, 26К2, 26К3	20	190	180	БП31	120×10	230	2,2	БП74	100×100	200	1,6
30К1, 30К2, 30К3	20	229	220	БП32	140×10	269	3	БП75	100×10	240	1,9
35К1, 35К2, 35К3	25	263	255	БП33	170×12	313	5	БП76	120×12	280	3,2
40К1, 40К2, 40К3, 40К4, 40К5	30	300	290	БП34	190×16	360	8,6	БП77	120×12	320	3,6
24ДБ1	20	180	170	БП35	50×6	220	0,5	БП51	50×6	190	0,4
27ДБ1	20	210	200	БП36	60×6	250	0,7	БП52	50×6	220	0,5
36ДБ1	20	295	280	БП37	60×6	335	0,9	БП80	50×6	300	0,7
35ДБ1	20	292	280	БП38	60×6	332	0,9	БП80	50×6	300	0,7
40ДБ1	20	340	330	БП39	60×6	380	1,1	БП81	50×6	350	0,8

Номер профиля	Размеры, мм			Тип I			Тип II				
	m	c	d	марка	размеры, мм		мас- са, кг	марка	размеры, мм		мас- са, кг
					a × δ	l			a × δ	l <sub>1</sub>	
45ДБ1	20	388	370	БП40	70×8	428	1,9	БП82	60×6	390	1,1
45ДБ2	20	383	370	БП41	80×8	423	2,1	БП82	60×6	390	1,1
30ДШ1	20	228	220	БП42	90×10	268	1,9	БП83	80×8	240	1,2
40ДШ1	25	310	305	БП43	140×10	360	4	БП84	120×10	330	3,1
50ДШ1	30	394	390	БП44	140 14	454	7	БП85	120×12	420	4,7

Примечание. См. примечания к табл. VIII.20.

### VIII.5. ПРОУШИНЫ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ ЭЛЕМЕНТОВ. МОНТАЖНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Таблица VIII.23. Проушины для транспортировки (Т) и кантовки (К) элементов конструкций

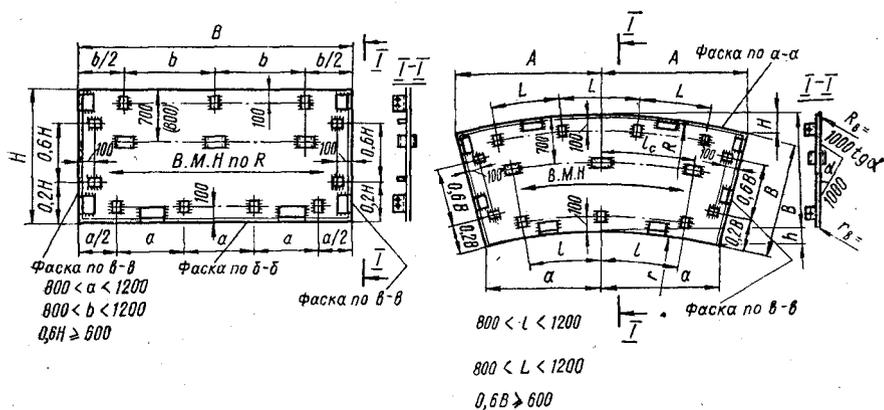
Грузоподъем- ность, т, не более	Эскиз		Характеристика детали			
	Т	К	марка	сечение мм	дли- на	масса, кг
1			T1	150×10	200	1,4
2			T2	150×12	200	1,7
3			T3	150×14	200	2
5			T4	150×16	250	2,4
6			K4	60×16	150	0,9
10			T5	150×20	250	2,9
10			K5	60×16	150	0,9

Продолжение табл. VIII. 23

Грузоподъемность, т, не более	Эскиз		Характеристика детали			
	Т	К	марка	сечение	длина	масса, кг
				мм		
15			T6	190×25	320	7,5
15			K6	100×16	200	1,9
20			T7	190×30	320	8,9
20			K7	100×20	200	2,4
25			T8	190×30	320	8,9
25			K7	100×20	200	2,4
30			T9	190×30	350	9,4
30			K7	100×20	200	2,4

Примечания: 1. На элементе следует устанавливать не менее двух проушин. 2. Грузоподъемность проушины зависит от массы элемента, например, для элемента массой 9 т требуется две проушины грузоподъемностью 10 т. 3. Расположение проушин для транспортировки на элементах конструкций указывается в чертежах КМД, проушины для кантовки — в технологических картах, при этом максимальное расстояние между проушинами не более 3000 мм, угол наклона троса или цепи к оси подъема не менее 45°. 4. Материал деталей проушин — сталь марки ВСтЗсп5 по ГОСТ 380—88.

Таблица VIII.24. Монтажные приспособления для сборки листовых конструкций (материал — сталь марки ВСт3кп2 по ГОСТ 380—88, кроме указанной на сборочных пробках)



Приспособление	Эскиз	Марка	Детали	Размеры, мм		Масса, кг
				сечение	длина,	

Сборочные шайбы		П1	П1	—50×16	50	0,3
		П2	П2	—50×20	50	0,4

Монтажные скобы		П3	П3	—80×8	160	0,8
-----------------	--	----	----	-------	-----	-----

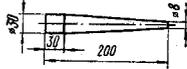
Фиксаторы		П4	П4	уг160×100×12	160	2,9
		П5	П5	уг100×100×14	160	3,3
		П6	П6	уг100×100×16	160	3,7
		П7	П7	уг125×125×14	160	4,2
		П8	П8	уг125×125×16	160	4,7

Сборочные пробки		П19	П19	Кр22,8 ВСт3пс2 по ГОСТ 380—88	130	0,5
------------------	--	-----	-----	----------------------------------	-----	-----

Продолжение табл. VIII.24

Приспособление	Эскиз	Марка	Детали	Размеры, мм		Масса, кг
				сечение	длина	

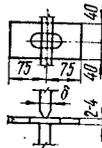
Сборочные клины



П20 П20 Кр30

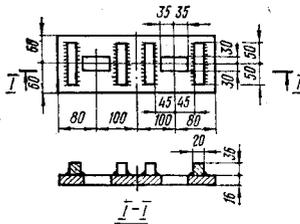
200 0,6

Монтажные прокладки



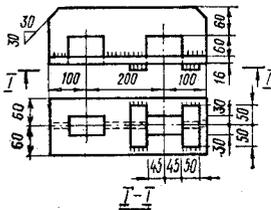
	сечение	отв.	δ			
П21	-80×2	23×50	8-14	150	0,2	
П22	-80×4	23×50	8-14	160	0,4	
П23	-80×2	23×60	16-30	150	0,2	
П24	-80×4	23×60	16-30	150	0,4	
П25	-80×2	23×80	32-50	150	0,2	
П26	-80×4	23×80	32-50	150	0,4	

Монтажные планки



		сечение	длина			
П27	П27-1	-120×16	360	5,4		
	П27-2	-36×20	100	0,5		
П28	П27-1	-120×16	360	5,4		
	П27-2	-36×20	100	0,5		
	П28-1	-50×2	100	0,1		
П29	П27-1	-120×16	360	5,4		
	П27-2	-36×20	100	0,5		
	П29-1	-50×4	100	0,2		
П30	П27-1	-120×16	360	5,4		
	П27-2	-36×20	100	0,5		
	П30-1	-50×6	100	0,2		
П31	П27-1	-120×16	360	5,4		
	П27-2	-36×20	100	0,5		
	П31-1	-50×8	100	0,3		
П32	П27-1	-120×16	360	5,4		
	П27-2	-36×20	100	0,5		
	П32-1	-50×10	100	0,4		

Монтажные тавры



П33	П33-1	-120×12	400	4,5		
	П33-2	-120×16	400	6		
П34	П33-1	-120×12	400	4,5		
	П33-2	-120×16	400	6		
	П28-1	-50×2	100	0,1		
П35	П33-1	-120×12	400	4,5		
	П33-2	-120×16	400	6		
	П29-1	-50×4	100	0,2		
П36	П33-1	-120×12	400	4,5		
	П33-2	-120×16	400	6		
	П30-1	-50×6	100	0,2		
П37	П33-1	-120×12	400	4,5		
	П33-2	-120×16	400	6		
	П31-1	-50×8	100	0,3		



Марка узла	Тип рельса	Размер А, мм	Детали				Расчетная температура, °С	
			планка		болт	гайка		шайба
			упорная	прижимная				
70ХЛ	КР70	95	У1ХЛ	П1ХЛ	M24 × 1.4.6*	M24.4	Ниже -40 до -65	
80ХЛ	КР80	100	У1ХЛ	П2ХЛ	ГОСТ 7798-70	ГОСТ 5915-70*		
100ХЛ	КР100	110	У2ХЛ	П1ХЛ				
120ХЛ	КР120	120	У3ХЛ	П1ХЛ				

Примечание. 1 — гайка; 2 — шайба; 3, 4 — планка соответственно прижимная и упорная; 5 — болт.

### VIII.6. ДЕТАЛИ КРЕПЛЕНИЯ И СТЫКИ РЕЛЬСОВ

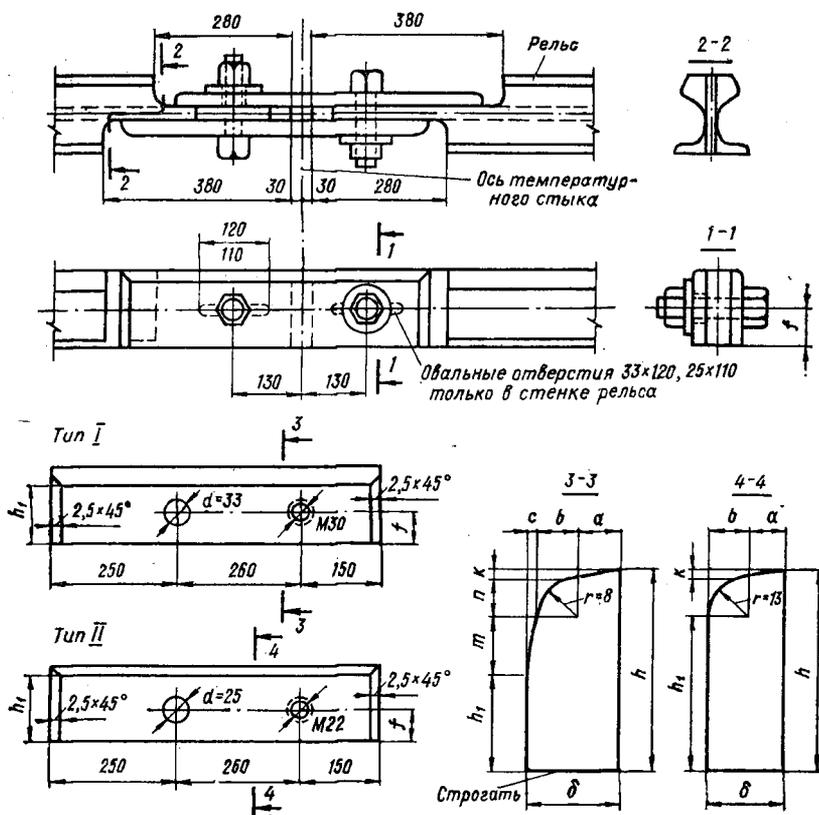
Таблица VIII.26. Упорные и прижимные планки

Эскиз	Обозначение планки	Размеры, мм				Масса, кг
		b	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	s	
	У1, У1ХЛ У2, У2ХЛ У3, У3ХЛ	85 85 85	65 65 65	— — —	8 10 12	0,9 1,1 1,4
<p>Усн.1    Усн.2    Rz 320 (V)</p>	П1, П1ХЛ П2, П2ХЛ	125 115	55 50	70 65	16 16	2,4 2,2

Примечания: 1. Длину болта *l* принимают для КР70, КР80, КР100 80 + δ, для КР120 — 85 + δ. 2. Материал деталей У1, У2, У3, П1, П2 — ВСт3кп2 по ГОСТ 380-88 деталей У1ХЛ, У2ХЛ, У3ХЛ, П1ХЛ, П2ХЛ — ВСт3Гпс5, ВСт3сп5 по ГОСТ 380-88 3. Пример обозначения: упорная планка — планка У1 ГОСТ 24741-81; прижимная планка исполнения 1 — планка П1 ГОСТ 24741-81, то же исполнения 2 — планка П1-2 ГОСТ 24741-81.



Таблица VIII.29. Стыковые накладки температурных стыков рельсов



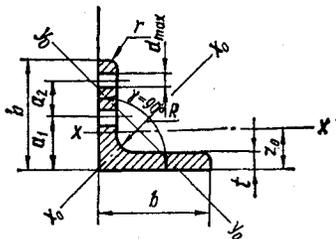
Рельс	Тип наклад-ки	Размеры, мм										Масса шт., кг
		a	b	c	k	n	m	f	h	h <sub>1</sub>	δ	

КР70	I	16	5	3	1	5,5	26	48	120	87,5	24	14,9
КР80	I	18	7	3	1,5	7	26,5	51	130	95	28	18,9
КР100	I	25	7	3	2	7	31	58	150	110	35	27,2
КР120	I	32	7	3	3	7	35	66	170	125	42	37
КР140	I	32	7	3	3	8	39	66	170	120	45	39,6
Р38	II	15	13	—	0,8	—	13	59,5	135	121,2	28	19,6
Р43	II	15	13	—	0,9	—	13	62,5	140	126,1	28	20,3

Примечание. Материал накладок сталь ВСтЗкп по ГОСТ 380—88.

# Раздел IX СОРТАМЕНТ

## IX.1. ГОРЯЧЕКАТАНЫЕ ПРОФИЛИ



Т а б л и ц а IX.1. Уголки стальные горячекатаные

Пример обозначения:  $\angle 50 \times 50 \times 3/\text{ГОСТ } 8509-86$

b	t	R	r	Масса 1 м уголка, кг	Площадь поперечно- го сечения, см <sup>2</sup>	Спра	
						x — x	
						I <sub>x</sub> см <sup>4</sup>	i <sub>x</sub> см
мм							
20	3	3,5	1,2	0,89	1,13	0,40	0,59
20	4	3,5	1,2	1,15	1,46	0,50	0,58
25	3	3,5	1,2	1,12	1,43	0,81	0,75
25	4	3,5	1,2	1,46	1,86	1,03	0,74
28	3	4	1,3	1,27	1,62	1,16	0,85
32	3	4,5	1,5	1,46	1,86	1,77	0,97
32	4	4,5	1,5	1,91	2,43	2,26	0,96
35	3	4,5	1,5	1,60	2,04	2,35	1,07
35	4	4,5	1,5	2,10	2,17	3,01	1,06
35	5	4,5	1,5	2,58	3,28	3,61	1,05
40	3	5	1,7	1,85	2,35	3,55	1,23
40	4	5	1,7	2,42	3,08	4,58	1,22
40	5	5	1,7	2,98	3,79	5,53	1,21
45	3	5	1,7	2,08	2,65	5,13	1,39
45	4	5	1,7	2,73	3,48	6,63	1,38
45	5	5	1,7	3,37	4,29	8,03	1,37
50	3	5,5	1,8	2,32	2,96	7,11	1,55
50	4	5,5	1,8	3,05	3,89	9,21	1,54
50	5	5,5	1,8	3,77	4,80	11,20	1,53
50	6	5,5	1,8	4,47	5,69	13,07	1,52
56	4	6	2	3,44	4,38	13,10	1,73
56	5	6	2	4,25	5,41	15,97	1,72
63	4	7	2,3	3,90	4,96	18,86	1,95
63	5	7	2,3	4,81	6,13	23,10	1,94
63	6	7	2,3	5,72	7,28	27,06	1,93
70	4,5	8,6	2,7	4,87	6,20	29,04	2,16
70	5	8	2,7	5,38	6,86	31,94	2,16
70	6	8	2,7	6,39	8,15	37,58	2,15
70	7	8	2,7	7,39	9,42	42,98	2,14
70	8	8	2,7	8,37	10,67	48,16	2,12
75	5	9	3	5,80	7,39	39,53	2,31
75	6	9	3	6,89	8,78	46,57	2,30
75	7	9	3	7,96	10,15	53,34	2,29
75	8	9	3	9,02	11,50	59,84	2,28
75	9	9	3	10,07	12,83	66,10	2,27
80	5,5	9	3	6,78	8,63	52,68	2,47
80	6	9	3	7,36	9,38	56,97	2,47
80	7	9	3	8,51	10,85	65,31	2,45
80	8	9	3	9,65	12,30	73,36	2,44

равнополочные по ГОСТ 8509—86

вочные величины для осей					$a_1$	$a_2$	$d_{\max}$
$x_0 - x_0$		$y_0 - y_0$		$z_0$ , CM			
$I_{x_0}$ max, CM <sup>4</sup>	$i_{x_0}$ max, CM	$I_{y_0}$ min, CM <sup>4</sup>	$i_{y_0}$ min, CM		MM		
0,63	0,75	0,17	0,39	0,60	—	—	—
0,78	0,73	0,22	0,38	0,64	—	—	—
1,29	0,95	0,34	0,49	0,73	—	—	—
1,62	0,93	0,44	0,48	0,76	—	—	—
1,84	1,07	0,48	0,55	0,80	—	—	—
2,80	1,23	0,74	0,63	0,89	—	—	—
3,58	1,21	0,94	0,62	0,94	—	—	—
3,72	1,35	0,97	0,69	0,97	—	—	—
4,76	1,33	1,25	0,68	1,01	—	—	—
5,71	1,32	1,52	0,68	1,05	—	—	—
5,63	1,55	1,47	0,79	1,09	—	—	—
7,26	1,53	1,90	0,78	1,13	—	—	—
8,75	1,52	2,30	0,78	1,17	—	—	—
8,13	1,75	2,12	0,89	1,21	25	0	11
10,52	1,74	2,74	0,89	1,26	25	0	11
12,74	1,72	3,33	0,88	1,30	25	0	11
11,27	1,95	2,95	1,00	1,33	30	0	13
14,63	1,94	3,80	0,99	1,38	30	0	13
17,77	1,92	4,63	0,98	1,42	30	0	13
20,72	1,91	5,43	0,98	1,46	30	0	13
20,79	2,18	5,41	1,11	1,52	30	0	15
25,36	2,16	6,59	1,10	1,57	30	0	15
29,90	2,45	7,81	1,25	1,69	35	0	17
36,60	2,44	9,52	1,25	1,74	35	0	17
42,94	2,43	11,18	1,24	1,78	35	0	17
46,03	2,72	12,04	1,39	1,88	40	0	19
50,67	2,72	13,22	1,39	1,90	40	0	19
59,64	2,71	15,52	1,38	1,94	40	0	19
68,19	2,69	17,77	1,37	1,99	40	0	19
76,35	2,68	19,97	1,37	2,02	40	0	19
62,65	2,91	16,41	1,49	2,02	45	0	21
73,87	2,90	19,28	1,48	2,06	45	0	21
84,61	2,89	22,07	1,47	2,10	45	0	21
94,89	2,87	24,80	1,47	2,15	45	0	21
104,72	2,86	27,48	1,46	2,18	45	0	21
83,56	3,11	21,8	1,59	2,17	45	0	21
90,40	3,11	23,54	1,58	2,19	45	0	21
103,66	3,09	26,97	1,58	2,23	45	0	21
116,39	3,08	30,32	1,57	2,27	45	0	21

b	t	R	r	Масса 1 м уголка, кг	Площадь поперечно- го сече- ния, см <sup>2</sup>	Спра	
						x — x	
						I <sub>x</sub> , см <sup>4</sup>	i <sub>x</sub> , см
мм							
90	6	10	3,3	8,33	10,61	82,10	2,78
90	7	10	3,3	9,64	12,28	94,30	2,77
90	8	10	3,3	10,93	13,93	106,11	2,76
90	9	10	3,3	12,20	15,60	118,00	2,75
100	6,5	12	4	10,06	12,82	122,10	3,09
100	7	12	4	10,79	13,75	130,59	3,08
100	8	12	4	12,25	15,60	147,19	3,07
100	10	12	4	15,10	19,24	178,95	3,05
100	12	12	4	17,90	22,80	208,90	3,03
100	14	12	4	20,63	26,28	237,15	3,00
100	16	12	4	23,30	29,68	263,82	2,98
110	7	12	4	11,89	15,15	175,61	3,40
120	8	12	4	13,50	17,20	198,17	3,39
125	8	14	4,6	15,46	19,69	294,36	3,87
125	9	14	4,6	17,30	22,00	327,48	3,86
125	10	14	4,6	19,10	24,33	359,82	3,85
125	12	14	4,6	22,68	28,89	422,23	3,82
125	14	14	4,6	26,20	33,37	481,76	3,80
125	16	14	4,6	29,65	37,77	538,56	3,78
140	9	14	4,6	19,41	24,72	465,72	4,34
140	10	14	4,6	21,45	27,33	512,29	4,33
140	12	14	4,6	25,50	32,49	602,49	4,31

Продолжение табл. IX.1

вочные величины для осей					$a_1$	$a_2$	$d_{\max}$
$x_0 - x_0$		$y_0 - y_0$		$z_0, \text{ см}$			
$I_{x_0} \text{ макс,}$ $\text{см}^4$	$i_{x_0} \text{ макс,}$ $\text{см}$	$I_{y_0} \text{ мин,}$ $\text{см}^4$	$i_{y_0} \text{ мин,}$ $\text{см}$		мм		
130,22	3,50	33,97	1,79	2,43	50	0	23
149,67	3,49	38,94	1,78	2,47	50	0	23
168,42	3,48	43,80	1,77	2,51	50	0	23
186,00	3,46	48,60	1,77	2,55	50	0	23
193,46	3,89	50,73	1,99	2,68	55	0	23
207,01	3,88	54,16	1,98	2,71	55	0	23
233,46	3,87	60,92	1,98	2,75	55	0	23
283,83	3,84	74,08	1,96	2,83	55	0	23
330,95	3,81	86,84	1,95	2,91	55	0	23
374,98	3,78	99,32	1,94	2,99	55	0	23
416,04	3,74	111,61	1,94	3,06	55	0	23
278,54	4,29	72,68	2,19	2,96	60	0	25
314,51	4,28	81,83	2,18	3	60	0	25
466,76	4,87	121,96	2,49	3,36	70 (55)	0 (35)	25 (23)
520,00	4,86	135,38	2,48	3,40	70 (55)	0 (35)	25 (23)
571,04	4,84	148,59	2,47	3,45	70 (55)	0 (35)	25 (23)
670,02	4,82	174,43	2,46	3,53	70 (55)	0 (35)	25 (23)
763,90	4,78	199,62	2,45	3,61	70 (55)	0 (35)	25 (23)
852,84	4,75	224,29	2,44	3,68	70 (55)	0 (35)	25 (23)
739,42	5,47	192,03	2,79	3,78	55 (60)	55 (45)	19 (25)
813,62	5,46	210,96	2,78	3,82	55 (60)	55 (45)	19 (25)
956,98	5,43	248,01	2,76	3,90	55 (60)	55 (45)	19 (25)

b	t	R	r	Масса 1 м уголка, кг	Площадь попереч- ного се- чения, см <sup>2</sup>	Спра	
						x — x	
						I <sub>x</sub> , см <sup>4</sup>	i <sub>x</sub> , см
мм							
160	10	16	5,3	24,67	31,43	774,24	4,96
160	11	16	5,3	27,02	34,42	844,21	4,95
160	12	16	5,3	28,35	37,39	912,89	4,94
160	14	16	5,3	33,97	43,57	1046,47	4,92
160	16	16	5,3	38,52	49,07	1175,19	4,89
160	18	16	5,3	43,01	54,79	1290,24	4,87
160	20	16	5,3	47,44	60,40	1418,85	4,85
180	11	16	5,3	30,47	38,80	1216,44	5,60
180	12	16	5,3	33,12	42,19	1316,62	5,59
200	12	18	6	36,97	47,10	1822,78	6,22
200	13	18	6	39,92	50,85	1960,77	6,21
200	14	18	6	42,80	54,60	2097	6,20
200	16	18	6	48,65	61,98	2362,57	6,17
200	20	18	6	60,08	76,54	2871,47	6,12
200	25	18	6	74,02	94,29	3466,21	6,06
200	30	18	6	87,56	111,54	4019,60	6,00
220	14	21	7	47,40	60,38	2814,36	6,83
220	16	21	7	53,83	68,58	3175,44	6,80
250	16	24	8	61,55	78,40	4717,10	7,76
250	18	24	8	68,86	87,72	5247,24	7,73
250	20	24	8	76,11	96,96	5764,87	7,71
250	22	24	8	83,31	106,12	6270,32	7,69
250	25	24	8	93,97	119,71	7006,39	7,65
250	28	24	8	104,50	133,12	7716,86	7,61
250	30	24	8	111,44	141,96	8176,82	7,59

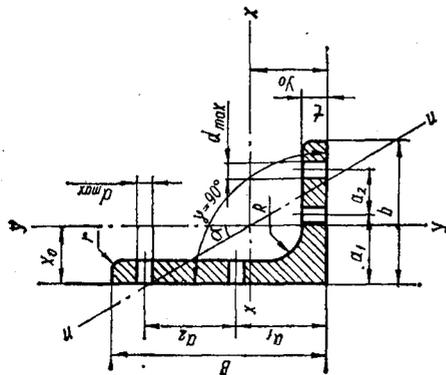
Примечания: 1. Размеры в скобках даны для отверстий, расположенных  
 дни приводятся в ГОСТе. 3. В ГОСТ даны также сортамент и характеристики уголков 25 ×  
 × 4 (5, 6, 8, 10), 70 × 70 × 10, 80 × 80 × 10 (12), 90 × 90 × 10 (12), 100 × 100 ×  
 20), 200 × 200 × 18 (24), изготовление которых производится по соглашению с потреби

Продолжение табл. IX.1

вочные величины для осей					$a_1$	$a_2$	$d_{\max}$
$x_0 - x_0$		$y_0 - y_0$		$z_0$ , см			
$I_{x_0}$ макс. см <sup>4</sup>	$I_{x_0}$ макс. см	$I_{y_0}$ мин. см <sup>4</sup>	$I_{y_0}$ мин. см		мм		
1229,10	6,25	319,38	3,19	4,30	60 (65)	65 (60)	21 (25)
1340,66	6,24	347,77	3,18	4,35	60 (65)	65 (60)	21 (25)
1450,00	6,23	375,78	3,17	4,39	60 (65)	65 (60)	21 (25)
1662,13	6,20	430,84	3,16	4,47	60 (65)	65 (60)	21 (25)
1865,73	6,17	484,64	3,14	4,55	60 (65)	65 (60)	21 (25)
2061,03	6,13	537,46	3,13	4,63	60 (65)	65 (60)	21 (25)
2248,26	6,10	589,43	3,12	4,70	60 (65)	65 (60)	21 (25)
1933,10	7,06	499,78	3,59	4,85	65	80	25
2092,78	7,04	540,45	3,58	4,89	65	80	25
2896,16	7,84	749,40	3,99	5,37	80	80	25
3116,18	7,83	805,35	3,98	5,42	80	80	25
3333	7,81	861	3,97	5,46	80	80	25
3755,39	7,78	969,74	3,96	5,54	80	80	25
4560,42	7,72	1181,92	3,93	5,70	80	80	25
5494,04	7,63	1438,38	3,91	5,89	80	80	25
6351,05	7,55	1688,16	3,89	6,07	80	80	25
4470,15	8,60	1158,56	4,38	5,91	90	90	28
5045,37	8,58	1305,52	4,36	6,02	90	90	28
7492,10	9,78	1942,09	4,98	6,75	100	90	28
8336,69	9,75	2157,78	4,96	6,83	100	90	28
9159,73	9,72	2370,01	4,94	6,91	100	90	28
9961,60	9,69	2579,04	4,93	7	100	90	28
11125,52	9,64	2887,26	4,91	7,11	100	90	28
12243,84	9,59	3189,89	4,90	7,23	100	90	28
12964,66	9,56	3388,98	4,89	7,31	100	90	28

в шахматном порядке. 2. Значения моментов сопротивления и центробежных моментов инерции: 25 × 5, 30 × 30 × 3 (4,5), 40 × 40 × 6, 45 × 45 × 6, 50 × 50 × 7 (8), 60 × 60 × 8 (15), 120 × 120 × 8 (10, 12, 15), 150 × 150 × 10 (12, 15, 18), 180 × 180 × 15 (18, 21, 24), 210 × 210 × 15 (18, 21, 24), 240 × 240 × 15 (18, 21, 24), 270 × 270 × 15 (18, 21, 24), 300 × 300 × 15 (18, 21, 24), 330 × 330 × 15 (18, 21, 24), 360 × 360 × 15 (18, 21, 24), 390 × 390 × 15 (18, 21, 24), 420 × 420 × 15 (18, 21, 24), 450 × 450 × 15 (18, 21, 24), 480 × 480 × 15 (18, 21, 24), 510 × 510 × 15 (18, 21, 24), 540 × 540 × 15 (18, 21, 24), 570 × 570 × 15 (18, 21, 24), 600 × 600 × 15 (18, 21, 24), 630 × 630 × 15 (18, 21, 24), 660 × 660 × 15 (18, 21, 24), 690 × 690 × 15 (18, 21, 24), 720 × 720 × 15 (18, 21, 24), 750 × 750 × 15 (18, 21, 24), 780 × 780 × 15 (18, 21, 24), 810 × 810 × 15 (18, 21, 24), 840 × 840 × 15 (18, 21, 24), 870 × 870 × 15 (18, 21, 24), 900 × 900 × 15 (18, 21, 24), 930 × 930 × 15 (18, 21, 24), 960 × 960 × 15 (18, 21, 24), 990 × 990 × 15 (18, 21, 24), 1020 × 1020 × 15 (18, 21, 24), 1050 × 1050 × 15 (18, 21, 24), 1080 × 1080 × 15 (18, 21, 24), 1110 × 1110 × 15 (18, 21, 24), 1140 × 1140 × 15 (18, 21, 24), 1170 × 1170 × 15 (18, 21, 24), 1200 × 1200 × 15 (18, 21, 24), 1230 × 1230 × 15 (18, 21, 24), 1260 × 1260 × 15 (18, 21, 24), 1290 × 1290 × 15 (18, 21, 24), 1320 × 1320 × 15 (18, 21, 24), 1350 × 1350 × 15 (18, 21, 24), 1380 × 1380 × 15 (18, 21, 24), 1410 × 1410 × 15 (18, 21, 24), 1440 × 1440 × 15 (18, 21, 24), 1470 × 1470 × 15 (18, 21, 24), 1500 × 1500 × 15 (18, 21, 24), 1530 × 1530 × 15 (18, 21, 24), 1560 × 1560 × 15 (18, 21, 24), 1590 × 1590 × 15 (18, 21, 24), 1620 × 1620 × 15 (18, 21, 24), 1650 × 1650 × 15 (18, 21, 24), 1680 × 1680 × 15 (18, 21, 24), 1710 × 1710 × 15 (18, 21, 24), 1740 × 1740 × 15 (18, 21, 24), 1770 × 1770 × 15 (18, 21, 24), 1800 × 1800 × 15 (18, 21, 24), 1830 × 1830 × 15 (18, 21, 24), 1860 × 1860 × 15 (18, 21, 24), 1890 × 1890 × 15 (18, 21, 24), 1920 × 1920 × 15 (18, 21, 24), 1950 × 1950 × 15 (18, 21, 24), 1980 × 1980 × 15 (18, 21, 24), 2010 × 2010 × 15 (18, 21, 24), 2040 × 2040 × 15 (18, 21, 24), 2070 × 2070 × 15 (18, 21, 24), 2100 × 2100 × 15 (18, 21, 24), 2130 × 2130 × 15 (18, 21, 24), 2160 × 2160 × 15 (18, 21, 24), 2190 × 2190 × 15 (18, 21, 24), 2220 × 2220 × 15 (18, 21, 24), 2250 × 2250 × 15 (18, 21, 24), 2280 × 2280 × 15 (18, 21, 24), 2310 × 2310 × 15 (18, 21, 24), 2340 × 2340 × 15 (18, 21, 24), 2370 × 2370 × 15 (18, 21, 24), 2400 × 2400 × 15 (18, 21, 24), 2430 × 2430 × 15 (18, 21, 24), 2460 × 2460 × 15 (18, 21, 24), 2490 × 2490 × 15 (18, 21, 24), 2520 × 2520 × 15 (18, 21, 24), 2550 × 2550 × 15 (18, 21, 24), 2580 × 2580 × 15 (18, 21, 24), 2610 × 2610 × 15 (18, 21, 24), 2640 × 2640 × 15 (18, 21, 24), 2670 × 2670 × 15 (18, 21, 24), 2700 × 2700 × 15 (18, 21, 24), 2730 × 2730 × 15 (18, 21, 24), 2760 × 2760 × 15 (18, 21, 24), 2790 × 2790 × 15 (18, 21, 24), 2820 × 2820 × 15 (18, 21, 24), 2850 × 2850 × 15 (18, 21, 24), 2880 × 2880 × 15 (18, 21, 24), 2910 × 2910 × 15 (18, 21, 24), 2940 × 2940 × 15 (18, 21, 24), 2970 × 2970 × 15 (18, 21, 24), 3000 × 3000 × 15 (18, 21, 24), 3030 × 3030 × 15 (18, 21, 24), 3060 × 3060 × 15 (18, 21, 24), 3090 × 3090 × 15 (18, 21, 24), 3120 × 3120 × 15 (18, 21, 24), 3150 × 3150 × 15 (18, 21, 24), 3180 × 3180 × 15 (18, 21, 24), 3210 × 3210 × 15 (18, 21, 24), 3240 × 3240 × 15 (18, 21, 24), 3270 × 3270 × 15 (18, 21, 24), 3300 × 3300 × 15 (18, 21, 24), 3330 × 3330 × 15 (18, 21, 24), 3360 × 3360 × 15 (18, 21, 24), 3390 × 3390 × 15 (18, 21, 24), 3420 × 3420 × 15 (18, 21, 24), 3450 × 3450 × 15 (18, 21, 24), 3480 × 3480 × 15 (18, 21, 24), 3510 × 3510 × 15 (18, 21, 24), 3540 × 3540 × 15 (18, 21, 24), 3570 × 3570 × 15 (18, 21, 24), 3600 × 3600 × 15 (18, 21, 24), 3630 × 3630 × 15 (18, 21, 24), 3660 × 3660 × 15 (18, 21, 24), 3690 × 3690 × 15 (18, 21, 24), 3720 × 3720 × 15 (18, 21, 24), 3750 × 3750 × 15 (18, 21, 24), 3780 × 3780 × 15 (18, 21, 24), 3810 × 3810 × 15 (18, 21, 24), 3840 × 3840 × 15 (18, 21, 24), 3870 × 3870 × 15 (18, 21, 24), 3900 × 3900 × 15 (18, 21, 24), 3930 × 3930 × 15 (18, 21, 24), 3960 × 3960 × 15 (18, 21, 24), 3990 × 3990 × 15 (18, 21, 24), 4020 × 4020 × 15 (18, 21, 24), 4050 × 4050 × 15 (18, 21, 24), 4080 × 4080 × 15 (18, 21, 24), 4110 × 4110 × 15 (18, 21, 24), 4140 × 4140 × 15 (18, 21, 24), 4170 × 4170 × 15 (18, 21, 24), 4200 × 4200 × 15 (18, 21, 24), 4230 × 4230 × 15 (18, 21, 24), 4260 × 4260 × 15 (18, 21, 24), 4290 × 4290 × 15 (18, 21, 24), 4320 × 4320 × 15 (18, 21, 24), 4350 × 4350 × 15 (18, 21, 24), 4380 × 4380 × 15 (18, 21, 24), 4410 × 4410 × 15 (18, 21, 24), 4440 × 4440 × 15 (18, 21, 24), 4470 × 4470 × 15 (18, 21, 24), 4500 × 4500 × 15 (18, 21, 24), 4530 × 4530 × 15 (18, 21, 24), 4560 × 4560 × 15 (18, 21, 24), 4590 × 4590 × 15 (18, 21, 24), 4620 × 4620 × 15 (18, 21, 24), 4650 × 4650 × 15 (18, 21, 24), 4680 × 4680 × 15 (18, 21, 24), 4710 × 4710 × 15 (18, 21, 24), 4740 × 4740 × 15 (18, 21, 24), 4770 × 4770 × 15 (18, 21, 24), 4800 × 4800 × 15 (18, 21, 24), 4830 × 4830 × 15 (18, 21, 24), 4860 × 4860 × 15 (18, 21, 24), 4890 × 4890 × 15 (18, 21, 24), 4920 × 4920 × 15 (18, 21, 24), 4950 × 4950 × 15 (18, 21, 24), 4980 × 4980 × 15 (18, 21, 24), 5010 × 5010 × 15 (18, 21, 24), 5040 × 5040 × 15 (18, 21, 24), 5070 × 5070 × 15 (18, 21, 24), 5100 × 5100 × 15 (18, 21, 24), 5130 × 5130 × 15 (18, 21, 24), 5160 × 5160 × 15 (18, 21, 24), 5190 × 5190 × 15 (18, 21, 24), 5220 × 5220 × 15 (18, 21, 24), 5250 × 5250 × 15 (18, 21, 24), 5280 × 5280 × 15 (18, 21, 24), 5310 × 5310 × 15 (18, 21, 24), 5340 × 5340 × 15 (18, 21, 24), 5370 × 5370 × 15 (18, 21, 24), 5400 × 5400 × 15 (18, 21, 24), 5430 × 5430 × 15 (18, 21, 24), 5460 × 5460 × 15 (18, 21, 24), 5490 × 5490 × 15 (18, 21, 24), 5520 × 5520 × 15 (18, 21, 24), 5550 × 5550 × 15 (18, 21, 24), 5580 × 5580 × 15 (18, 21, 24), 5610 × 5610 × 15 (18, 21, 24), 5640 × 5640 × 15 (18, 21, 24), 5670 × 5670 × 15 (18, 21, 24), 5700 × 5700 × 15 (18, 21, 24), 5730 × 5730 × 15 (18, 21, 24), 5760 × 5760 × 15 (18, 21, 24), 5790 × 5790 × 15 (18, 21, 24), 5820 × 5820 × 15 (18, 21, 24), 5850 × 5850 × 15 (18, 21, 24), 5880 × 5880 × 15 (18, 21, 24), 5910 × 5910 × 15 (18, 21, 24), 5940 × 5940 × 15 (18, 21, 24), 5970 × 5970 × 15 (18, 21, 24), 6000 × 6000 × 15 (18, 21, 24), 6030 × 6030 × 15 (18, 21, 24), 6060 × 6060 × 15 (18, 21, 24), 6090 × 6090 × 15 (18, 21, 24), 6120 × 6120 × 15 (18, 21, 24), 6150 × 6150 × 15 (18, 21, 24), 6180 × 6180 × 15 (18, 21, 24), 6210 × 6210 × 15 (18, 21, 24), 6240 × 6240 × 15 (18, 21, 24), 6270 × 6270 × 15 (18, 21, 24), 6300 × 6300 × 15 (18, 21, 24), 6330 × 6330 × 15 (18, 21, 24), 6360 × 6360 × 15 (18, 21, 24), 6390 × 6390 × 15 (18, 21, 24), 6420 × 6420 × 15 (18, 21, 24), 6450 × 6450 × 15 (18, 21, 24), 6480 × 6480 × 15 (18, 21, 24), 6510 × 6510 × 15 (18, 21, 24), 6540 × 6540 × 15 (18, 21, 24), 6570 × 6570 × 15 (18, 21, 24), 6600 × 6600 × 15 (18, 21, 24), 6630 × 6630 × 15 (18, 21, 24), 6660 × 6660 × 15 (18, 21, 24), 6690 × 6690 × 15 (18, 21, 24), 6720 × 6720 × 15 (18, 21, 24), 6750 × 6750 × 15 (18, 21, 24), 6780 × 6780 × 15 (18, 21, 24), 6810 × 6810 × 15 (18, 21, 24), 6840 × 6840 × 15 (18, 21, 24), 6870 × 6870 × 15 (18, 21, 24), 6900 × 6900 × 15 (18, 21, 24), 6930 × 6930 × 15 (18, 21, 24), 6960 × 6960 × 15 (18, 21, 24), 6990 × 6990 × 15 (18, 21, 24), 7020 × 7020 × 15 (18, 21, 24), 7050 × 7050 × 15 (18, 21, 24), 7080 × 7080 × 15 (18, 21, 24), 7110 × 7110 × 15 (18, 21, 24), 7140 × 7140 × 15 (18, 21, 24), 7170 × 7170 × 15 (18, 21, 24), 7200 × 7200 × 15 (18, 21, 24), 7230 × 7230 × 15 (18, 21, 24), 7260 × 7260 × 15 (18, 21, 24), 7290 × 7290 × 15 (18, 21, 24), 7320 × 7320 × 15 (18, 21, 24), 7350 × 7350 × 15 (18, 21, 24), 7380 × 7380 × 15 (18, 21, 24), 7410 × 7410 × 15 (18, 21, 24), 7440 × 7440 × 15 (18, 21, 24), 7470 × 7470 × 15 (18, 21, 24), 7500 × 7500 × 15 (18, 21, 24), 7530 × 7530 × 15 (18, 21, 24), 7560 × 7560 × 15 (18, 21, 24), 7590 × 7590 × 15 (18, 21, 24), 7620 × 7620 × 15 (18, 21, 24), 7650 × 7650 × 15 (18, 21, 24), 7680 × 7680 × 15 (18, 21, 24), 7710 × 7710 × 15 (18, 21, 24), 7740 × 7740 × 15 (18, 21, 24), 7770 × 7770 × 15 (18, 21, 24), 7800 × 7800 × 15 (18, 21, 24), 7830 × 7830 × 15 (18, 21, 24), 7860 × 7860 × 15 (18, 21, 24), 7890 × 7890 × 15 (18, 21, 24), 7920 × 7920 × 15 (18, 21, 24), 7950 × 7950 × 15 (18, 21, 24), 7980 × 7980 × 15 (18, 21, 24), 8010 × 8010 × 15 (18, 21, 24), 8040 × 8040 × 15 (18, 21, 24), 8070 × 8070 × 15 (18, 21, 24), 8100 × 8100 × 15 (18, 21, 24), 8130 × 8130 × 15 (18, 21, 24), 8160 × 8160 × 15 (18, 21, 24), 8190 × 8190 × 15 (18, 21, 24), 8220 × 8220 × 15 (18, 21, 24), 8250 × 8250 × 15 (18, 21, 24), 8280 × 8280 × 15 (18, 21, 24), 8310 × 8310 × 15 (18, 21, 24), 8340 × 8340 × 15 (18, 21, 24), 8370 × 8370 × 15 (18, 21, 24), 8400 × 8400 × 15 (18, 21, 24), 8430 × 8430 × 15 (18, 21, 24), 8460 × 8460 × 15 (18, 21, 24), 8490 × 8490 × 15 (18, 21, 24), 8520 × 8520 × 15 (18, 21, 24), 8550 × 8550 × 15 (18, 21, 24), 8580 × 8580 × 15 (18, 21, 24), 8610 × 8610 × 15 (18, 21, 24), 8640 × 8640 × 15 (18, 21, 24), 8670 × 8670 × 15 (18, 21, 24), 8700 × 8700 × 15 (18, 21, 24), 8730 × 8730 × 15 (18, 21, 24), 8760 × 8760 × 15 (18, 21, 24), 8790 × 8790 × 15 (18, 21, 24), 8820 × 8820 × 15 (18, 21, 24), 8850 × 8850 × 15 (18, 21, 24), 8880 × 8880 × 15 (18, 21, 24), 8910 × 8910 × 15 (18, 21, 24), 8940 × 8940 × 15 (18, 21, 24), 8970 × 8970 × 15 (18, 21, 24), 9000 × 9000 × 15 (18, 21, 24), 9030 × 9030 × 15 (18, 21, 24), 9060 × 9060 × 15 (18, 21, 24), 9090 × 9090 × 15 (18, 21, 24), 9120 × 9120 × 15 (18, 21, 24), 9150 × 9150 × 15 (18, 21, 24), 9180 × 9180 × 15 (18, 21, 24), 9210 × 9210 × 15 (18, 21, 24), 9240 × 9240 × 15 (18, 21, 24), 9270 × 9270 × 15 (18, 21, 24), 9300 × 9300 × 15 (18, 21, 24), 9330 × 9330 × 15 (18, 21, 24), 9360 × 9360 × 15 (18, 21, 24), 9390 × 9390 × 15 (18, 21, 24), 9420 × 9420 × 15 (18, 21, 24), 9450 × 9450 × 15 (18, 21, 24), 9480 × 9480 × 15 (18, 21, 24), 9510 × 9510 × 15 (18, 21, 24), 9540 × 9540 × 15 (18, 21, 24), 9570 × 9570 × 15 (18, 21, 24), 9600 × 9600 × 15 (18, 21, 24), 9630 × 9630 × 15 (18, 21, 24), 9660 × 9660 × 15 (18, 21, 24), 9690 × 9690 × 15 (18, 21, 24), 9720 × 9720 × 15 (18, 21, 24), 9750 × 9750 × 15 (18, 21, 24), 9780 × 9780 × 15 (18, 21, 24), 9810 × 9810 × 15 (18, 21, 24), 9840 × 9840 × 15 (18, 21, 24), 9870 × 9870 × 15 (18, 21, 24), 9900 × 9900 × 15 (18, 21, 24), 9930 × 9930 × 15 (18, 21, 24), 9960 × 9960 × 15 (18, 21, 24), 9990 × 9990 × 15 (18, 21, 24), 10000 × 10000 × 15 (18, 21, 24), 10010 × 10010 × 15 (18, 21, 24), 10020 × 10020 × 15 (18, 21, 24), 10030 × 10030 × 15 (18, 21, 24), 10040 × 10040 × 15 (18, 21, 24), 10050 × 10050 × 15 (18, 21, 24), 10060 × 10060 × 15 (18, 21, 24), 10070 × 10070 × 15 (18, 21, 24), 10080 × 10080 × 15 (18, 21, 24), 10090 × 10090 × 15 (18, 21, 24), 10100 × 10100 × 15 (18, 21, 24), 10110 × 10110 × 15 (18, 21, 24), 10120 × 10120 × 15 (18, 21, 24), 10130 × 10130 × 15 (18, 21, 24), 10140 × 10140 × 15 (18, 21, 24), 10150 × 10150 × 15 (18, 21, 24), 10160 × 10160 × 15 (18, 21, 24), 10170 × 10170 × 15 (18, 21, 24), 10180 × 10180 × 15 (18, 21, 24), 10190 × 10190 × 15 (18, 21, 24), 10200 × 10200 × 15 (18, 21, 24), 10210 × 10210 × 15 (18, 21, 24), 10220 × 10220 × 15 (18, 21, 24), 10230 × 10230 × 15 (18, 21, 24), 10240 × 10240 × 15 (18, 21, 24), 10250 × 10250 × 15 (18, 21, 24), 10260 × 10260 × 15 (18, 21, 24), 10270 × 10270 × 15 (18, 21, 24), 10280 × 10280 × 15 (18, 21, 24), 10290 × 10290 × 15 (18, 21, 24), 10300 × 10300 × 15 (18, 21, 24), 10310 × 10310 × 15 (18, 21, 24), 10320 × 10320 × 15 (18, 21, 24), 10330 × 10330 × 15 (18, 21, 24), 10340 × 10340 × 15 (18, 21, 24), 10350 × 10350 × 15 (18, 21, 24), 10360 × 10360

Таблица IX.2. Уголки стальные горячекатаные неравнополочные по ГОСТ 8510—86  
 Пример обозначения: L 63 X 40 X 4 ГОСТ 8510—86



B	b	t	R	r	Масса 1 м угол-ка, кг	Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	Справочные величины для осей						x <sub>0</sub>	φ <sub>0</sub>	Полка B		Полка b		
							l <sup>x</sup> см <sup>4</sup>	l <sup>x</sup> см <sup>3</sup>	l <sup>y</sup> см <sup>4</sup>	l <sup>y</sup> см <sup>3</sup>	l <sup>z</sup> см <sup>4</sup>	l <sup>z</sup> см <sup>3</sup>			l <sup>u</sup> мин. см	l <sup>u</sup> макс. см	Угол наклона осей к g <sub>0</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>
25	16	3	3,5	1,2	0,91	1,16	0,70	0,78	0,22	0,44	0,13	0,34	0,392	0,42	0,86	—	—	—	—
32	20	3	3,5	1,2	1,17	1,49	1,52	1,01	0,46	0,55	0,28	0,43	0,382	0,49	1,08	—	—	—	—
32	20	4	3,5	1,2	1,52	1,94	1,93	1,00	0,57	0,54	0,35	0,43	0,374	0,53	1,12	—	—	—	—
40	25	3	4	1,3	1,48	1,89	3,06	1,27	0,93	0,70	0,56	0,54	0,365	0,59	1,32	—	—	—	—
40	25	4	4	1,3	1,94	2,47	3,93	1,26	1,18	0,69	0,71	0,54	0,381	0,63	1,37	—	—	—	—
40	25	5	4	1,3	2,38	3,03	4,73	1,25	1,41	0,68	0,86	0,53	0,374	0,66	1,41	—	—	—	—

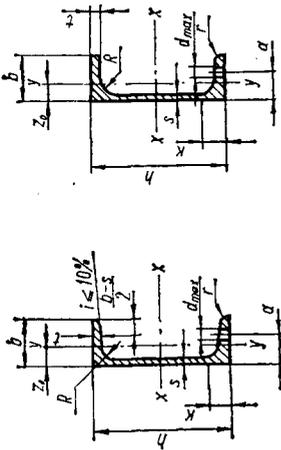
45	28	3	5	1,7	1,68	2,14	4,41	1,43	1,32	0,79	0,61	0,382	0,64	1,47	25	0	11	--	--
45	28	4	5	1,7	2,20	2,80	5,68	1,42	1,69	0,78	1,02	0,60	0,379	0,68	1,51	25	0	11	--
50	32	3	5,5	1,8	1,90	2,42	6,18	1,60	1,99	0,91	1,18	0,70	0,403	0,72	1,60	30	0	13	--
50	32	4	5,5	1,8	2,49	3,17	7,98	1,59	2,56	0,90	1,52	0,69	0,401	0,76	1,65	30	0	13	--
56	36	4	6	2	2,81	3,58	11,37	1,78	3,70	1,02	2,19	0,78	0,406	0,84	1,82	30	0	15	--
56	36	5	6	2	3,46	4,41	13,82	1,77	4,48	1,01	2,65	0,78	0,404	0,88	1,87	30	9	15	--
63	40	4	7	2,3	3,17	4,04	16,33	2,01	5,16	1,13	3,07	0,87	0,397	0,91	2,03	35	0	17	--
63	40	5	7	2,3	3,91	4,98	19,91	2	6,26	1,12	3,73	0,86	0,396	0,95	2,08	35	0	17	--
63	40	6	7	2,3	4,63	5,90	23,31	1,99	7,29	1,11	4,36	0,86	0,393	0,99	2,12	35	0	17	--
63	40	8	7	2,3	6,03	7,68	29,60	1,96	9,15	1,09	5,58	0,85	0,386	1,07	2,20	35	0	17	--
70	45	5	7,5	2,5	4,39	5,59	27,76	2,23	9,05	1,27	5,34	0,98	0,406	1,05	2,28	40	0	19	25
75	50	5	8	2,7	4,79	6,11	34,81	2,39	12,47	1,43	7,24	1,09	0,436	1,17	2,39	45	0	21	30
75	50	6	8	2,7	5,69	7,25	40,92	2,38	14,60	1,42	8,48	1,08	0,435	1,21	2,44	45	0	21	30
75	50	8	8	2,7	7,43	9,47	52,38	2,35	18,52	1,40	10,87	1,07	0,430	1,29	2,52	45	0	21	30
80	50	5	8	2,7	4,99	6,36	41,64	2,56	12,68	1,41	7,57	1,09	0,387	1,13	2,60	45	0	21	30
80	50	6	8	2,7	5,92	7,55	48,98	2,55	14,85	1,40	8,88	1,08	0,386	1,17	2,65	45	0	21	30
90	56	5,5	9	3	6,17	7,86	65,28	2,88	19,67	1,58	11,77	1,22	0,384	1,26	2,92	50	0	23	30
90	56	6	9	3	6,70	8,54	70,58	2,88	21,22	1,58	12,70	1,22	0,384	1,28	2,95	50	0	23	30
90	56	8	8	8,77	11,18	90,87	90,87	2,85	27,08	1,56	16,29	1,21	0,380	1,36	3,04	50	0	23	30
100	63	6	10	3,3	7,53	9,59	98,29	3,20	30,58	1,79	18,20	1,38	0,393	1,42	3,23	50	0	23	35
6	7	8,70	11,09	112,86	3,19	34,99	1,78	34,99	34,99	1,78	20,83	1,37	0,392	1,46	3,28	50	0	23	35
8	8	9,87	12,57	126,96	3,18	39,21	1,77	39,21	39,21	1,77	23,38	1,36	0,391	1,50	3,32	50	0	23	35
10	10	12,14	15,47	133,83	3,15	47,13	1,75	47,13	47,13	1,75	28,34	1,35	0,387	1,58	3,40	50	0	23	35
110	70	6,5	10	3,3	8,98	11,45	142,42	3,53	45,61	2,00	26,94	1,53	0,402	1,58	3,55	60	0	25	40
8	8	10,93	13,93	171,54	3,51	54,64	1,98	54,64	54,64	1,98	32,31	1,52	0,400	1,64	3,61	60	0	25	40
125	80	7	11	3,7	11,04	14,06	226,53	4,01	73,73	2,29	43,40	1,76	0,407	1,80	4,01	70	0	25	45
8	8	12,53	15,96	255,62	4,00	82,95	2,28	82,95	82,95	2,28	48,82	1,75	0,406	1,84	4,05	70	0	25	45
10	10	15,47	19,70	311,61	3,98	100,47	2,26	100,47	100,47	2,26	59,33	1,74	0,404	1,92	4,14	70	0	25	45
12	12	18,34	23,36	364,79	3,95	116,84	2,24	116,84	116,84	2,24	69,47	1,72	0,400	2,00	4,22	70	0	25	45

Продолжение табл. IX.2

B	b	t	R	r	Масса I и угол- ка, кг	Площадь попе- речного сече- ния, см <sup>2</sup>	Справочные величины для осей						x <sub>0</sub>	y <sub>0</sub>	Полка B			Полка b												
							I x, см <sup>4</sup>	I y, см <sup>4</sup>	I x-y, см <sup>4</sup>	I u, см <sup>4</sup>	I u, см <sup>4</sup>	Угол накло- на оси к α			a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	d max	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	d max	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	d max							
мм																														
140	90	8	12	4	14,13	18,00	363,68	4,49	119,79	2,58	70,27	1,98	0,411	2,03	4,49	55	55	19	50	0	23	(60)	(45)	(25)	(60)	(45)	(25)	(60)	(45)	(25)
		10			17,46	22,24	444,45	4,47	145,54	2,56	85,51	1,96	0,409	2,12	4,58	55	55	19	50	0	23	(60)	(45)	(25)	(60)	(45)	(25)	(60)	(45)	(25)
160	100	9	13	4,3	17,96	22,87	605,97	5,15	186,03	2,85	110,40	2,20	0,391	2,24	5,19	60	65	21	55	0	23	(65)	(60)	(25)	(65)	(60)	(25)	(65)	(60)	(25)
		10			19,85	25,28	666,59	5,13	204,09	2,84	121,16	2,19	0,390	2,28	5,23	60	65	21	55	0	23	(65)	(60)	(25)	(65)	(60)	(25)	(65)	(60)	(25)
		12			23,58	30,04	784,22	5,11	238,75	2,82	142,14	2,18	0,388	2,36	5,32	60	65	21	55	0	23	(65)	(60)	(25)	(65)	(60)	(25)	(65)	(60)	(25)
		14			27,26	34,72	897,19	5,08	271,60	2,80	162,49	2,16	0,385	2,43	5,40	60	65	21	55	0	23	(65)	(60)	(25)	(65)	(60)	(25)	(65)	(60)	(25)
180	110	10	14	4,7	22,24	28,33	952,28	5,80	276,37	3,12	165,44	2,42	0,375	2,44	5,88	65	80	25	60	0	25	(65)	(60)	(25)	(65)	(60)	(25)	(65)	(60)	(25)
		12			26,44	33,69	1122,56	5,77	324,09	3,10	194,28	2,40	0,374	2,52	5,97	65	80	25	60	0	25	(65)	(60)	(25)	(65)	(60)	(25)	(65)	(60)	(25)
200	125	11	14	4,7	27,37	34,87	1449,02	6,45	446,36	3,58	263,84	2,75	0,392	2,79	6,50	80	80	25	70	0	25	(55)	(35)	(23)	(55)	(35)	(23)	(55)	(35)	(23)
		12			29,74	37,89	1568,19	6,43	481,93	3,57	285,04	2,74	0,392	2,83	6,54	80	80	25	70	0	25	(55)	(35)	(23)	(55)	(35)	(23)	(55)	(35)	(23)
		14			34,43	43,87	1800,83	6,41	550,77	3,54	326,54	2,73	0,390	2,91	6,62	80	80	25	70	0	25	(55)	(35)	(23)	(55)	(35)	(23)	(55)	(35)	(23)
		16			39,07	49,77	2026,08	6,38	616,66	3,52	366,99	2,72	0,388	2,99	6,71	80	80	25	70	0	25	(55)	(35)	(23)	(55)	(35)	(23)	(55)	(35)	(23)

Примечания: 1. Размеры в скобках даны для отверстий, расположенных в шахматном порядке. 2. Значения моментов сопротивления приводятся в ГОСТе. 3. В ГОСТе приводятся также сортаменты и характеристики углоков 30 X 20 X 3 (4), 40 X 30 X 4 (5), 65 X 50 X 5 (6, 7, 8), 75 X 50 X 7, 80 X 60 X 6 (7, 8), 100 X 65 X 7 (8, 10), изготовление которых производится по согласию с потребителем.

Т а б л и ц а IX.3. Сталь горячекатаная, швеллеры по ГОСТ 8240—72\*  
 Пример обозначения: [20]ГОСТ 8240—72\*  
 [20П]ГОСТ 8240—72\*



№ швеллера	мм						Масса I м. кг	Площадь сечения, см²	Справочные величины для осей						k	a	d <sub>max</sub>
	h	b	s	t	R	r			x-x			y-y					
									I <sub>x</sub> см⁴	W <sub>x</sub> см³	I <sub>x</sub> см	I <sub>y</sub> см⁴	W <sub>y</sub> см³	I <sub>y</sub> см			

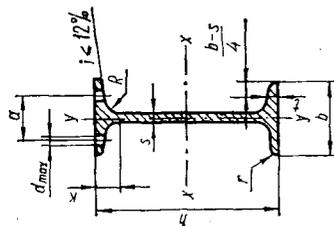
Швеллеры с уклоном внутренних граней полож

5	50	32	4,4	7	6	2,5	4,84	6,16	22,8	9,1	1,92	5,59	5,61	2,75	0,954	1,16	9	20	9
6,5	65	36	4,4	7,2	6	2,5	5,90	7,51	48,6	15	2,94	9	8,70	3,68	1,08	1,24	14	20	11
8	80	40	4,5	7,4	6,5	2,5	7,05	8,98	89,4	22,4	3,16	13,3	12,8	4,75	1,19	1,31	15	25	11
10	100	46	4,5	7,6	7	3	8,59	10,90	174	34,8	3,99	20,4	20,40	6,46	1,37	1,44	16	30	13
12	120	52	4,8	7,8	7,5	3	10,4	13,30	304	50,6	4,78	29,6	31,2	8,52	1,53	1,54	17	30	17
14	140	58	4,9	8,1	8	3	12,3	15,60	491	70,2	5,60	40,8	45,4	11,0	1,70	1,67	18	35	17
14a	140	62	4,9	8,7	8	3	13,3	17	545	77,8	5,66	45,1	57,5	13,3	1,84	1,87	19	35	17
16	160	64	5	8,4	8,5	3,5	14,2	18,10	747	93,4	6,42	54,1	63,3	13,8	1,87	1,80	19	40	19
16a	160	68	5	9	8,5	3,5	15,3	19,50	823	103	6,49	59,4	78,3	16,4	2,01	2	20	40	19
18	180	70	5,1	8,7	9	3,5	16,3	20,7	1090	121	7,24	69,8	86	17	2,04	1,94	20	40	21
18a	180	74	5,1	9,3	9	3,5	17,4	22,2	1190	132	7,32	76,1	105	20	2,18	2,13	21	45	21
20	200	76	5,2	9	9,5	4	18,4	23,4	1520	152	8,07	87,8	113	20,5	2,20	2,07	21	45	23
20a	200	80	5,2	9,7	9,5	4	19,8	25,2	1670	167	8,15	95,9	139	24,2	2,35	2,28	22	50	23

Продолжение табл. IX.3

№ швеллера	мм						Масса 1 м, кг	Площадь сече- ния, см <sup>2</sup>	Справочные величины для осей						z <sub>0</sub>	k	a	d <sub>max</sub>
	h	b	s	t	R	r			x-x			y-y						
									I <sup>x</sup> , см <sup>4</sup>	W <sup>x</sup> , см <sup>3</sup>	I <sup>x</sup> , см	S <sup>x</sup> , см	I <sup>y</sup> , см <sup>4</sup>	W <sup>y</sup> , см <sup>3</sup>				
22	220	82	5,4	9,5	10	4	21	36,7	2110	192	8,89	110	151	25,1	2,37	2,21	22,5	23
22а	220	87	5,4	10,2	10	4	22,6	28,8	2330	212	8,99	121	187	30	2,55	2,46	23,5	25
24	240	90	5,6	10,0	10,5	4	24	30,6	2900	242	9,73	139	208	31,6	2,60	2,42	24	25
24а	240	95	5,6	10,7	10,5	4	25,8	32,9	3180	265	9,84	151	254	37,2	2,78	2,67	25	25
27	270	95	6	10,5	11	4,5	27,7	35,2	4160	308	10,90	178	262	37,3	2,73	2,47	25	25
30	300	100	6,5	11	12	5	31,8	40,5	5810	387	12,00	224	327	43,6	2,84	2,52	26,5	25
40	400	115	8	13,5	15,0	6	48,3	61,5	15 220	761	15,70	444	642	73,4	3,23	2,75	32,5	25
<i>Швеллеры с параллельными гранями полок</i>																		
5П	50	32	4,4	7,0	6	3,5	4,84	6,16	22,8	9,14	1,92	5,61	5,95	2,99	0,983	1,21	14	20
6,5П	65	36	4,4	7,2	6	3,5	5,90	7,51	48,8	15,0	2,55	9,02	9,35	4,06	1,120	1,29	14	20
8П	80	40	4,5	7,4	6,5	3,5	7,05	8,98	89,8	22,5	3,16	13,3	13,9	5,31	1,24	1,38	15	25
10П	100	46	4,5	7,6	7	4	8,59	10,9	175	34,9	3,99	20,5	22,6	7,37	1,44	1,53	16	30
12П	120	52	4,8	7,8	7,5	4,5	10,4	13,3	305	50,8	4,79	29,7	34,9	9,84	1,62	1,66	17	30
14П	140	58	4,9	8,1	8	4,5	12,3	15,6	493	70,4	5,61	40,8	51,5	12,9	1,81	1,82	18	35
14аП	140	62	4,9	8,4	8	4,5	13,3	17	547	78,2	5,68	45,2	65,2	15,7	1,96	2,04	19	35
16П	160	64	5	8,7	8,5	5	14,2	18,1	750	93,8	6,44	54,3	72,8	16,4	2	1,97	19	40
16аП	160	68	5	9,0	8,5	5	15,3	19,5	827	103,0	6,51	59,5	90,5	19,6	2,15	2,19	20	40
18П	180	70	5,1	8,7	9	5	16,3	20,7	1090	121,0	7,26	70	100,0	20,6	2,20	2,14	20	40
18аП	180	74	5,1	9,3	9	5	17,4	22,2	1200	133,0	7,34	76,3	123	24,3	2,35	2,36	21	45
20П	200	76	5,2	9,0	9,5	5,5	18,4	23,4	1530	153,0	8,08	88	134	25,2	2,39	2,30	21	45
20аП	200	80	5,2	9,7	9,5	5,5	19,8	25,2	1680	168,0	8,17	96,2	162	29,7	2,54	2,53	22	50
22П	220	82	5,4	9,5	10	6	21	26,7	2120	193,0	8,90	111	178	31	2,58	2,47	22,5	50
22аП	220	87	5,4	10,2	10	6	22,6	28,8	2340	212,0	9,01	121	220	37	2,77	2,75	23,5	50
24П	240	90	5,6	10,0	10,5	6	24	30,6	2910	243,0	9,75	139	248	39,5	2,85	2,72	24	50
24аП	240	95	5,6	10,7	10,5	6	25,8	32,9	3200	266,0	9,86	152	302	46,5	3,03	3,01	25	60
27П	270	95	6	10,5	11	6,5	27,7	35,2	4180	310,0	10,90	178	314	46,7	2,99	2,78	25	60
30П	300	100	6,5	11,0	12	7	31,8	40,5	5830	369,0	12,00	224	393	54,8	3,12	2,83	26,5	60
40П	400	115	8	13,5	15	9	48,3	61,5	15 260	763	15,8	445	760	88,9	3,51	3,05	32,5	70

Т а б л и ц а IX.4. Сталь горячекатаная, балки двутавровые по ГОСТ 8239—72\*  
Пример обозначения: I 30/ГОСТ 8239—72\*

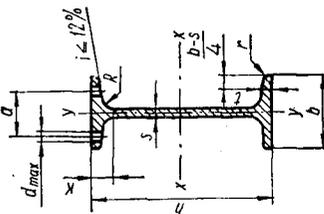


Номер балки	мм						Масса I, кг	Площадь сечения, см <sup>2</sup>	Справочные величины для осей						k	a	d <sub>max</sub>	
	h	b	s	t	R	r			x-x			y-y						
									I <sub>x</sub> см <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> см <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> см	S <sub>x</sub> см <sup>2</sup>	I <sub>y</sub> см <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> см <sup>3</sup>				i <sub>y</sub> см
10	100	55	4,5	7,2	7	2,5	9,48	12	198	39,7	4,06	23,0	17,9	6,49	1,22	15	32	9
12	120	64	4,8	7,3	7,5	3	11,5	14,7	350	58,4	4,88	33,7	27,9	8,72	1,38	16	36	11
14	140	73	4,9	7,5	8,0	3	13,7	17,4	572	61,7	5,73	46,8	41,9	11,50	1,55	16,5	40	11
16	160	81	5	7,8	6,5	3,5	15,9	20,2	873	109	6,57	62,3	58,6	14,50	1,70	17,5	45	13
18	180	90	5,1	8,1	9	3,5	18,4	23,4	1290	143	7,42	81,4	82,6	18,40	1,88	18,5	50	15
18a	180	100	5,1	8,3	9	3,5	19,9	25,4	1430	159	7,51	89,8	114	22,80	2,12	19	55	17
20	200	100	5,2	8,4	9,5	4	21	26,8	1840	184	8,28	104	115	23,10	2,07	19,5	55	17

Продолжение табл. IX.4

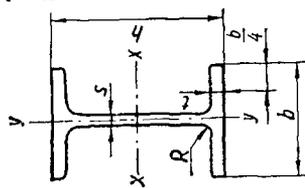
Номер балки	мм						Масса 1 м. кг	Площадь сече- ния, см <sup>2</sup>	Справочные величины для осей						k	a	d, макс	
	h	b	s	t	R	r			x-x			y-y						
									I <sub>x</sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> , см <sup>3</sup>	I <sub>x</sub> , см	S <sub>x</sub> , см <sup>2</sup>	I <sub>y</sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> , см <sup>3</sup>				I <sub>y</sub> , см
20a	200	110	5,2	8,6	9,5	4	22,7	28,9	2030	203	8,37	114	155	28,20	2,32	20	60	19
22	220	110	5,4	8,7	10	4	24	30,6	2550	232	9,13	131	157	28,60	2,27	21	60	19
22a	220	120	5,4	8,9	10	4	25,8	32,8	2790	254	9,22	143	206	34,30	2,50	21	65	21
24	240	115	5,6	9,5	10,5	4	27,3	34,8	3460	289	9,97	163	198	34,50	2,37	22	60	19
24a	240	125	5,6	9,8	10,5	4	29,4	37,5	3800	317	10,10	178	260	41,60	2,63	22,5	70	21
27	270	125	6	9,8	11	4,5	31,5	40,2	5010	371	11,20	210	260	41,50	2,54	23	70	21
27a	270	135	6	10,2	11	4,5	33,9	43,2	5500	407	11,30	229	337	50	2,80	24	70	23
30	300	135	6,5	10,2	12	5	36,5	46,5	7080	472	12,30	268	337	49,90	2,69	24,5	70	23
30a	300	145	6,5	10,7	12	5	39,2	39,2	7780	518	12,50	292	436	60,10	2,95	26	80	23
33	330	140	7	11,2	13	5	42,2	53,8	9840	597	13,50	339	419	59,90	2,79	26,5	80	23
36	360	145	7,5	12,3	14	6	48,6	61,9	13380	743	14,70	423	516	71,10	2,89	29	80	23
40	400	155	8,3	13	15	6	57	72,6	19062	953	16,20	545	667	86,10	3,03	30,5	80	23
45	450	160	9	14,2	16	7	66,5	84,7	27696	1231	18,10	708	808	101	3,09	33	90	23
50	500	170	10	15,2	17	7	78,5	100	39727	1589	19,90	919	1043	123	3,23	35	100	25
55	550	180	11	16,5	18	7	92,6	118	55962	2035	21,80	1181	1356	151	3,39	37,5	100	25
60	600	190	12	17,8	20	8	108	138	76806	2560	23,60	1491	1725	182	3,54	41	110	25

Т а б л и ц а IX.5. Балки двугранные для подвесных путей по ГОСТ 19425—74\*  
 Пример обозначения: I 24М/ГОСТ 19425—74\*



№ профиля	Размеры, мм						Масса I м, кг	Площадь сече- ния, см <sup>2</sup>	Сравочные величины относительно осей						k	a	d <sub>max</sub> мм	
	h	b	s	t	R	r			x — x			y — y						
									W <sup>x</sup> см <sup>3</sup>	I <sup>x</sup> см <sup>4</sup>	S <sup>x</sup> см <sup>2</sup>	I <sup>y</sup> см <sup>4</sup>	W <sup>y</sup> см <sup>3</sup>	I <sup>y</sup> см <sup>4</sup>				
18М	180	90	7	12	9	3,5	25,8	32,9	1760	196	7,32	113	130	28,9	1,99	22,5	50	15
24М	240	110	8,2	14	10,5	4	38,3	48,7	4640	387	9,75	223	276	50,2	2,38	26,5	60	19
30М	300	130	9	15	12	6	50,2	64	9500	633	12,2	364	480	73,9	2,74	29	70	21
36М	360	130	9,5	16	14	6	67,9	73,8	15 340	852	14,4	493	518	79,7	2,65	32	70	21
45М	450	150	10,5	18	16	7	77,6	98,8	31 900	1420	18	821	892	119	3	36	80	23

Т а б л и ц а IX.6. Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок по ГОСТ 26020—83  
 [Пример обозначения: 140 К1/ГОСТ 26020—83]



№ профиля	Линейная плотность, кг/м	Размеры, мм						Площадь сечения, мм <sup>2</sup>	Справочные величины для осей					
		h	b	s	t	R	x—x			y—y				
							I <sub>x</sub> , см <sup>4</sup>		W <sub>x</sub> , см <sup>3</sup>	S <sub>x</sub> , см <sup>3</sup>	I <sub>y</sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> , см <sup>3</sup>	I <sub>1</sub> , см <sup>4</sup>	
10Б1	8,1	100	55	4,1	5,7		10,32	171	34,2	19,7	4,07	16,9	5,8	1,24
12Б1	8,7	117,6	64	3,8	5,1		11,03	257	43,8	24,9	4,83	22,4	7	1,42
12Б2	10,4	120	64	4,4	6,3	7	13,21	318	53	30,4	4,90	27,7	8,6	1,45
14Б1	10,5	137,4	73	3,8	5,6		13,39	435	63,3	35,8	5,70	36,4	10	1,65
14Б2	12,9	140	73	4,7	6,9		16,43	541	77,3	44,2	5,74	44,9	12,3	1,65
16Б1	12,7	157	82	4	5,9		16,18	689	87,8	49,5	6,53	54,4	13,3	1,83
16Б2	15,8	160	82	5	7,4		20,09	869	108,7	61,9	6,58	68,3	16,6	1,84
18Б1	15,4	177	91	4,3	6,5	9	19,58	1063	120,1	67,7	7,37	81,9	18	2,04
18Б2	18,8	180	91	5,3	8		23,95	1317	146,3	83,2	7,41	100,8	22,2	2,05
20Б1	22,4	200	100	5,6	8,5		28,49	1943	194,3	110,3	8,26	142,3	28,5	2,23
23Б1	25,8	230	110	5,6	9	12	32,91	2996	260,5	147,2	9,54	200,3	36,4	2,47
26Б1	28	268	120	5,8	8,5		35,62	4024	312,0	176,6	10,63	245,6	40,9	2,63
26Б2	31,2	261	120	6	10		39,70	4654	356,6	201,5	10,83	288,8	48,1	2,70

Нормальные двутавры

30Б1	32,9	296	140	5,8	8,5	15	41,92	6328	427,0	240,0	12,29	390,0	55,7	3,05
30Б2	36,6	299	140	6,0	10		46,67	7293	487,8	273,8	12,50	458,6	65,5	3,13
35Б1	38,9	346	155	6,2	8,5	18	49,53	10 060	581,7	328,6	14,25	529,6	68,3	3,27
35Б2	43,3	349	155	6,5	10		55,17	11 550	662,2	373	14,47	622,9	80,4	3,36
40Б1	48,1	392	165	7	9,5		61,25	15 750	803,6	456	16,03	714,9	86,7	3,42
40Б2	54,7	396	165	7,5	11,5		69,72	18 530	935,7	529,7	16,30	865	104,8	3,52
45Б1	59,8	443	180	7,8	11		76,23	24 940	1125,8	639,5	18,09	1073,7	119,3	3,75
45Б2	67,5	447	180	8,4	13	21	85,96	28 870	1291,9	732,9	18,32	1269	141	3,84
50Б1	73	492	200	8,8	12		92,98	37 160	1511	860,4	19,99	1606	160,6	4,16
50Б2	80,7	496	200	9,2	14	21	102,80	42 390	1709	970,2	20,30	1873	187,3	4,27
55Б1	89	543	220	9,5	13,5		113,37	55 680	2051	1165	22,16	2404	218,6	4,61
55Б2	97	547	220	10	15,5		124,75	62 790	2296	1302	22,43	2760	250,9	4,70
60Б1	106,2	593	230	10,5	15,5	24	135,26	78 760	2656	1512	24,13	3154	274,3	4,83
60Б2	115,6	597	230	11	17,5		147,30	87 640	2936	1669	24,39	3561	309,6	4,92
70Б1	129,3	691	260	12	15,5		164,70	125 930	3645	2095	27,65	4556	350,5	5,26
70Б2	144,2	697	260	12,5	18,5		183,60	145 912	4187	2393	28,19	5437	418,3	5,44
80Б1	159,5	791	280	13,5	17	26	203,20	199 500	5044	2917	31,33	6244	446,0	5,54
80Б2	177,9	798	280	14	20,5		226,60	232 200	5820	3343	32,01	7527	537,6	5,76
90Б1	194	893	300	15	18,5		247,10	304 400	6817	3964	35,09	8365	557,6	5,82
90Б2	213,8	900	300	15,5	22		272,40	349 200	7760	4480	35,80	9943	662,8	6,04
100Б1	230,6	990	320	16	21	30	293,82	446 000	9011	5234	38,96	11 520	719,9	6,26
100Б2	258,2	998	320	17	25		328,90	516 400	10 350	5980	39,62	13 710	856,9	6,46
100Б3	285,7	1006	320	18	29		364	597 700	11 680	6736	40,18	15 900	993,9	6,61
100Б4	314,5	1013	320	19,5	32,5		400,60	655 400	12 940	7470	40,45	17 830	1114,3	6,67

Широкополосные дугаары

20Ш1	30,6	196	193	6	9	13	38,95	2660	275	153	8,26	507	67,6	3,61
23Ш1	36,2	226	155	6,5	10	14	46,08	4260	377	210	9,62	622	80,2	3,67
26Ш1	42,7	251	180	7	10	16	54,37	6225	496	276	10,70	974	108,2	4,23
26Ш2	49,2	255	180	7,5	12		62,73	7429	583	325	10,88	1168	129,8	4,31
30Ш1	53,6	291	200	8	11		68,31	10 400	715	398	12,34	1470	147	4,64
30Ш2	61	295	200	8,5	13	18	77,65	12 200	827	462	12,53	1737	173,7	4,73

Продолжение табл. IX.6

№ профиля	Линейная плотность, кг/м	Размеры, мм				К	Площадь сечения, см <sup>2</sup>	Справочные величины для осей					
		h	b	s	t			$I_x$ см <sup>4</sup>	$I_y$ см <sup>4</sup>	$I_{x-x}$ см <sup>4</sup>	$I_{y-y}$ см <sup>4</sup>	$W_x$ см <sup>3</sup>	$W_y$ см <sup>3</sup>
30Ш3	68,3	299	200	9	15	87	14 040	939	526	12,70	2004	200,4	4,80
35Ш1	75,1	338	250	9,5	12,5	95,67	19 790	1171	651	14,38	3260	261	5,84
35Ш2	82,2	341	250	10,0	14	104,74	22 070	1295	721	14,52	3650	292	5,90
35Ш3	91,30	345	250	10,5	16	116,30	25 140	1458	813	14,70	4170	334	5,99
40Ш1	96,1	388	300	9,5	14	122,40	34 360	1771	976	16,76	6306	420	7,18
40Ш2	111,1	392	300	11,5	16	141,60	39 700	2025	1125	16,75	7209	481	7,14
40Ш3	123,4	396	300	12,5	18	157,20	44 740	2260	1259	16,87	8111	541	7,18
50Ш1	114,4	484	300	11	15	145,70	60 930	2518	1403	20,45	6762	451	6,81
50Ш2	138,7	489	300	14,5	17,5	176,60	72 530	2967	1676	20,26	7900	526	6,69
50Ш3	156,4	495	300	15,5	20,5	199,20	84 200	3402	1923	20,56	9250	617	6,81
50Ш4	174,1	501	300	16,5	23,5	221,70	96 150	3838	2173	20,82	10 600	707	6,92
60Ш1	142,1	580	320	12	17	181,10	107 300	3701	2068	24,35	9302	581	7,17
60Ш2	176,9	587	320	16	20,5	225,30	131 800	4490	2544	24,19	11 230	702	7,06
60Ш3	205,5	595	320	18	24,5	261,80	156 900	5273	2997	24,48	13 420	839	7,16
60Ш4	234,2	603	320	20	28,5	298,34	182 500	6055	3455	24,73	15 620	976	7,23
70Ш1	169,9	683	320	13,5	19	216,40	172 000	5036	2843	28,19	10 400	650	6,93
70Ш2	197,6	691	320	15	23	251,70	205 500	5949	3360	28,58	12 590	787	7,07
70Ш3	235,4	700	320	18	27,5	299,80	247 100	7059	4017	28,72	15 070	942	7,09
70Ш4	268,1	708	320	20,5	31,5	341,60	284 400	8033	4598	28,85	17 270	1079	7,11
70Ш5	305,9	718	320	23	36,5	389,70	330 600	9210	5298	29,13	20 020	1251	7,17
20К1	41,5	195	200	6,5	10	52,82	3820	392	216	8,50	1334	133	5,03
20К2	46,9	198	200	7	11,5	59,70	4422	447	247	8,61	1534	153	5,07

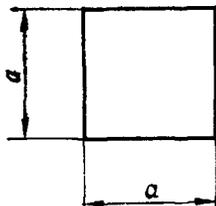
Колонные двутавры

23К1	52,2	227	240	7	10,5	14	66,51	6589	580	318	9,95	2421	202	6,03
23К2	59,5	230	240	8	12	14	75,77	7601	661	365	10,02	2766	231	6,04
26К1	65,2	255	260	8	12	16	83,08	10 300	809	445	11,14	3517	271	6,51
26К2	73,2	258	260	9	13,5	16	93,19	11 700	907	501	11,21	3957	304	6,52
26К3	83,1	262	260	10	15,5	16	105,90	13 560	1035	576	11,32	4544	349	6,55
30К1	84,8	296	300	9	13,5	18	108	18 110	1223	672	12,95	6079	405	7,50
30К2	96,3	300	300	10	15,5	18	122,70	20 930	1395	771	13,06	6980	465	7,54
30К3	108,9	304	300	11,5	17,5	18	138,72	23 910	1573	874	13,12	7881	525	7,54
35К1	109,7	343	350	10	15	20	139,70	31 610	1843	1010	15,04	10 720	613	8,76
35К2	125,9	348	350	11	17,5	20	160,40	37 090	2132	1173	15,21	12 510	715	8,83
35К3	144,5	353	350	13	20	20	184,10	42 970	2435	1351	15,28	14 300	817	8,81
40К1	138,0	393	400	11	16,5	22	175,80	52 400	2664	1457	17,26	17 610	880	10
40К2	165,6	400	400	13	20	22	210,96	64 140	3207	1767	17,44	21 350	1067	10,06
40К3	202,3	409	400	16	24,5	22	257,80	80 040	3914	2180	17,62	26 150	1307	10,07
40К4	242,2	419	400	19	29,5	22	308,60	98 340	4694	2642	17,85	31 500	1575	10,10
40К5	291,2	431	400	23	35,5	22	371,00	121 570	5642	3217	18,10	37 910	1896	10,11

*Деутавры дополнительной серии (Д)*

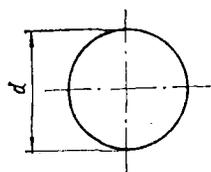
24ДБ1	27,8	239	115	5,5	9,3	15	35,45	3535	295,8	166,6	9,99	236,8	41,2	2,58
27ДБ1	31,9	269	125	6	9,5	15	40,68	5068	376,8	212,7	11,16	310,5	49,7	2,76
35ДБ1	33,6	349	127	5,8	8,5	15	42,78	8540	489,4	279,4	14,13	291,5	45,9	2,61
36ДБ1	49,1	360	146	7,2	12,5	18	62,60	13 800	766,4	434,1	14,84	627,6	86,6	3,17
40ДБ1	39,7	399	139	6,2	9	15	50,58	13 050	654,2	374,5	16,06	404,4	58,2	2,83
45ДБ1	52,6	450	152	7,4	11	15	67,05	21 810	969,2	556,8	18,04	646,2	85,0	3,10
45ДБ2	65	450	180	7,6	13,3	18	82,8	28 840	1280	772	18,7	1300	144	3,96
30ДШ1	72,7	300,6	201,6	9,4	16	18	92,6	15 090	1000	563	12,8	2200	218	4,87
40ДШ1	124	397,6	302	11,5	18,7	22	159	46 330	2330	1290	17,1	8590	569	7,36
50ДШ1	155	497,2	303,8	14,2	21	26	198	86 010	3470	1950	20,8	9830	647	7,05

$a \leq 100$  Таблица IX.7. Сталь горячекатаная квадратная по ГОСТ 2591—88



Пример обозначения: кв. 80×80/ГОСТ 2591—88

а, мм	Масса 1 м, кг	Площадь сечения, см <sup>2</sup>	а, мм	Масса 1 м, кг	Площадь сечения, см <sup>2</sup>
6	0,283	0,36	46	16,61	21,16
7	0,385	0,49	48	18,09	23,04
8	0,502	0,64	50	19,62	25
9	0,636	0,81	52	21,23	27,04
10	0,785	1	55	23,75	30,25
11	0,95	1,21	58	26,40	33,64
12	1,13	1,44	60	28,26	36
13	1,33	1,69	63	31,16	39,69
14	1,54	1,96	65	33,17	42,25
15	1,77	2,25	70	38,46	49
16	2,01	2,56	75	44,16	56,25
17	2,27	2,89	80	50,24	64
18	2,54	3,24	85	56,72	72,25
19	2,82	3,61	90	63,58	81
20	3,14	4	93	67,90	86,49
21	3,46	4,41	95	70,85	90,25
22	3,80	4,84	100	78,5	100
23	4,15	5,29	105	110,25	86,57
24	4,52	5,76	110	121	94,98
25	4,91	6,25	115	132,25	103,82
26	5,30	6,76	120	144	113,04
27	5,72	7,29	126	156,25	122,66
28	6,15	7,84	130	169	132,67
29	6,60	8,41	135	182,25	143,07
30	7,06	9	140	196	153,86
32	8,04	10,24	145	210,25	165,05
34	9,07	11,56	150	225	176,63
35	9,62	12,25	160	256	200,96
36	10,17	12,96	170	289	227
38	11,24	14,14	180	324	254
40	12,56	16	190	361	283
42	13,85	17,64	200	400	314
45	15,90	20,16			

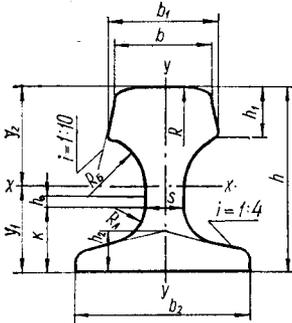


Т а б л и ц а IX.8 Сталь горячекатаная круглая по  
ГОСТ 2590—88

Пример обозначения: кр. 20/ГОСТ 2590—88

$d$ , мм	Масса, кг	Площадь сечения, см <sup>2</sup>	$d$ , мм	Масса, кг	Площадь сечения, см <sup>2</sup>
5	0,154	0,1963	45	12,48	15,90
5,5	0,186	0,2376	48	14,20	18,10
6	0,222	0,2827	50	15,42	19,64
6,3	0,245	0,3117	53	17,32	22,06
6,5	0,260	0,3318	56	19,33	24,64
7	0,302	0,3848	60	22,19	28,27
8	0,395	0,5027	63	24,47	31,17
9	0,499	0,6362	65	26,05	33,18
10	0,616	0,7854	70	30,21	38,48
11	0,746	0,9503	75	34,68	44,18
12	0,888	1,131	80	39,46	50,27
13	1,04	1,327	85	44,54	56,75
14	1,21	1,539	90	49,94	63,62
15	1,39	1,767	95	55,64	70,88
16	1,58	2,011	100	61,65	78,54
17	1,78	2,270	105	67,97	86,59
18	2	2,545	110	74,60	95,03
19	2,23	2,835	120	88,78	113,10
20	2,47	3,142	125	96,33	122,72
21	2,72	3,464	130	104,20	132,73
22	2,98	3,801	140	120,84	153,94
24	3,55	4,524	150	138,72	176,72
25	3,85	4,909	160	157,83	201,06
26	4,17	5,309	170	178,18	226,98
28	4,83	6,158	180	199,76	254,47
30	5,55	7,069	190	222,57	283,53
32	6,31	8,042	200	246,62	314,16
34	7,13	9,079	210	271,89	346,36
36	7,99	10,18	220	298,40	380,13
38	8,90	11,34	240	355,13	452,39
40	9,86	12,57	250	385,34	490,88
42	10,88	13,85	270	449,22	572,26

Т а б л и ц а IX.9 Рельсы крановые по  
ГОСТ 4121—76\*  
Пример обозначения: КР120/ГОСТ 4121—76\*



Типы рельсов	Масса 1 м, кг	Размеры, мм											
		b	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	s	h	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	R	R <sub>A</sub>	R <sub>B</sub>	k	h <sub>0</sub>
КР70	52,77	70	76,5	120	28	120	32,5	24	400	23	38	38,5	13,5
КР80	64,24	80	87	130	32	130	35	26	400	26	44	42	12,2
КР100	89,05	100	108	150	38	150	40	30	450	30	50	48,7	13,5
КР120	118,29	120	129	170	44	170	45	35	500	34	56	56	14,5
КР140	146,98	140	150	170	60	170	50	40	700	40	60	63,7	—2

Т а б л и ц а IX.10. Справочные величины крановых рельсов по ГОСТ 4121—76\*

Типы рельсов	Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	Расстояние до центра тяжести		Ось x — x			Ось y — y	
		y <sub>1</sub>	y <sub>2</sub>	I <sub>x</sub> , см <sup>4</sup>	$W_1 = \frac{I_x}{y_1}$ , см <sup>3</sup>	$W_2 = \frac{I_x}{y_2}$ , см <sup>3</sup>	I <sub>y</sub> , см <sup>4</sup>	$W_3 = \frac{2I_y}{b^2}$ , см <sup>3</sup>
КР70	67,22	5,93	6,07	1083,3	178,3	178,5	319,7	53,3
КР80	81,84	6,47	6,53	1523,7	233,3	233,3	468,6	72,1
КР100	113,44	7,63	7,37	2805,9	367,9	380,7	919,5	122,7
КР120	150,69	8,69	8,31	4794,2	551,7	576,9	1672	196,7
КР140	187,24	8,75	8,25	5528,3	632,1	670,1	2608,7	306,9

Примечание. Для крановых рельсов по ГОСТ 4121—76\* применяется сталь К63 со следующими механическими свойствами: предел прочности — 735 МПа, предел текучести — 370 МПа, относительное удлинение — 10 %.

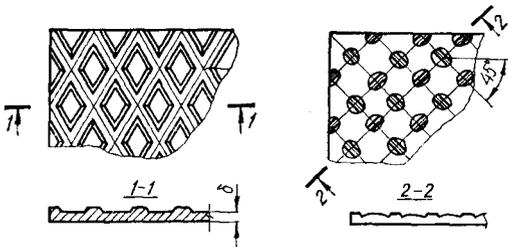
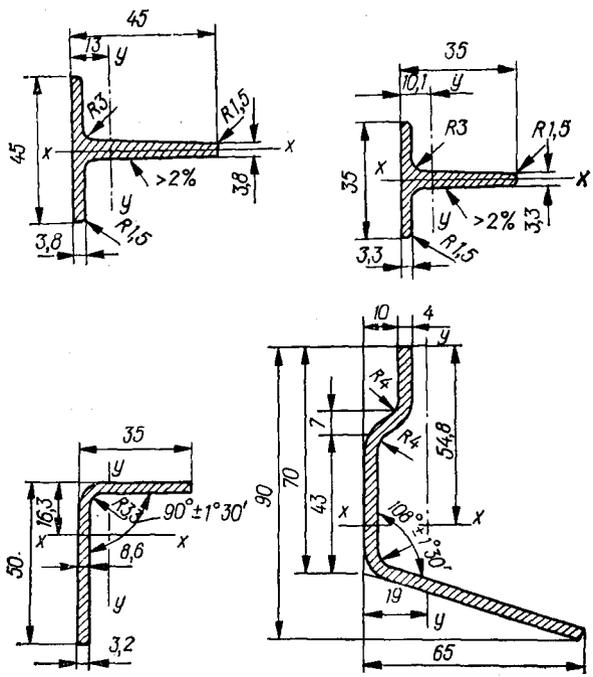
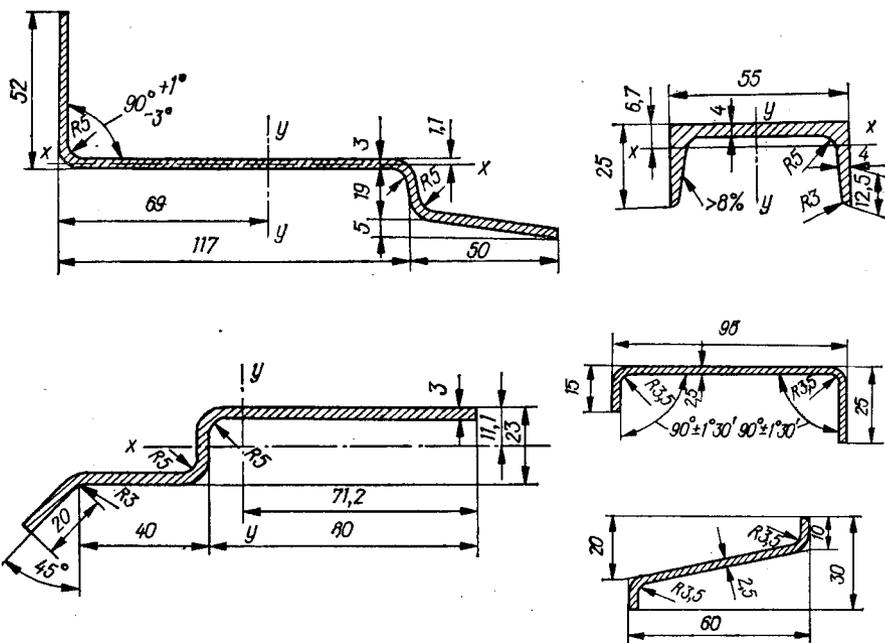


Таблица IX.11. Сталь листовая рифленая по ГОСТ 8568—77\*  
 Пример обозначения: рифл. рб. — 500×6/ГОСТ 8568—77\*  
 рифл. чв. — 500×6/ГОСТ 8568—77\*

Ромбическая сталь		Чечевичная сталь	
Толщина основания листа, мм	Масса 1 м <sup>2</sup> , кг	Толщина основания листа, мм	Масса 1 м <sup>2</sup> , кг
2,5	21	2,5	20,1
3	25,1	3	24,2
4	33,5	4	32,2
5	41,8	5	40,5
6	50	6	48,5
8	66,6	8	64,9
10	83	10	80,9
12	99,3	12	96,8

Таблица IX.12. Профили стальные для оконных и фонарных переплетов и оконных панелей производственных зданий по ГОСТ 7511—73\*

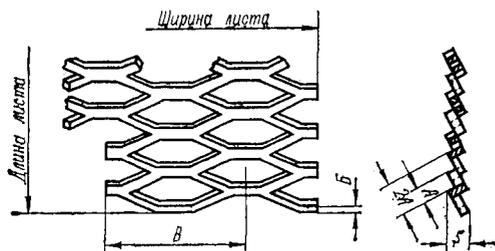




Пример обозначения: проф. ок. № 8/ГОСТ 7511—73\*

№ профиля	Масса 1 м, кг	Площадь сечения, см <sup>2</sup>	Справочные величины для осей			
			x — x		y — y	
			$I_{x^2}$ , см <sup>4</sup>	$W_{x^2}$ , см <sup>3</sup>	$I_{y^2}$ , см <sup>4</sup>	$W_{y^2}$ , см <sup>3</sup>
1	3,05	3,88	1,78	0,97	16,39	5,95
5	2,85	3,63	2,88	1,28	6,69	2,09
6	1,90	2,42	1,17	0,67	2,66	1,07
7	2,04	2,60	6,77	2,01	2,81	1,07
8	4,33	5,58	20,45	7,38	21,96	4,52
9	5,36	6,82	200,40	20,46	21,06	4,02
10	3,66	4,66	5,60	2,15	68,50	9,63
11	2,55	3,25	—	—	—	—
12	1,57	2	—	—	—	—

## IX.2. ХОЛОДНОГНУТЫЕ И ГНУТОСВАРНЫЕ ПРОФИЛИ



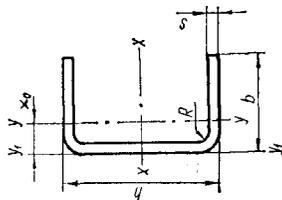
Т а б л и ц а IX.13. Листы  
стальные просечно-вытяжные  
по ГОСТ 8706—78\*  
Пример обозначения: ПВ508×  
×700/ГОСТ 8706—78\*

№ листа	Масса 1 м <sup>2</sup> , кг	Размеры величин, мм				
		Толщина заготов- ки	B	B	s	A
406	15,7	4	6	90	12,7	10
506	16,4	5	6	110	13,0	12,5
508	20,9	5	8	110	16,8	12,5
510	24,7	5	10	110	20,5	12,5
606	17,3	6	6	125	13,4	15
608	21,9	6	8	125	17,1	15
610	26	6	10	125	20,8	15

Примечание. Обозначения величин: B — подача; B — шаг ячеек; s — толщи-  
на листа; A — размер вытяжки за каждый ход штамповки

Т а б л и ц а IX.14. Швеллеры стальные гнутые равнополочные по ГОСТ 8278—83\*  
Пример обозначения: ш. 160×80×5/ГОСТ 8278—83\*

$$n = \frac{b - (R + s)}{s}; \quad n_1 = \frac{h - 2(R + s)}{s}$$



h	b	s	R, не более	Масса l м, кг	Площадь сече- ния, см <sup>2</sup>	n	n <sub>1</sub>	Справочные величины для осей						x <sub>0</sub> см
								I x <sup>2</sup> см <sup>4</sup>	W x <sup>3</sup> см <sup>3</sup>	i x <sup>2</sup> см	S x <sup>2</sup> см <sup>3</sup>	I y <sup>2</sup> см <sup>4</sup>	W y <sup>3</sup> см <sup>3</sup>	

**ВСт3шл, ВСт3лс**

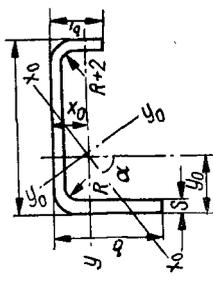
60	32	3	4	2,67	3,40	8,3	15,3	18,31	6,10	2,32	3,62	3,38	1,52	1,00	0,97
80	50	4	6	5,18	6,60	10	15	65,98	16,50	3,16	9,65	16,60	4,48	1,58	1,60
100	50	3	4	4,47	5,68	14,3	28,7	87,88	15,57	3,93	10,24	14,05	3,90	1,57	1,39
120	60	4	6	7,07	9	12,5	25	198,65	33,11	4,70	19,37	31,91	7,42	1,88	1,70
120	60	5	7	8,71	11,09	9,6	19,2	239,63	39,94	4,67	23,60	38,73	9,10	1,87	1,74
140	60	4	6	7,70	9,80	12,5	30	285,42	40,77	5,39	24,08	33,57	7,59	1,85	1,57
160	80	4	6	9,58	12,20	17,5	35	489,16	61,14	6,33	35,42	78,01	13,44	2,53	2,20
160	80	5	7	11,85	15,09	13,6	27,2	595,66	74,46	6,28	43,45	95,40	16,57	2,51	2,24
180	80	5	7	13,68	16,09	13,6	31,2	784,86	87,21	6,98	51,24	99,15	16,86	2,48	2,12
200	80	4	6	10,83	13,81	17,5	45	823,48	82,35	7,72	48,43	83,67	13,86	2,46	1,96
200	80	5	7	13,42	17,09	13,6	35,2	1006,26	100,63	7,67	59,54	102,45	17,10	2,45	2,01
250	125	6	9	22	28,10	17,5	36,7	2720	218	9,85	126	399	45,50	3,77	3,23
300	100	8	12	29,53	37,62	10	32,5	4694,84	312,98	11,17	189,27	327,88	42,94	2,95	2,37

ВСт3шл, 09Г2

80	50	4	10	5,08	6,47	9	13	63,67	15,92	3,14	9,37	16,22	4,82	1,58	1,63
100	50	3	7	4,40	5,60	13,3	26,7	85,89	17,18	3,92	10,04	13,89	3,87	1,57	1,41
120	60	4	10	6,96	8,87	11,5	23	193,52	32,25	4,67	18,95	31,48	7,36	1,88	1,72
120	60	5	12	8,54	10,88	8,6	17,2	231,60	38,60	4,61	23,31	38,09	9,01	1,87	1,78
160	80	4	10	9,47	12,07	16,5	33	480,12	60,01	6,31	32,86	77,29	13,38	2,53	2,22
160	80	5	12	11,68	14,88	12,6	26	581,49	72,69	6,25	42,92	94,24	16,47	2,52	2,52
180	80	5	12	12,46	15,88	12,6	29,2	766,99	85,22	6,95	50,65	98,11	16,77	2,49	2,15
200	80	4	10	10,75	13,67	16,5	43	809,42	80,94	7,83	47,73	83,09	13,82	2,46	1,99
200	100	6	14	17,59	22,40	13,3	16,7	1374,29	137,43	7,83	80,33	222,20	30,99	3,15	2,83
280	140	5	12	21,10	26,88	24,6	49,2	3345,30	238,45	11,16	138,06	533,50	52,16	4,46	3,77

Примечание. Приведены типоразмеры швеллеров, поставляемых промышленностью в соответствии с «Сокращенным сортаментом металлопроката для применения в строительных конструкциях», утвержденным постановлением Госстроя СССР № 28 от 21.11.86 г.

Таблица IX.15. Швеллеры стальные гнутые неравнополочные по ГОСТ 8281—80\*  
Пример обозначения: гн. 50×40×12×2,5/ГОСТ 8281—80\*



h	b	b <sub>1</sub>	s	R, не более	Справочные величины для осей										Масса 1 м, кг						
					x-x <sub>1</sub>		y-y <sub>1</sub>		x <sub>0</sub> -x <sub>0</sub>		y <sub>0</sub> -y <sub>0</sub>		x <sub>0</sub>			y <sub>0</sub>					
мм					W <sub>x</sub> , см <sup>3</sup>	W <sub>y</sub> , см <sup>3</sup>	W <sub>x</sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> , см <sup>6</sup>	W <sub>y</sub> , см <sup>6</sup>	W <sub>x</sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> , см <sup>6</sup>	W <sub>y</sub> , см <sup>6</sup>	cm	cm					
50	40	12	2,5	4	2,31	7,36	2,29	1,78	3,18	1,06	1,17	8,65	2,78	1,93	1,89	0,93	0,90	1,00	1,78	0,484	1,82
50	40	12	2,5	6	2,27	7,05	2,18	1,76	3,13	1,05	1,17	8,37	2,82	1,92	1,82	0,92	0,90	1,02	1,77	0,501	1,78

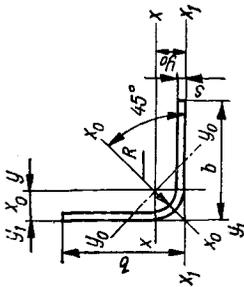
Из стали с  $\sigma_B < 460$  МПа

Из стали с  $\sigma_B \geq 460$  МПа

Таблица IX.16. Уголки стальные гнутые равнополочные по ГОСТ 19771—74\*

$$n = \frac{b - s - R}{s}$$

Пример обозначения: гн. L120×120×6/ГОСТ 19771—74\*



Размеры, мм		n	Масса I м, кг	Площадь сечения, см <sup>2</sup>	Справочные величины для осей						
b	s				$I_x$ , см <sup>4</sup>	$I_y$ , см <sup>4</sup>	$x_0 - x_0$ , см	$y_0 - y_0$ , см	$I_{x_0}$ , см <sup>4</sup>	$I_{y_0}$ , см <sup>4</sup>	
25	1,5	2	0,56	0,71	0,44	0,79	0,71	0,16	0,48	0,98	0,70
25	2	3	0,73	0,92	9,56	0,78	0,92	0,20	0,47	1,04	0,72
25	2,5	3	0,98	1,14	0,67	0,77	1,11	0,24	0,46	1,31	0,74
32	1,5	2	0,72	0,91	0,94	1,01	1,53	0,35	0,62	1,64	0,88
32	2	3	0,95	1,20	1,22	1	1,99	0,45	0,61	2,19	0,90
32	2,5	3	1,16	1,48	1,48	1	2,42	0,53	0,60	2,75	0,92
36	2	3	1,07	1,36	1,76	1,13	2,86	0,66	0,69	3,12	1
36	2,5	3	1,33	1,69	2,14	1,13	3,49	0,80	0,69	3,90	1,02
36	3	4	1,57	2	2,51	1,12	4,11	0,91	0,68	4,70	1,04
40	2	3	1,20	1,52	2,43	1,26	3,96	0,92	0,78	4,28	1,10
40	2,5	3	1,48	1,89	2,98	1,25	4,84	1,19	0,77	5,34	1,12
40	3	4	1,76	2,24	3,50	1,25	5,71	1,60	0,76	6,43	1,14
50	2,5	3	1,88	2,39	5,96	1,58	9,60	2,01	0,97	10,40	1,37
50	3	4	2,23	2,84	7,02	1,57	11,42	2,00	0,96	12,54	1,39
50	4	6	2,90	3,70	8,94	1,55	14,7	2,63	0,93	16,7	1,45
55	3	4	2,46	3,14	9,44	1,73	15,32	3,20	1,06	16,68	1,52
60	3	4	2,70	3,44	12,36	1,89	20,03	3,56	1,17	21,65	1,64
60	4	6	3,53	4,50	15,96	2,22	26,06	4,69	1,37	28,92	1,70
70	3	4	3,17	4,04	19,88	2,22	32,15	5,88	1,37	34,36	1,89
70	4	6	4,16	5,30	25,79	2,20	41,95	7,60	1,55	45,88	1,95

Для уголка из стали с  $\sigma_B \leq 460$  МПа

80	3	4	24,3	3,64	4,64	29,96	2,54	48,39	3,23	11,52	1,58	51,27	2,14
80	4	6	17,5	4,79	6,10	39	2,53	63,31	3,22	14,70	1,55	68,43	2,20
80	5	7	13,6	5,92	7,55	47,70	2,51	77,64	3,20	17,76	1,53	85,65	2,34
80	6	9	10,8	7,01	8,93	55,5	2,49	91,03	3,19	20	1,50	102,6	2,30
80	7	9	9,14	8,11	10,33	63,9	2,49	104,61	3,18	23,19	1,50	120,33	2,34
100	4	6	22,5	6,05	7,70	77,58	3,17	125,54	4,04	29,63	1,96	133,54	2,69
100	5	7	17,6	7,49	9,55	95,31	3,16	154,50	4,02	36,06	1,94	167,07	2,74
100	6	7	14,2	8,89	11,33	112,19	3,15	182,66	4,01	41,72	1,92	200,70	2,79
120	4	6	27,5	7,30	9,30	135,69	3,82	215,13	4,85	52,27	2,37	230,65	3,19
120	5	7	21,6	9,06	11,55	167,19	3,80	270,48	4,84	63,91	2,35	288,49	3,24
120	6	9	17,5	10,78	13,78	197,46	3,79	320,48	4,83	74,44	2,33	346,44	3,29
160	4	6	37,5	9,81	12,50	326,65	5,11	525,99	6,49	127,04	3,19	548,47	4,12
160	5	7	29,6	12,20	15,55	403,77	5,09	651,31	6,47	156,24	3,17	683,32	4,24
160	6	9	24,2	14,55	18,53	478,84	5,08	774,21	6,46	183,48	3,15	820,33	4,29
160	7	9	20,6	16,90	21,53	553,20	5,07	894,76	6,44	211,65	3,13	957,51	4,33

Для уголка из стали с  $\sigma_B > 460$  МПа

25	1,5	4	13	0,55	0,70	0,43	0,79	0,71	1,01	0,15	0,47	0,78	0,71
25	2	5	9	0,71	0,91	0,55	0,78	0,92	1,01	0,18	0,45	1,05	0,74
25	2,5	6	6,6	0,87	1,11	0,66	0,77	1,11	1	0,21	0,43	1,32	0,77
32	1,5	4	17,7	0,71	0,91	0,98	1,01	1,53	1,25	0,34	0,61	1,64	0,88
32	2	5	12,5	0,98	1,19	1,20	1,01	1,99	1,29	0,42	0,60	2,19	0,91
32	2,5	6	9,4	1,14	1,45	1,46	1	2,42	1,29	0,49	0,58	2,75	0,92
36	2	5	14,5	1,06	1,35	1,73	1,13	2,84	1,45	0,61	0,57	3,11	1,01
36	2,5	6	11	1,30	1,66	2,11	1,13	3,50	1,45	0,73	0,66	3,91	1,04
36	3	7	8,7	1,54	1,96	2,47	1,12	4,10	1,45	0,83	0,65	4,70	1,07
40	2	5	16,5	1,18	1,51	2,41	1,26	3,95	1,61	0,87	0,76	4,28	1,11
40	2,5	6	12,6	1,46	1,86	2,94	1,26	4,85	1,61	1,04	0,75	5,35	1,14
40	3	7	10	1,73	2,20	3,44	1,25	5,71	1,61	1,18	0,73	6,44	1,17
50	2,5	6	16,6	1,85	2,36	5,90	1,88	9,66	2,02	2,15	0,95	10,44	1,39
50	3	7	13,3	2,20	2,80	6,94	1,57	11,41	2,02	2,48	0,94	12,55	1,41
50	4	8	9,5	2,88	3,67	8,82	1,55	14,6	2	3,03	0,91	16,7	1,46
60	3	7	16,7	2,67	3,40	12,25	1,90	20,02	2,43	4,47	1,15	21,66	1,66
60	3,5	4	15	3,13	3,99	14,23	1,89	23	2,40	5,39	1,16	25,2	1,66
60	4	10	11,5	3,48	4,43	15,74	1,88	26,01	2,42	5,47	1,11	28,94	1,72
70	3	7	20	3,14	4	19,73	2,22	32,15	2,83	7,31	1,35	34,36	1,91
70	4	10	14	4,10	5,34	25,51	2,22	41,93	2,83	9,09	1,32	45,89	1,97
80	3	7	23,3	3,61	4,60	29,77	2,54	48,38	3,24	11,16	1,56	51,27	2,16

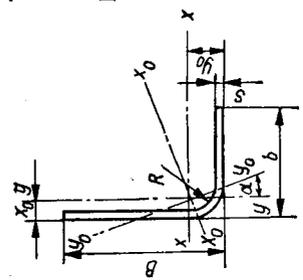
Размеры, мм		n	Масса 1 м. кг	Площадь сечения, см <sup>2</sup>	Справочные величины для осей							
b	s				$I_x, \text{см}^4$	$i_x, \text{см}$	$I_{x_0}, \text{см}^4$	$x_0 \rightarrow x_0$	$I_{y_0}, \text{см}^4$	$y_0 \rightarrow y_0$	$I_{y_1}, \text{см}^4$	$x_1 \rightarrow x_1 (y_1 \rightarrow y_1)$
80	4	16,5	4,74	6,03	38,65	2,53	63,28	3,24	14,01	1,52	68,45	2,22
80	5	13	5,87	7,48	47,36	2,51	77,61	3,22	17,10	1,51	85,67	2,26
80	6	14	6,91	8,80	54,3	2,48	90,3	3,20	18,04	1,44	102	2,33
80	7	14	8,43	10,18	63,04	2,49	104,49	3,20	21,59	1,46	120,93	2,37
100	4	21,5	6	7,63	77,05	3,18	125,51	4,05	28,59	1,98	133,56	2,72
100	5	17	7,44	9,48	94,80	3,16	154,53	4,04	35,07	1,92	167,09	2,76
100	6	14	8,79	11,20	111,10	3,15	182,57	4,04	39,69	1,88	200,76	2,83
120	4	26,5	7,25	9,23	134,95	3,82	219,10	4,87	50,79	2,34	230,67	3,22
120	6	16,7	10,68	13,60	195,96	3,79	320,39	4,85	71,53	2,29	346,51	3,33
120	7	14	12,39	15,78	225,62	3,78	369,09	4,83	82,16	2,28	404,60	3,36
160	4	36,5	9,76	12,43	325,24	5,11	525,56	6,50	124,51	3,16	546,49	4,22
160	5	29	12,15	15,48	402,56	5,10	651,28	6,48	158,51	3,15	683,34	4,26
160	6	23,3	14,44	18,40	476,32	5,09	774,12	6,48	178,52	3,11	820,40	4,32
160	7	19,9	16,79	21,38	550,25	5,07	894,64	6,47	205,87	3,10	957,59	4,36

Примечание. В ГОСТе приведен также сортмент уголков 20 X 1 (1,5—2); 25 X 3; 30 X 1,5 (2; 25); 35 X 2 (2; 5; 3) из углеродистой стали и 30 X 1,5 (2; 2,5); 50 X 2; 120 X 5 из низколегированной, изготовленные которых производится по согласию с потребителем.

Таблица IX.17. Уголки стальные гнутые неравноночные по ГОСТ 19772—74\*

$$r_1 = \frac{B-s-R}{s}; \quad n_2 = \frac{b-s-R}{s}$$

Пример обозначения: L80X63X4/ГОСТ 19772—74\*



Размеры, мм				Масса I м, кг	n <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>	Площадь сечения, см <sup>2</sup>	Справочные величины для осей							
B	b	s	R, не более					x - x	y - y	x <sub>0</sub> - x <sub>0</sub>	y <sub>0</sub> - y <sub>0</sub>				
				I <sub>x</sub> , см <sup>4</sup>	I <sub>y</sub> , см <sup>4</sup>	I <sub>x</sub> , см	I <sub>y</sub> , см	I <sub>x</sub> , см <sup>4</sup>	I <sub>y</sub> , см <sup>4</sup>	I <sub>x</sub> , см	I <sub>y</sub> , см	I <sub>x</sub> , см <sup>4</sup>	I <sub>y</sub> , см <sup>4</sup>	I <sub>x</sub> , см	I <sub>y</sub> , см

Для уголка из стали с  $\sigma_B \leq 460$  МПа

25	20	1,5	2	0,50	14,3	11	0,63	0,41	0,80	0,23	0,61	0,53	0,92	0,11	0,41	0,65
25	20	2	3	0,65	10	7,5	0,82	0,52	0,79	0,30	0,60	0,68	0,91	0,13	0,40	0,66
32	25	1,5	2	0,64	19	14,3	0,81	0,87	1,03	0,47	0,76	1,11	1,16	0,28	0,53	0,62
32	25	2	3	0,84	13,5	10	1,06	1,12	1,02	0,61	0,76	1,44	1,16	0,28	0,52	0,62
32	25	2,5	3	1,03	10,6	7,8	1,32	1,35	1,01	0,73	0,75	1,75	1,16	0,34	0,51	0,63
40	25	1,5	2	0,73	24,3	14,3	0,93	1,58	1,30	0,50	0,74	1,81	1,40	0,27	0,54	0,42
40	25	2	3	0,96	17,5	10	1,22	2,06	1,30	0,65	0,73	2,36	1,39	0,35	0,54	0,42
40	25	2,5	3	1,19	13,8	7,6	1,51	2,50	1,29	0,79	0,72	2,88	1,38	0,41	0,52	0,42
40	32	2	3	1,07	17,5	13,5	1,36	2,25	1,29	1,31	0,98	2,96	1,47	0,61	0,67	0,65
40	32	2,5	3	1,33	13,8	10,6	1,69	2,76	1,28	1,59	0,97	3,61	1,47	0,74	0,66	0,65
40	32	3	4	1,57	11	8,3	2	3,23	1,27	1,87	0,97	4,25	1,46	0,85	0,65	0,65
45	30	3	4	1,63	12,7	7,7	2,08	4,34	1,45	1,60	0,88	5,13	1,57	0,81	0,62	0,47
50	35	3,2	5	1,98	13	8,4	2,53	6,52	1,61	2,72	1,04	7,89	1,77	1,35	0,73	0,51
50	36	2,5	3	1,60	17,8	12,2	2,04	5,32	1,61	2,37	1,08	6,49	1,79	1,20	0,77	0,53
50	36	3	4	1,90	14,3	9,7	2,42	6,6	1,61	2,79	1,07	7,66	1,78	1,39	0,76	0,54
50	36	4	6	2,47	10	6,5	3,14	7,97	1,59	3,55	1,06	9,82	1,77	1,70	0,73	0,54
60	40	3	4	2,23	17,7	11	2,64	10,73	1,93	3,97	1,18	12,61	2,11	2,09	0,86	0,47
60	40	4	6	2,91	12,5	7,5	3,70	13,76	1,94	5,08	1,17	16,25	2,39	2,59	0,84	0,49
70	50	3	4	2,70	21	14,3	3,44	17,73	2,27	7,80	1,50	21,54	2,50	4	1,08	0,53
70	50	4	6	3,53	15	10	4,50	22,90	2,25	10,04	1,49	27,94	2,49	5,01	1,05	0,53
80	63	4	6	4,26	17,5	13,2	5,42	35,95	2,67	20,06	1,92	46,52	2,93	9,48	1,32	0,63
80	63	5	7	5,26	13,6	10,2	6,70	43,88	2,56	24,43	1,91	56,91	2,91	11,40	1,30	0,63
80	63	6	9	6,21	10,8	8	7,91	51,24	2,54	28,49	1,90	66,76	2,90	12,96	1,28	0,64
85	67	4	6	4,54	18,8	14,3	5,78	43,39	2,74	24,28	2,05	56,15	3,12	4,51	1,41	0,63
90	70	4	6	4,79	20	15	6,10	51,53	2,90	27,92	2,16	66,03	3,29	13,42	1,48	0,62
90	70	5	7	5,92	15,6	11,6	7,55	63,07	2,89	34,09	2,12	80,96	3,27	16,20	1,46	0,62
90	70	6	9	7,01	12,5	9,2	8,93	73,68	2,86	39,88	2,11	95,21	3,26	18,55	1,44	0,62
90	70	7	9	8,11	10,6	7,7	10,33	84,61	2,86	45,55	2,10	109	3,25	21,15	1,43	0,62
100	65	4	6	4,95	22,5	13,8	6,3	66,91	3,26	23,36	1,93	77,72	3,51	12,56	1,41	0,44
100	80	5	7	6,71	17,6	13,6	8,55	88,35	3,21	51,23	2,45	115,55	3,68	24,02	1,68	0,65
100	80	6	9	7,95	14,2	10,8	10,13	103,79	3,20	60,11	2,43	136,23	3,67	27,67	1,65	0,65

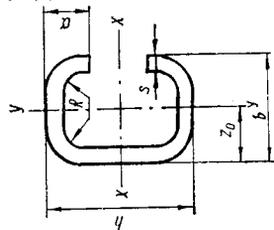
Размеры, мм				Масса I, м, кг	n <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>	Площадь сечения, см <sup>2</sup>	Справочные величины для осей										
B	b	s	R, не более					x — x	y — y	x <sub>0</sub> — x <sub>0</sub>	y <sub>0</sub> — y <sub>0</sub>	I <sub>x</sub> , см <sup>4</sup>	I <sub>y</sub> , см <sup>4</sup>	I <sub>x<sub>0</sub></sub> , см <sup>4</sup>	I <sub>y<sub>0</sub></sub> , см <sup>4</sup>	I <sub>x<sub>0</sub></sub> , см	I <sub>y<sub>0</sub></sub> , см	I <sub>x<sub>0</sub></sub> , см <sup>4</sup>
100	80	7	9	9,21	12	9,1	11,73	119,11	3,18	68,82	2,42	156,29	3,65	31,63	1,64	0,65		
100	80	8	12	10,37	10	7,5	13,21	132,84	3,17	76,73	2,41	175,36	3,64	34,23	1,61	0,66		
105	100	3	4	4,69	32,7	31	5,98	67,66	3,36	60,12	3,17	103,23	4,16	24,55	2,03	0,19		
110	60	3	6	3,86	33,67	17	4,91	64,21	3,62	14,66	1,73	8,55	1,32	70,35	3,78	0,33		
110	90	5	7	7,49	19,6	15,6	9,55	119,58	3,54	73,3	2,77	158,90	4,08	33,99	1,89	0,68		
120	100	6	9	9,84	17,5	14,1	12,53	185,64	3,85	118,98	3,08	258,60	4,47	53,81	2,07	0,70		
120	100	7	9	11,41	14,9	12	14,53	213,65	3,83	136,71	3,07	288,62	4,46	61,75	2,06	0,70		
120	100	8	12	12,88	12,5	10	16,41	239,47	3,82	153,18	3,05	325,05	4,45	67,61	2,03	0,70		
130	60	6	9	8,42	19,2	7,5	10,73	191,22	4,22	28,34	1,62	202,40	4,34	17,6	1,26	0,25		
130	80	5	7	7,89	23,6	13,6	10,05	180,95	4,24	55,21	2,34	205,56	4,52	30,59	1,75	0,41		
160	125	7	9	14,98	20,6	15,6	19,08	509,24	5,16	278,82	3,82	653,38	5,85	134,68	2,66	0,62		
160	125	8	12	16,96	17,5	13,1	21,61	573,52	5,15	313,85	3,81	738,19	5,84	149,18	2,63	0,62		
200	100	6	9	13,6	30,9	14,2	17,33	746,54	6,56	136,78	2,81	800,86	6,80	82,47	2,18	0,28		

Для уголка из стали с  $\sigma_B > 460$  МПа

25	20	1,5	4	0,48	13	9,7	0,62	0,40	0,80	0,23	0,61	0,53	0,92	0,10	0,40	0,66
25	20	2	5	0,63	9	6,5	0,81	0,51	0,79	0,29	0,60	0,88	0,92	0,12	0,38	0,67
32	25	1,5	4	0,63	17,7	13	0,80	0,85	1,03	0,47	0,76	1,11	1,18	0,21	0,51	0,63
32	25	2	5	0,82	12,5	9	1,05	1,09	1,02	0,60	0,76	1,44	1,17	0,26	0,50	0,64
32	25	2,5	6	1,01	9,4	6,6	1,28	1,32	1,01	0,73	0,75	1,74	1,16	0,31	0,49	0,64
40	25	1,5	4	0,72	23	13	0,92	1,57	1,30	0,50	0,73	1,81	1,40	0,26	0,54	0,42
40	25	2	5	0,95	16,5	9	1,21	2,03	1,30	0,65	0,73	2,34	1,39	0,33	0,52	0,43
40	25	2,5	6	1,16	12,6	6,6	1,48	2,46	1,29	0,78	0,72	2,85	1,38	0,39	0,51	0,43
40	32	2	5	1,06	16,5	12,5	1,35	2,23	1,28	1,30	0,98	2,95	1,48	0,58	0,65	0,65
40	32	2,5	6	1,30	12,6	9,4	1,66	2,71	1,26	1,58	0,97	3	1,47	0,68	0,64	0,66
40	32	3	7	1,54	10	7,3	1,96	3,16	1,27	1,84	0,97	4,23	1,47	0,77	0,63	0,67
45	30	3	7	1,61	11,7	6,7	2,05	4,28	1,44	1,59	0,88	5,10	1,58	0,76	0,61	0,49
50	35	3,2	8	1,95	12,1	7,4	2,49	6,40	1,60	2,68	1,04	7,83	1,77	1,25	0,71	0,53

50	36	2,5	6	1,58	16,6	11	2,01	5,24	1,61	2,35	1,08	6,47	1,79	1,13	0,75	0,54
50	36	3	7	1,87	13,3	8,7	2,38	6,15	1,61	2,76	1,08	7,61	1,79	1,30	0,74	0,55
50	36	4	10	2,41	9	5,5	3,07	7,76	1,59	3,48	1,06	9,72	1,78	1,52	0,70	0,56
60	40	3	7	2,20	16,7	10	2,80	10,57	1,94	3,94	1,18	12,53	2,11	1,98	0,84	0,48
60	40	4	10	2,85	11,5	6,5	3,63	13,46	1,92	5,01	1,17	16,09	2,33	2,38	0,81	0,49
70	50	3	7	2,67	20	13,3	3,40	17,53	2,27	7,74	1,51	21,45	2,51	3,82	1,06	0,53
70	50	4	10	3,48	14	9	4,43	22,52	2,25	9,93	1,50	27,77	2,56	4,68	1,03	0,54
80	63	4	10	4,20	16,5	12,2	5,35	35,50	2,57	19,87	1,92	46,40	2,94	8,98	1,29	0,64
80	63	5	10	5,20	13	9,6	6,63	43,45	2,56	24,25	1,91	56,78	2,93	10,98	1,28	0,64
80	63	6	17	6,11	10	7,2	7,78	50,33	2,54	28,11	1,90	66,46	2,92	11,97	1,24	0,65
85	67	4	10	4,49	17,8	14,3	5,71	42,89	2,74	24,07	2,05	56,01	3,13	10,95	1,38	0,64
85	67	4	10	4,74	19	14	6,03	50,97	2,91	27,70	2,14	65,86	3,30	12,81	1,46	0,63
90	70	5	10	5,87	15	11	7,48	62,54	2,89	33,88	2,13	80,79	3,29	15,63	1,44	0,62
90	70	6	14	6,91	11,7	8,3	8,80	72,75	2,87	39,43	2,12	94,83	3,28	17,35	1,40	0,63
90	70	7	14	7,99	9,9	7	10,18	83,28	2,86	45,02	2,10	108,55	3,26	19,75	1,39	0,63
100	65	4	10	4,89	21,3	12,8	6,23	66,14	3,26	23,21	1,93	77,29	4,52	12,05	1,39	0,45
100	80	5	10	6,66	17	13	8,48	87,73	3,22	50,95	2,45	115,39	3,69	23,29	1,66	0,65
100	80	6	14	7,85	13,3	10	10	102,47	3,20	59,52	2,44	135,86	3,68	26,13	1,62	0,66
100	80	7	14	9,09	11,3	8,4	11,58	117,56	3,18	68,14	2,42	155,85	3,67	29,84	1,60	0,66
100	80	8	20	10,15	9	6,5	12,93	129,76	3,17	75,37	2,41	174,35	3,67	30,79	1,54	0,67
105	100	3	7	4,67	31,7	30	5,95	67,44	3,37	59,94	3,17	103,22	4,16	24,15	2,01	0,23
110	90	5	10	7,44	19	15	9,48	118,85	3,54	72,96	2,71	58,73	4,09	33,08	1,87	0,68
115	65	5	10	6,66	20	10	8,48	119,02	3,75	29,47	1,86	16,38	1,39	132,06	3,95	0,35
120	100	6	14	9,73	16,7	13,3	12,40	183,87	3,85	118,07	3,08	250,43	4,49	51,51	2,04	0,71
120	100	7	14	11,29	14,1	11,3	14,38	211,58	3,83	135,66	3,07	288,17	4,48	59,06	2,03	0,70
120	100	8	20	12,67	11,5	9	16,13	235,40	3,82	151,09	3,06	324,06	4,48	62,43	1,97	0,71
130	60	6	14	8,32	18,3	6,7	10,60	188,04	4,21	128,16	1,63	199,77	4,34	36,43	1,24	0,26
130	80	5	10	7,84	23	13	9,98	179,71	4,24	55	2,35	204,81	4,53	29,90	1,73	0,40
160	125	7	14	14,86	19,9	14,9	18,93	505,56	5,17	277,34	3,82	652,31	5,87	130,59	2,63	0,62
160	125	8	20	16,75	16,5	12,1	21,33	566,36	5,15	310,96	3,82	736,02	5,87	141,30	2,57	0,63
200	100	6	14	13,5	30	13,3	17,20	739,88	6,56	136,27	2,81	795,64	6,80	80,52	2,16	0,29

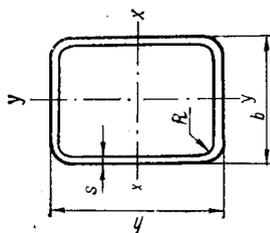
Таблица IX.18. Профили стальные гнутые С-образные равнополочные по ГОСТ 8282—83\*  
Пример обозначения: С 300×60×60×5/ГОСТ 8282—83\*



h	b	a	s	R, не более	Масса Г м, кг	Площадь сечения, см <sup>2</sup>	Справочные величины для осей						z <sub>0</sub> , см
							x — x		y — y		y — y		
							I <sub>x</sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> , см <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> , см	I <sub>y</sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> , см <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> , см	
62	66	17,5	3	4,5	4,89	6,23	40,14	12,95	2,54	36,65	9,61	2,39	2,89
65	32	8	1	1,5	1,08	1,38	9,38	2,69	2,61	1,89	0,88	1,17	1,05
65	32	8	1,6	3	1,66	2,11	13,92	4,28	2,57	2,70	1,25	1,13	1,04
100	50	10	2	3	3,22	4,12	65,59	13,12	4	12,64	3,60	1,76	1,56
100	80	35	5	7,5	11,53	14,68	220,49	44,11	3,87	33,57	30,47	3,02	3,62
120	55	18	5	7,5	9,15	11,66	245,74	40,96	4,59	42,52	11,65	1,91	1,85
160	50	20	3	4,5	6,56	8,36	306,37	38,30	6,05	27,17	7,74	1,80	1,49
160	60	32	4	6	9,87	12,57	462,01	37,75	6,05	65,78	7,16	2,29	2,14
300	60	50	5	7,5	19,12	24,36	2861,55	190,77	10,84	125,61	30,42	2,27	1,87
400	160	50	3	4,5	18,85	24,01	6073,68	303,68	15,91	884,54	80,83	6,07	5,06
400	160	60	4	10	25,33	32,27	8028,19	401,41	15,77	1219,71	113,92	6,15	5,29
550	65	30	4	6	22,41	28,55	10258,72	373,04	18,96	110,32	20,64	1,97	1,16
410	65	30	4	6	18,01	22,95	4872,87	237,70	14,57	103,88	20,33	2,13	1,39

Примечание. Профили из углеродистой спокойной и низколегированной сталей изготавливаются с радиусами кривизны не более 2,5 s

Т а б л и ц а IX.19 Профили стальные гнутые замкнутые сварные прямоугольные по ГОСТ 25577—83\*  
 Пример обозначения: пр. гн. 180×75×5/ГОСТ 25577—83\*



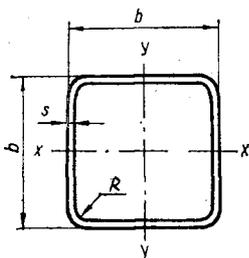
h	h	s	R, не более	Масса l м, кг	Площадь сечения, см <sup>2</sup>	Справочные значения величин для осей					
						x — x			y — y		
		мм		$I_x$ , см <sup>4</sup>	$W_x$ , см <sup>3</sup>	$i_x$ , см	$S_x$ , см <sup>3</sup>	$I_y$ , см <sup>4</sup>	$W_y$ , см <sup>3</sup>	$i_y$ , см	$S_y$ , см <sup>3</sup>

Из сталей ВСт3кп, ВСт3пс, ГОСТ 380—88

180	125	5	12	22,18	28,26	1265,94	140,66	6,69	85,20	726,58	116,25	5,07	66,63
180	75	5	12	18,26	23,26	883,02	98,11	6,16	63,33	226,38	60,37	3,12	34,44
160	120	3	6	12,60	16,05	601,73	75,22	6,12	44,69	388,86	64,81	4,92	36,67
97	80	3	6	7,76	9,87	134,73	27,78	3,69	21,99	100,45	25,11	3,19	14,50

Из сталей ВСт3кп ГОСТ 380—88, 09Г2 ГОСТ 19282—73 \*

230	100	8	22	36,64	46,47	2804,05	243,88	7,75	159,76	770,24	154,05	4,06	89,73
230	100	5	22	23,47	29,90	1868,01	162,44	7,90	104,48	525,05	105,01	4,19	59,31
160	130	7	18	28,30	36,06	1263,31	157,91	5,92	96,54	921,02	141,70	5,05	83,99
150	100	8	22	27,02	34,42	959,61	127,96	5,28	81,39	513,87	102,77	3,86	61,77



Т а б л и ц а IX.20. Профили стальные гнутые замкнутые сварные квадратные по ГОСТ 25577—83\*  
Пример обозначения: пр. гн. 140×5/ГОСТ 25577—83\*

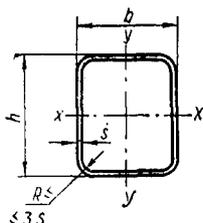
b	s	R, не более	Масса 1 м, кг	Площадь сечения, см <sup>2</sup>	Справочные величины для осей			
					x — x			
					I <sub>x</sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> , см <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> , см	S <sub>x</sub> , см <sup>3</sup>

Из сталей ВСтЗкп, ВСтЗпс ГОСТ 380—88

110	3	6	9,79	121,45	233,59	42,47	4,33	24,70
100	4	8	11,50	14,70	234	48,90	3,87	26

Из сталей ВСтЗсп ГОСТ 380—88, 09Г2 ГОСТ 19282—73 \*

150	8	22	32,86	41,86	1329,97	177,23	5,64	107,63
140	8	22	30,36	38,67	1055,26	150,75	5,22	92,08
140	7	18	27,21	34,66	974,21	139,17	5,30	83,87
140	5	12	20,22	25,76	780,54	108,62	5,43	64,01
110	6	14	18,22	23,31	398,80	72,51	4,15	43,91
100	5	12	13,94	17,76	255,57	51,11	3,79	30,76
100	4	10	11,47	14,54	215,73	43,15	3,85	25,59
80	4	10	8,90	11,34	104,21	26,05	3,03	15,69



Т а б л и ц а IX.21. Профили гнутые замкнутые сварные прямоугольные по ТУ 36-2287-80 (с изменением № 2)

Обозначение: h × b × s/ТУ 36-2287-80

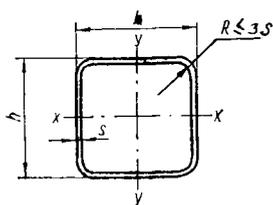
h	b	s	Масса 1 м длины, кг	Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	Справочные величины для осей					
					x — x			y — y		
					I <sub>x</sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> , см <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> , см	I <sub>y</sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> , см <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> , см

100	60	3	7,25	9,24	126,2	25,2	3,69	56,6	18,9	2,47
100	60	4	9,55	12,16	162,6	32,5	3,66	72,2	24,1	2,44
100	60	5	11,78	15	196,2	39,2	3,62	86,2	28,7	2,40
100	60	6	13,94	17,76	227,4	45,5	3,58	99	33	2,36
120	80	3	9,14	11,64	238,4	39,7	4,53	127	31,7	3,30
120	80	4	12,06	15,36	309	51,5	4,48	164	41	3,27
120	80	5	14,92	19	375,6	62,6	4,44	198	49,5	3,23
120	80	6	17,71	22,56	438,2	73,0	4,40	229	57,2	3,19
140	60	4	12,06	15,36	375,3	53,6	4,94	97,3	32,4	2,52

Продолжение табл. IX.21

h	b	s	Масса 1 м дли- ны, кг	Площадь попереч- ного се- чения, см <sup>2</sup>	Справочные величины для осей						
					x — x			y — y			
					I <sub>x</sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> , см <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> , см	I <sub>y</sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> , см <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> , см	
мм											
140	60	5	14,92	19	456,6	65,2	4,90	117	39	2,48	
140	60	6	17,71	22,56	533,1	76,2	4,86	134	44,7	2,43	
140	100	4	14,57	18,56	523,4	74,8	5,31	310,1	62	4,09	
140	100	5	18,06	23	638,9	91,3	5,27	376,9	75,4	4,05	
140	100	6	21,48	27,36	748,7	106,9	5,23	439,7	88	4,01	
140	100	7	24,84	31,64	835,1	121,8	5,19	498,9	99,8	3,97	
160	80	4	14,57	18,56	623,5	77,9	5,80	210	52,5	3,36	
160	80	5	18,06	23	761,9	95,2	5,75	253,9	63,5	3,32	
160	80	6	21,48	27,36	893,5	111,6	5,71	294,9	73,7	3,28	
160	80	7	24,84	31,64	1018,9	127,3	5,67	332,9	83,2	3,24	
160	120	4	17,08	21,76	818,3	102,3	6,13	524,4	87,4	4,91	
160	120	5	21,19	27	1002,2	125,2	6,09	640,2	105,7	4,87	
160	120	6	25,24	32,16	1178,3	147,2	6,05	750,4	125,1	4,83	
160	120	7	29,20	37,24	1346,9	168,3	6,01	855	142,5	4,79	
160	120	8	33,16	42,24	1508,1	188,5	5,97	954,2	159	4,75	
180	60	5	18,06	23	868,9	96,5	6,15	147	49	2,53	
180	60	6	21,48	27,36	1019,3	113,2	6,10	169	56,4	2,48	
180	60	7	24,84	31,64	1162,5	129,2	6,06	189,4	63,1	2,44	
180	60	5	21,19	27	1175,2	130,6	6,60	467,2	93,4	4,16	
180	100	6	25,24	32,16	1382,8	153,6	6,55	545,9	109,2	4,12	
180	100	7	29,20	37,24	1581,7	175,7	6,51	620,1	124	4,08	
180	100	8	33,16	42,24	1772,3	196,9	6,48	690	138	4,04	
180	140	5	24,30	31	1481,5	164,6	6,91	1003,6	143,4	5,69	
180	140	6	29,01	36,96	1746,2	194	6,87	1180	168,6	5,65	
180	140	7	33,63	42,84	2001	222,3	6,83	1348,8	192,7	5,61	
180	140	8	38,18	48,64	2246	249,5	6,79	1510,3	215,8	5,57	
200	160	5	27,47	35	2092,9	209,3	7,73	1482,9	185,4	6,51	
200	160	6	32,78	41,76	2471,5	247,1	7,69	1747,8	218,5	6,47	
200	160	7	38	48,44	2837,5	283,7	7,65	2002,8	250,4	6,43	
200	160	8	43,20	55,04	3191,2	319,1	7,61	2248,1	281	6,39	

Примечания: 1. Профиль 200 × 160 × 5 поставляется по согласованию сто-  
рон. 2. Профили поставляются из листовой горячекатаной стали: углеродистой общего  
назначения толщиной 4 мм и более по ГОСТ 14637—79\*, толщиной 3 мм — по ГОСТ 16523—70\*;  
низколегированной толщиной 4 мм и более — по ГОСТ 19282—73\*, толщиной 3 мм — по  
ГОСТ 17066—80\*.

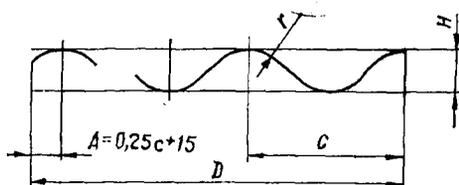


Т а б л и ц а IX.22. Профили гнутые замкнутые сварные квадратные по ТУ 36-2287-80 (с изменением № 2)

Обозначение: кв.  $h \times h \times s$ /ТУ 36-2287-80

h	s	Масса 1 м длины, кг	Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	Справочные величины для осей		
				x — x и y — y		
мм				$I_x = I_y$ см <sup>4</sup>	$W_x = W_y$ см <sup>3</sup>	$i_x = i_y$ , см
80	3	7,26	9,24	91,4	22,8	3,14
80	4	9,54	12,16	117,3	29,3	3,10
80	5	11,77	15	141,2	35,3	3,07
80	6	13,94	17,76	163,1	40,7	3,03
100	3	9,13	11,64	182,7	36,5	3,96
100	4	12,05	15,36	236,3	47,2	3,92
100	5	14,92	19	286,5	57,3	3,89
100	6	17,71	22,56	333,5	66,7	3,84
120	3	11,02	14,04	320,5	53,4	4,77
120	4	14,57	18,56	416,7	69,4	4,74
120	5	18,06	23	507,9	84,6	4,69
120	6	21,48	27,36	594,2	99	4,66
140	4	17,08	21,76	671,3	95,9	5,55
140	5	21,19	27	821,2	117,3	5,51
140	6	25,24	32,16	964,3	137,7	5,48
140	7	29,23	37,24	1100,9	157,2	5,44
140	8	33,16	42,24	1231,1	175,8	5,39
160	4	19,6	24,96	1013	126,6	6,37
160	5	24,33	31	1242,5	155,3	6,33
160	6	29,01	36,96	1463,1	182,8	6,29
160	7	33,63	42,84	1674,9	209,3	6,25
160	8	38,18	48,64	1878,1	234,7	6,21
180	5	27,47	35	1787,9	198,6	7,15
180	6	32,78	41,76	2109,7	234,4	7,11
180	7	38,02	48,44	2420,2	268,9	7,07
180	8	43,21	55,04	2719,7	302,1	7,03

Примечание. Профили изготавливаются из листовой горячекатаной стали: углеродистой общего назначения толщиной 4 мм и более по ГОСТ 14637—79\*, толщиной 3 мм — по ГОСТ 16523—70\*; низколегированной толщиной 4 мм и более — по ГОСТ 19282—73\*, толщиной 3 мм — по ГОСТ 17066—80\*.



Т а б л и ц а IX.23. Сталь листовая волнистая по ГОСТ 3685—71\*

Пример обозначения:  
~670×130×35×1,8/ГОСТ 3685—71\*

Ширина листа D, мм		Размеры, мм		
до волнования	после волнования	C	H	r
1000	835	130	35	1,1H
800	670	130	35	1,1H
710	590	130	35	1,1H
1000	835	100	30	0,9H
750	625	100	30	0,9H

П р и м е ч а н и е. Масса 1 м<sup>2</sup> проекции толщиной 1 мм 9,35 кг.

## УКАЗАТЕЛЬ ОСНОВНЫХ БУКВЕННЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

- $A$  — площадь сечения брутто;  
 $A_{bn}$  — площадь сечения болта нетто;  
 $A_n$  — площадь сечения нетто;  
 $A_{\omega f}$  — площадь сечения по металлу углового шва;  
 $A_{\omega z}$  — площадь сечения по металлу границы сплавления;  
 $E$  — модуль упругости;  
 $I$  — момент инерции;  
 $I_x, I_y$  — моменты инерции сечения брутто относительно осей соответственно  $x - x$  и  $y - y$ ;  
 $I_{xn}, I_{yn}$  — то же, сечения нетто;  
 $I_{fx}, I_{fy}$  — моменты инерции расчетного сечения по металлу шва относительно его главных осей;  
 $I_{zx}, I_{zy}$  — то же, по металлу границы сплавления;  
 $M$  — момент, изгибающий момент;  
 $M_x, M_y$  — моменты относительно осей соответственно  $x - x$  и  $y - y$ ;  
 $N$  — продольная сила;  
 $Q$  — поперечная сила;  
 $Q_s$  — условная поперечная сила, приходящаяся на систему планок, расположенных в одной плоскости;  
 $R_{bh}$  — расчетное сопротивление высокопрочных болтов растяжению;  
 $R_{bp}$  — расчетное сопротивление болтовых соединений смятию;  
 $R_{bs}$  — расчетное сопротивление болтов срезу;  
 $R_{bt}$  — расчетное сопротивление болтов растяжению;  
 $R_{bun}$  — нормативное сопротивление стали болтов, принимаемое равным временному сопротивлению  $\sigma_b$  по ГОСТ и ТУ на болты;  
 $R_p$  — расчетное сопротивление стали смятию торцевой поверхности (при наличии пригонки);  
 $R_{th}$  — расчетное сопротивление стали растяжению в направлении толщины проката;  
 $R_u, R_s$  — расчетное сопротивление стали соответственно растяжению, сжатию, изгибу по временному сопротивлению и сдвигу;  
 $R_{un}$  — временное сопротивление стали разрыву, принимаемое равным минимальному значению  $\sigma_n$  по ГОСТ и ТУ на сталь;  
 $R_{\omega f}, R_{\omega z}$  — расчетное сопротивление угловых швов срезу (условному) соответственно по металлу шва и металлу границы сплавления;  
 $R_{\omega u}$  — расчетное сопротивление стыковых сварных соединений сжатию, растяжению, изгибу по временному сопротивлению;  
 $R_{\omega un}$  — нормативное сопротивление металла шва по временному сопротивлению;  
 $R_{\omega s}$  — расчетное сопротивление стыковых сварных соединений сдвигу;  
 $R_{\omega y}$  — то же, сжатию, растяжению, изгибу по пределу текучести;

- $R_y$  — расчетное сопротивление стали растяжению, сжатию, изгибу по пределу текучести;  
 $R_{yn}$  — предел текучести стали, принимаемый равным значению предела текучести  $\sigma_T$  по ГОСТ и ТУ на сталь;  
 $S$  — статический момент сдвигаемой части сечения брутто относительно нейтральной оси;  
 $W_y$  — моменты сопротивления сечения брутто относительно осей соответственно  $x - x$  и  $y - y$ ;  
 $W_{yn}$  — то же, сечения нетто;  
 $W_z$  — моменты сопротивления расчетного сечения соответственно по металлу шва и границы сплавления;  
 $b$  — ширина;  
 $e$  — эксцентриситет силы;  
 $h$  — высота;  
 $h_{ef}$  — расчетная высота стенки;  
 $i$  — радиус инерции сечения;  
 $i_{\min}$  — наименьший радиус инерции сечения;  
 $i_x, i_y$  — радиусы инерции сечения относительно осей соответственно  $x - x$  и  $y - y$ ;  
 $K_f$  — катет углового шва;  
 $l$  — длина;  
 $l_{ef}$  — расчетная, условная длина;  
 $l_{\omega}$  — длина сварного шва;  
 $l_x, l_y$  — расчетные длины элемента в плоскостях, перпендикулярных осям соответственно  $x - x$  и  $y - y$ ;  
 $\phi$  — относительный эксцентриситет;  
 $t$  — толщина;  
 $\beta_f, \beta_z$  — коэффициенты для расчета углового шва соответственно по металлу шва и металлу границы сплавления;  
 $\gamma_b$  — коэффициент условий работы соединения;  
 $\gamma_c$  — коэффициент условий работы;  
 $\gamma_n, \gamma_m$  — коэффициенты надежности соответственно по назначению и по материалу;  
 $\gamma_{\omega f}, \gamma_{\omega z}$  — коэффициенты условий работы шва;  
 $\eta$  — коэффициент влияния формы сечения;  
 $\lambda$  — гибкость ( $\lambda = l_{ef}/i$ );  
 $\bar{\lambda}$  — условная гибкость ( $\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{R_y/E}$ );  
 $\lambda_{ef}$  — приведенная гибкость стержня сквозного сечения;  
 $\bar{\lambda}_{ef}$  — условная приведенная гибкость стержня сквозного сечения ( $\bar{\lambda}_{ef} = \lambda_{ef} \sqrt{R_y/E}$ );  
 $\bar{\lambda}_{\omega}$  — условная гибкость стенки ( $\bar{\lambda}_{\omega} = h \sqrt{R_y E/t}$ );  
 $\lambda_x, \lambda_y$  — расчетные гибкости элемента в плоскостях, перпендикулярных осям соответственно  $x - x$  и  $y - y$ ;  
 $\sigma_x, \sigma_y$  — нормальные напряжения, параллельные осям соответственно  $x - x$  и  $y - y$ ;  
 $\tau_{xy}$  — касательные напряжения;  
 $\sigma_{\omega x}, \sigma_{\omega y}$  — нормальные напряжения в сварном соединении по двум взаимно перпендикулярным направлениям;  
 $\tau_{\omega xy}$  — касательные напряжения в сварном соединении;  
 $\mu$  — коэффициент расчетной длины;  
 $\phi_x, \phi_y$  — коэффициент продольного изгиба при расчетах на устойчивость центральных элементов при изгибе их в плоскости и из плоскости действия момента;  
 $\phi_e$  — коэффициент снижения расчетных сопротивлений при внецентренном сжатии.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Беленя Е. И., Балдин В. А., Ведеников Г. С.* и др. *Металлические конструкции. Общий курс.*— 6-е изд. перераб. и доп.— М.: Стройиздат, 1986.— 560 с.
- Васильев А. А.* *Металлические конструкции.*— 3-е изд.— М.: Стройиздат, 1975.— 424 с.
- Васильченко В. Т., Рутман А. Н., Лукьяненко Е. П.* *Конструирование и изготовление рабочих чертежей строительных металлоконструкций: Справ. пособие.*— К.: Будівельник, 1977.— 135 с.
- Лихтарников Я. М., Ладыженский Д. В., Клыков В. М.* *Расчет стальных конструкций: Справ. пособие.*— 3-е изд.— К.: Будівельник, 1984.— 366 с.
- Мельников Н. П.* *Металлические конструкции: Современное состояние и перспективы развития.*— М.: Стройиздат, 1983.— 541 с.
- Металлические конструкции: Правила производства и приемки работ. СНиП III-18-75.*— М.: Стройиздат, 1976.— 162 с.
- Муханов К. К.* *Металлические конструкции.*— 3-е изд.— М.: Стройиздат, 1978.— 572 с.
- Нилов А. А., Пермьяков В. А., Прицкер А. Я.* *Стальные конструкции производственных зданий: Справ.*— К.: Будівельник, 1986.— 271 с.
- Сахновский М. М.* *Технологичность строительных сварных стальных конструкций.*— 3-е изд.— К.: Будівельник, 1980.— 263 с.
- Сахновский М. М.* *Справочник конструктора строительных сварных конструкций.*— Днепропетровск: Промінь, 1975.— 236 с.
- Справочник конструктора по стальным конструкциям / Под ред. Н. П. Мельникова.*— 3-е изд., перераб. и доп.— М.: Стройиздат, 1976.— 329 с.
- Справочник проектировщика: Металлические конструкции / Под ред. Н. П. Мельникова.*— 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Стройиздат, 1980.— 776 с.
- Стальные конструкции: СНиП II-23-81\*.*— М.: Стройиздат, 1988.— 94 с.
- Тахтальшев А. Г.* *Примеры расчета стальных конструкций.*— 2-е изд., перераб.— М.: Стройиздат, 1978.— 238 с.
- Якубовский В. Б., Бухман Э. Б.* *Экономика, планирование и организация производства металлических конструкций.*— М.: Стройиздат, 1985.— 280 с.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ . . . . .	3
РАЗДЕЛ I. СТАЛИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ . . . . .	5
I.1. Расчетные сопротивления прокатной стали . . . . .	5
I.2. Группы конструкций и рекомендации по применению сталей . . . . .	9
I.3. Химический состав и механические свойства сталей . . . . .	14
1. Углеродистые стали . . . . .	14
2. Низколегированные стали . . . . .	16
РАЗДЕЛ II. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ И РАСЧЕТ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ . . . . .	23
II.1. Определение геометрических размеров . . . . .	23
1. Геометрические построения стержневых систем . . . . .	23
2. Геометрические построения листовых конструкций . . . . .	31
II.2. Расчет металлических конструкций . . . . .	34
1. Общие указания по расчету . . . . .	34
2. Расчет элементов стальных конструкций на центральное растяжение и сжатие . . . . .	36
3. Расчет элементов стальных конструкций на изгиб . . . . .	45
4. Расчет элементов стальных конструкций, подверженных действию осевой силы с изгибом . . . . .	47
РАЗДЕЛ III. ВЫПОЛНЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ КМД С УЧЕТОМ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НА ЗАВОДЕ ПО ИНДУСТРИАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ . . . . .	48
III.1. Основные правила выполнения чертежей КМД строительных металлических конструкций и их оформление . . . . .	48
1. Общие положения . . . . .	48
2. Оформление чертежей КМД . . . . .	50
III.2. Оборудование заводов металлических конструкций . . . . .	57
III.3. Перевозка металлоконструкций на открытом подвижном составе . . . . .	59
1. Требования, предъявляемые к конструкциям при перевозке . . . . .	59
2. Расчет крепления грузов . . . . .	63
3. Подвижной состав . . . . .	67
РАЗДЕЛ IV. КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ . . . . .	69
IV.1. Колонны и стойки . . . . .	69
IV.2. Подкрановые конструкции . . . . .	70
IV.3. Элементы покрытия . . . . .	73
1. Расчет швов прикрепления раскоса к поясам ферм из двутавровой балки с параллельными гранями полок . . . . .	74
2. Расчет швов прикрепления раскоса из гнутосварных коробчатых профилей к поясам ферм . . . . .	76
IV.4. Балочные клетки . . . . .	78
IV.5. Трубчатые конструкции . . . . .	82
IV.6. Второстепенные конструкции . . . . .	84
РАЗДЕЛ V. ЛИСТОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ . . . . .	87
V.1. Особенности конструирования . . . . .	87
V.2. Соединения листовых деталей . . . . .	88
V.3. Цилиндрические поверхности . . . . .	89
1. Сечения кругового цилиндра . . . . .	89
2. Развертки цилиндрической поверхности . . . . .	91

V.4. Конические поверхности . . . . .	104
1. Основные положения для нормального кругового конуса . . . . .	104
2. Развертки конических поверхностей . . . . .	105
V.5. Сферические поверхности . . . . .	134
V.6. Торовые и винтовые поверхности . . . . .	143
1. Торовые поверхности . . . . .	143
2. Винтовые поверхности . . . . .	143
V.7. Негабаритные листовые конструкции . . . . .	145
1. Разработка чертежей КМД монтажных схем . . . . .	146
2. Разработка чертежей КМД элементов негабаритных листовых кон- струкций . . . . .	149
<b>РАЗДЕЛ VI. СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ . . . . .</b>	<b>150</b>
VI.1. Конструктивные требования, предъявляемые к сварным соединениям . . . . .	150
VI.2. Расчет сварных соединений . . . . .	154
VI.3. Предельные усилия [N] на сварные соединения . . . . .	160
VI.4. Основные типы и конструктивные элементы швов сварных соединений . . . . .	166
<b>РАЗДЕЛ VII. БОЛТОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ . . . . .</b>	<b>185</b>
VII.1. Конструктивные требования, предъявляемые к болтовым соединениям . . . . .	185
VII.2. Расчет болтовых соединений . . . . .	188
VII.3. Предельные усилия болтовых соединений . . . . .	190
VII.4. Таблицы болтов, гаек и шайб . . . . .	192
VII.5. Соединения на высокопрочных болтах . . . . .	196
<b>РАЗДЕЛ VIII. НОРМАЛИ . . . . .</b>	<b>209</b>
VIII.1. Расстояния между прокладками составных сечений . . . . .	209
VIII.2. Вырезы под полки швеллеров и двутавров . . . . .	214
VIII.3. Стыки элементов из прокатных и гнутых профилей . . . . .	214
VIII.4. Ребра жесткости прокатных профилей . . . . .	257
VIII.5. Проушины для транспортировки элементов. Монтажные приспособ- ления . . . . .	262
VIII.6. Детали крепления и стыки рельсов . . . . .	267
<b>РАЗДЕЛ IX. СОРТАМЕНТ . . . . .</b>	<b>270</b>
IX.1. Горячекатаные профили . . . . .	270
IX.2. Холодногнутые и гнутосварные профили . . . . .	293
<b>УКАЗАТЕЛЬ ОСНОВНЫХ БУКВЕННЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ ВЕЛИЧИН . . . . .</b>	<b>308</b>
<b>СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ . . . . .</b>	<b>310</b>

Справочное издание  
 БИБЛИОТЕКА ПРОЕКТИРОВЩИКА

*Васильченко Владимир Трофимович,  
 Рутман Александр Наумович,  
 Лукьяненко Евгений Петрович*

**Справочник конструктора  
 металлических конструкций**

Художественный редактор *Б. В. Сушко*  
 Технический редактор *З. П. Золотарева*  
 Корректор *Н. М. Мирошниченко*

ИБ № 3103

Сдано в набор 07.08.89. Подписано в печать 15.03.90. БФ 05047. Формат 60×90<sup>1/16</sup>. Бумага типо-  
 графская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. 19,5. Усл. кр.-отг. 19,5. Уч.-  
 изд. л. 23,97. Тираж 22 000 экз. Зак. № 9—2717. Цена 1 р. 50 к.  
 Издательство «Будизвльник». 252053 Киев, ул. Обсерваторная, 25  
 Головное предприятие республиканского производственного объединения «Полиграфкинга»,  
 252057, Киев, ул. Довженко, 3.