

АРСС | Ассоциация развития
стального строительства

ТС
ТЕХСОФТ

Справочные данные для расчета стальных конструкций

steel-development.ru

mbAEC
Software





1 Расчетные характеристики материалов

Определение расчетных сопротивлений проката, гнутых профилей и труб

Напряженное состояние		Усл.об.	Расчет. сопот.
Растяжение, сжатие и изгиб	По пределу текучести	R_y	$R_y = R_{yn} / \gamma_m$
	По временному сопротивлению	R_u	$R_u = R_{un} / \gamma_m$
Сдвиг		R_s	$R_s = 0,58 R_{yn} / \gamma_m$
Смятие торцевой поверхности (при наличии пригонки)		R_p	$R_p = R_{un} / \gamma_m$
Смятие местное в цилиндрических шарнирах (цапфах) при плотном касании		R_{lp}	$R_{lp} = 0,5 R_{un} / \gamma_m$
Диаметральное сжатие катков (при свобод. касании в конструкциях с ограниченной подвижностью)		R_{cd}	$R_{cd} = 0,025 R_{un} / \gamma_m$
Растяжение в направлении толщины проката (до 60 мм)		R_{th}	$R_{th} = 0,5 R_{un} / \gamma_m$

Коэффициент надежности по материалу проката, гнутых профилей и труб

Государственный стандарт или технические условия на прокат	γ_m
ГОСТ 27772-88 (кроме сталей С590, С590К); ТУ 14-1-3023-80 (для круга, квадрата, полосы)	1,025
ГОСТ 27772-88 (стали С590, С590К); ГОСТ 380-71** (для круга и квадрата размерами, отсутствующими в ТУ 14-1-3023-80); ГОСТ 19281-73* [для круга и квадрата с пределом текучести до 380 МПа (39 кгс/мм ²) и размерами, отсутствующими в ТУ 14-1-3023-80]; ГОСТ 10705-80*; ГОСТ 10706-76*	1,050
ГОСТ 19281-73* [для круга и квадрата с пределом текучести свыше 380 МПа (39 кгс/мм ²) и размерами, отсутствующими в ТУ 14-1-3023-80]; ГОСТ 8731-87; ТУ 14-3-567-76	1,100

Нормативные и расчетные сопротивления при растяжении, сжатии и изгибе листового, широкополосного универсального и фасонного проката по ГОСТ 27772-88 для стальных конструкций зданий и сооружений

Сталь	Толщина проката ¹ , мм	Нормативное сопротивление ² , МПа (кгс/мм ²), проката				Расчетное сопротивление ³ , МПа (кгс/см ²), проката			
		листового, широкополосного универсального		фасонного		листового, широкополосного универсального		фасонного	
		R_{yn}	R_{un}	R_{yn}	R_{un}	R_y	R_u	R_y	R_u
С235	От 2до20	235 (24)	360 (37)	235 (24)	360 (37)	230(2350)	350(3600)	230(2350)	350(3600)
	Св.20«40	225 (23)	360 (37)	225 (23)	360 (37)	220(2250)	350(3600)	220 2250)	350(3600)
	«40«100	215 (22)	360 (37)	-	-	210 2150)	350 3600)	-	-
	«100	195 (20)	360 (37)	-	-	190(1950)	350(3600)	-	-
С245	От2до20	245 (25)	370 (38)	245 (25)	370 (38)	240(2450)	360(3700)	240(2450)	360(3700)
	Св.20«30	-	-	235 (24)	370 (38)	-	-	230(2350)	360(3700)
С255	От2до3,9	255 (26)	380 (39)	-	-	250(2550)	370(3800)	-	-
	«4«10	245 (25)	380 (39)	255 (26)	380 (39)	240(2450)	370(3800)	250(2550)	370(3800)
	Св.10«20	245 (25)	370 (38)	245 (25)	370 (38)	240(2450)	360(3700)	240(2450)	360(3700)
	«20«40	235 (24)	370 (38)	235 (24)	370 (38)	230(2350)	360(3700)	230(2350)	360(3700)
С275	От2до10	275 (28)	380 (39)	275 (28)	390 (40)	270(2750)	370(3800)	270(2750)	380(3900)
	Св.10«20	265 (27)	370 (38)	275 (28)	380 (39)	260(2650)	360(3700)	270(2750)	370(3800)
С285	От2до3,9	285 (29)	390 (40)	-	-	280(2850)	380(3900)	-	-
	«4«10	275 (28)	390 (40)	285 (29)	400 (41)	270(2750)	380(3900)	280(2850)	390(4000)
	Св.10«20	265 (27)	380 (39)	275 (28)	390 (40)	260(2650)	370(3800)	270(2750)	380(3900)
С345	От2до10	345 (35)	490 (50)	345 (35)	490 (50)	335(3400)	480(4900)	335(3400)	480(4900)
	Св.10«20	325 (33)	470 (48)	325 (33)	470 (48)	315(3200)	460(4700)	315(3200)	460(4700)
	«20«40	305 (31)	460 (47)	305 (31)	460 (47)	300(3050)	450(4600)	300(3050)	450(4600)
	«40«60	285 (29)	450 (46)	-	-	280(2850)	440(4500)	-	-
	«60«80	275 (28)	440 (45)	-	-	270(2750)	430(4400)	-	-
	«80«160	265 (27)	430 (44)	-	-	260(2650)	420(4300)	-	-
С345К	От4до10	345 (35)	470 (48)	345 (35)	470 (48)	335(3400)	460(4700)	335(3400)	460(4700)

Нормативные и расчетные сопротивления при растяжении, сжатии и изгибе листового, широкополосного универсального и фасонного проката по ГОСТ 27772-88 для стальных конструкций зданий и сооружений

Сталь	Толщина проката ¹ , мм	Нормативное сопротивление ² , МПа (кгс/мм ²), проката				Расчетное сопротивление ³ , МПа (кгс/см ²), проката			
		листового, широкополосного универсального		фасонного		листового, широкополосного универсального		фасонного	
		R_{yn}	R_{un}	R_{yn}	R_{un}	R_y	R_u	R_y	R_u
С375	От2до10	375 (38)	510 (52)	375 (38)	510 (52)	365(3700)	500(5100)	365(3700)	500(5100)
	Св.10«20	355 (36)	490 (50)	355 (36)	490 (50)	345(3500)	480(4900)	345(3500)	480(4900)
	«20«40	335 (34)	480 (49)	335 (34)	480 (49)	325(3300)	470(4800)	325(3300)	470(4800)
С390	От4до50	390 (40)	540 (55)	-	-	380(3850)	530(5400)	-	-
С390К	От4до30	390 (40)	540 (55)	-	-	380(3850)	530(5400)	-	-
С440	От4до30	440 (45)	590 (60)	-	-	430(4400)	575(5850)	-	-
	Св.30«50	410 (42)	570 (58)	-	-	400(4100)	555(5650)	-	-
С590	От10 до36	540 (55)	635 (65)	-	-	515(5250)	605(6150)	-	-
С590К	От16 до40	540 (55)	635 (65)	-	-	515(5250)	605(6150)	-	-

¹ За толщину фасонного проката следует принимать толщину полки (минимальная его толщина 4 мм).

² За нормативное сопротивление приняты нормативные значения предела текучести и временного сопротивления по ГОСТ 27772-88.

³ Значения расчетных сопротивлений получены делением нормативных сопротивлений на коэффициенты надежности по материалу с округлением до 5 МПа (50 кгс/см²).

П р и м е ч а н и е. Нормативные и расчетные сопротивления стали повышенной коррозионной стойкости (с медью) - С345Д, С375Д, С440Д, С590Д, С590КД, 16Г2АФД, следует принимать такими же, как для соответствующих сталей без меди.

Нормативные и расчетные сопротивления при растяжении, сжатии и изгибе труб для стальных конструкций зданий и сооружений

Марка стали	ГОСТ или ТУ	Толщина стенки, мм	Нормативное сопротивление ¹ , МПа (кгс/мм ²)		Расчетное сопротивление ² , МПа (кгс/см ²)	
			R_{yn}	R_{un}	R_y	R_u
ВСт3кп, ВСт3пс, ВСт3сп	ГОСТ 10705-80*	До 10	225 (23,0)	370 (38,0)	215 (2200)	350 (3550)
ВСт3пс, ВСт3сп	ГОСТ 10706-76*	5-15	245 (25,0)	370 (38,0)	235 (2400)	350 (3550)
20	ГОСТ 8731-87	4-36	245 (25,0)	410 (42,0)	225 (2300)	375 (3800)
16Г2АФ	ТУ 14-3-567-76	6-9	440 (45,0)	590 (60,0)	400 (4100)	535 (5450)

¹ За нормативные сопротивления приняты минимальные значения предела текучести и временного сопротивления, приводимые в государственных общесоюзных стандартах или технических условиях, МПа (кгс/мм²). В тех случаях, когда эти значения в государственных общесоюзных стандартах или технических условиях приведены только в одной системе единиц - (кгс/мм²), нормативные сопротивления, МПа, вычислены умножением соответствующих величин на 9,81 с округлением до 5 МПа.

² Значения расчетных сопротивлений получены делением нормативных сопротивлений, МПа, на коэффициенты надежности по материалу с округлением до 5 МПа; значения расчетных сопротивлений, кгс/см² получены делением расчетных сопротивлений, МПа, на 0,0981.

Примечание. Нормативные сопротивления труб из стали марки 09Г2С по ГОСТ 8731-87 устанавливаются по соглашению сторон в соответствии с требованиями указанного стандарта; расчетные сопротивления определяются делением нормативных сопротивлений на коэффициенты надежности по материалу.

Марки стали, заменяемые сталями по ГОСТ 27772-88

Стали по ГОСТ 27772-88	Заменяемая марка стали	ГОСТ или ТУ
С235	ВСт3кп2	ГОСТ 380-71**
	ВСт3кп2-1	ТУ 14-1-3023-80
	18кп	ГОСТ 23570-79

Марки стали, заменяемые сталями по ГОСТ 27772-88

Стали по ГОСТ 27772-88	Заменяемая марка стали	ГОСТ или ТУ
С245	ВСтЗпс6 (лист. прокат толщ. до 20 мм, фасонный-до30мм)	ГОСТ 380-71**
	ВСтЗпс6-1	ТУ 14-1-3023-80
	18пс	ГОСТ 23570-79
С255	ВСтЗсп5, ВСтЗГпс5, ВСтЗпс6 (листовой прокат толщиной св. 20 до 40 мм, фасонный - св. 30 мм),	ГОСТ 380-71**
	ВСтЗсп5-1, ВСтЗГпс5-1,	ТУ 14-1-3023-80
	18сп, 18Гпс, 18Гсп	ГОСТ 23570-79
С275	ВСтЗпс6-2	ТУ 14-1-3023-80
С285	ВСтЗсп5-2, ВСтЗГпс5-2	ТУ 14-1-3023-80
С345, С345Т	09Г2	ГОСТ 19281-73*, ГОСТ 19282-73*
	09Г2С, 14Г2 (лист., фасонный прокат толщ. до 20 мм), 15ХСНД (лист. прокат толщ. до 10 мм, фасонный -до20мм)	ГОСТ 19282-73*
	12Г2С гр. 1	ТУ 14-1-4323-88
	09Г2 гр.1, 09Г2 гр.2, 09Г2С гр.1, 14Г2 гр.1(фасон. до 20мм)	ТУ 14-1-3023-80
	390	ТУ 14-15-146-85
	ВСтТпс	ГОСТ 14637-79*
С345К	10ХНДП	ГОСТ 19281-73*, ГОСТ 19282-73*, ТУ 14-1-1217-75
С375, С375Т	09Г2С гр. 2	ТУ 14-1-3023-80
	12Г2С гр. 2	ТУ 14-1-4323-88
	14Г2 гр. 1 (фасонный прокат толщиной св. 20 мм), 14Г2 гр. 2 (фасонный прокат толщиной до 20 мм)	ТУ 14-1-3023-80
	14Г2 (фасонный и листовый прокат толщиной св. 20 мм), 10Г2С1, 15ХСНД (фасонный прокат толщиной св. 20 мм, листовой - св. 10 мм), 10ХСНД (фасонный прокат без ограничения толщины, листовый - толщиной до 10 мм)	ГОСТ 19281-73*, ГОСТ 19282-73*
С390, С390Т	14Г2АФ, 10Г2С1 термоупрочненная, 10ХСНД (листовой прокат толщиной св. 10 мм)	ГОСТ 19282-73*
С390К	15Г2АФДпс	ГОСТ 19282-73*
С440	16Г2АФ, 18Г2АФпс, 15Г2СФ термоупрочненная	ГОСТ 19282-73*
С590	12Г2СМФ	ТУ 14-1-1308-75
С590К	12ГН2МФАЮ	ТУ 14-1-1772-76
С375, С375Т	09Г2С гр. 2	ТУ 14-1-3023-80

Примечания: 1. Стали С345 и С375 категорий 1, 2, 3, 4 по ГОСТ 27772-88 заменяют стали категорий соответственно 6, 7 и 9, 12, 13 и 15 по ГОСТ 19281-73* и ГОСТ 19282-73*.

2. Стали С345К, С390, С390К, С440, С590, С590К по ГОСТ 27772-88 заменяют соответствующие марки стали категорий 1-15 по ГОСТ 19281-73* и ГОСТ 19282-73*, указанные в настоящей таблице.

3. Замена сталей по ГОСТ 27772-88 сталями, поставляемыми по другим государственным общесоюзным стандартам и техническим условиям, не предусмотрена

Расчетные сопротивления проката смятию торцевой поверхности, местному смятию в цилиндрических шарнирах, диаметальному сжатию катков

Временное сопротивление проката, МПа (кгс/мм ²)	Расчетные сопротивления, МПа (кгс/см ²)		
	смятию		диаметальному сжатию катков (при свободном касании в констр. с ограниченной подвиж-тью)
	торцевой поверхности (при наличии пригонки)	местному в цилиндрических шарнирах (цап-фах) при плотном касании	
360 (37)	327 (3340)	164 (1660)	8 (80)
365 (37)	332 (3360)	166 (1680)	8 (80)
370 (38)	336 (3460)	168 (1730)	8 (80)
380 (39)	346 (3550)	173 (1780)	9 (90)

Расчетные сопротивления проката смятию торцевой поверхности, местному смятию в цилиндрических шарнирах, диаметральному сжатию катков

Временное сопротивление проката, МПа (кгс/мм ²)	Расчетные сопротивления, МПа (кгс/см ²)		
	смятию		диаметральному сжатию катков (при свободном касании в констр. с ограниченной подвиж-тью)
	торцевой поверхности (при наличии пригонки)	местному в цилиндри-ческих шарнирах (цап - фах) при плотном касании	
390 (40)	355 (3640)	178 (1820)	9 (90)
400 (41)	364 (3720)	182 (1860)	10 (100)
430 (44)	391 (4000)	196 (2000)	10 (100)
440 (45)	400 (4090)	200 (2050)	10 (100)
450 (46)	409 (4180)	205 (2090)	10 (100)
460 (47)	418 (4270)	209 (2140)	10 (100)
470 (48)	427 (4360)	214 (2180)	11 (110)
480 (49)	436 (4450)	218 (2230)	11 (110)
490 (50)	445 (4550)	223 (2280)	11 (110)
500 (51)	455 (4640)	228 (2320)	11 (110)
510 (52)	464 (4730)	232 (2370)	12 (120)
520 (53)	473 (4820)	237 (2410)	12 (120)
530 (54)	473 (4820)	237 (2410)	12 (120)
540 (55)	482 (4910)	241 (2460)	12 (120)
570 (58)	504 (5130)	252 (2570)	13 (130)
590 (60)	522 (5310)	261 (2660)	13 (130)
635 (65)	578 (5870)	289 (2940)	14 (140)

Примечание. Значения расчетных сопротивлений получены по формулам первой таблицы настоящего документа при $\gamma_m = 1,1$

2 Расчетные характеристики сварных соединений

Материалы для сварки, соответствующие стали

Группы конструкций в климатических районах	Стали	Материалы для сварки			покрытыми электродами типов по ГОСТ 9467-75*
		под флюсом		в углекислом газе (по ГОСТ 8050-85) или в его смеси с аргоном (по ГОСТ 10157-79*)	
		флюсов (по ГОСТ 9087-81*)	сварочной проволоки (по ГОСТ 2246-70*)		
2, 3 и 4 - во всех районах, кроме I ₁ , I ₂ , II ₂ и II ₃	C235, C245, C255, C275, C285,20, ВСтЗкп, ВСтЗпс, ВСтЗсп	АН-348-А, АН-60	Св-08А, Св-08ГА	СВ-08Г2С	342, 346
	C345, С345Т, С375, С375Т, С390, С390Т, С390К, С440, 16Г2АФ, 09Г2С	АН-47, АН-43, АН-17-М, АН-348-А ¹	Св-10НМА, Св-10Г2 ² , Св-08ГА ² , Св-10ГА ²		350
	C345К	АН-348-А	Св-08Х1ДЮ	Св-08ХГ2СДЮ	350А ³
1 - во всех районах; 2, 3 и 4 - в районах I ₁ , I ₂ , II ₂ и II ₃	C235, C245, C255, C275, C285, 20, ВСтЗкп, ВСтЗпс, ВСтЗсп	АН-348-А	Св-08А, СВ-08ГА	СВ-08Г2С	342А, 346А
	C345, С345Т, С375, С375Т, 09Г2С	АН-47, АН-43, АН-348-А ¹	Св-10НМА, Св-10Г2 ² , Св-08ГА ² , Св-10ГА ²		350А

Материалы для сварки, соответствующие стали

Группы конструкций в климатических районах	Стали	Материалы для сварки			
		под флюсом		в углекислом газе (по ГОСТ 8050-85) или в его смеси с аргоном (по ГОСТ 10157-79*)	покрытыми электродами типов по ГОСТ 9467-75*
1 - во всех районах; 2, 3 и 4 - в районах I ₁ , I ₂ , II ₂ и II ₃	C390, C390T, C390K, C440, 16Г2АФ	АН-47, АН-17-М, АН-348-А ¹	Св-10НМА, Св-10Г2 ² , Св-08ГА ² , Св-10ГА ²	СВ-08Г2С	Э50А
	C345К	АН-348-А	Св-08Х1ДЮ	Св-08ХГ2СДЮ	Э50А ³
	C590, C590К, C590КШ	АН-17-М	Св-8ХН2ГМЮ, Св-10НМА	Св-0ХГ2СМА, Св-08ХГСМА, Св-08Г2С	Э60, Э70

¹ Применение флюса АН-348-А требует проведения дополнительного контроля механических свойств металла шва при сварке соединений элементов всех толщин для конструкций в климатических районах I₁, I₂, II₂ и II₃ и толщин свыше 32 мм - в остальных климатических районах.

² Не применять в сочетании с флюсом АН-43

³ Применять только электроды марок ОЗС-18 и КД-11.

Примечания: 1. Проволока марки Св-08Х1ДЮ поставляется по ТУ 14-1-1148-75, марки Св-08ХГ2СДЮ - по ТУ 14-1-3665-83.

2. При соответствующем технико-экономическом обосновании для сварки конструкций разрешается использовать сварочные материалы (проволоки, флюсы, защитные газы), не указанные в настоящей таблице. При этом механические свойства металла шва, выполняемого с их применением, должны быть не ниже свойств, обеспечиваемых применением материалов согласно настоящей таблице.

Определение расчетных сопротивлений сварных соединений

Сварные соединения	Напряженное состояние		Условное обозначение	Расчетные сопротивления сварных соединений
Стыковые	Сжатие. Растяжение и изгиб при автоматической, полуавтоматической или ручной сварке с физическим контролем качества швов	По пределу текучести	R_{wy}	$R_{wy} = R_y$
		По временному сопротивлению	R_{wu}	$R_{wu} = R_u$
	Растяжение и изгиб при автоматической, полуавтоматической или ручной сварке	По пределу текучести	R_{wy}	$R_{wy} = 0,85 R_y$
		Сдвиг	R_{ws}	$R_{ws} = R_s$
С угловыми швами	Срез (условный)	По металлу шва	R_{wf}	$R_{wf} = 0,55 R_{wun} / \gamma_{wm}$
		По металлу границы сплавления	R_{wz}	$R_{wz} = 0,45 R_{un}$

Примечания: 1. Для швов, выполняемых ручной сваркой, значения R_{wun} следует принимать равными значениям временного сопротивления разрыву металла шва, указанным в ГОСТ 9467-75*.

2. Для швов, выполняемых автоматической или полуавтоматической сваркой, значения R_{wun} следует принимать по следующей таблице настоящего документа.

3. Значения коэффициента надежности по материалу шва γ_{wm} следует принимать равными: 1,25 - при значениях R_{wun} не более 490 МПа (5000 кгс/см²); 1,35 - при значениях R_{wun} 590 МПа (6000 кгс/см²) и более.

Значения нормативного сопротивления металла шва R_{wup}			
Марки проволоки (по ГОСТ 2246-70*) для автоматической или полуавтоматической сварки		Марки порошковой проволоки (по ГОСТ 26271-84)	Значения нормативного сопротивления металла шва R_{wup} , МПа (кгс/см ²)
под флюсом (ГОСТ 9087-81*)	в углекислом газе (по ГОСТ 8050-85) или в его смеси с аргоном (по ГОСТ 10157-79*)		
Св-08, Св-08А	-	-	410 (4200)
Св-08ГА	-	-	450 (4600)
Св-10ГА	Св-08Г2С	ПП-АН8, ПП-АНЗ	490 (5000)
Св-10НМА, Св-10Г2	Св-08Г2С*	-	590 (6000)
Св-08ХН2ГМЮ, Св-08Х1ДЮ	Св-10ХГ2СМА, Св-08ХГ2СДЮ	-	685 (7000)

* При сварке проволокой Св-08Г2С значение R_{wup} следует принимать равным 590 МПа (6000 кгс/см²) только для угловых швов с катетом $k_f \leq 8$ мм в конструкциях из стали с пределом текучести 440 МПа (4500 кгс/см²) и более.

Нормативные и расчетные сопротивления металла швов сварных соединений с угловыми швами

Сварочные материалы		R_{wup} , МПа (кгс/см ²)	R_{wf} , МПа (кгс/см ²)
тип электрода (по ГОСТ 9467-75)	марка проволоки		
Э42, Э42А	Св-08, Св-08А	410 (4200)	180 (1850)
Э46, Э46А	Св-08ГА	450 (4600)	200 (2050)
Э50, Э50А	Св-10ГА, Св-08Г2С, Св-08Г2СЦ, ПП-АН8, ПП-АНЗ	490 (5000)	215 (2200)
Э60	Св-08Г2С*, Св-08Г2СЦ*, Св-10НМА, Св-10Г2	590 (6000)	240 (2450)
Э70	Св-10ХГ2СМА, Св-08ХН2ГМЮ	685 (7000)	280 (2850)
Э85	-	835 (8500)	340 (3450)

* При сварке проволокой Св-08Г2С значение R_{wup} следует принимать равным 590 МПа (6000 кгс/см²) только для угловых швов с катетом $k_f \leq 8$ мм в конструкциях из стали с пределом текучести 440 МПа (4500 кгс/см²) и более.

3 Расчетные характеристики одноболтовых соединений

Требования к болтам при различных условиях их применения

Условия применения		Технологические требования по ГОСТ 1759.4-87*		
климатический район	условия работы болтов	класс прочности (табл. 1)	дополнительные виды испытаний (табл. 10)	марка стали болтов
В конструкциях, не рассчитываемых на выносливость				
Все районы, кроме I ₁ , I ₂ , II ₂ и II ₃ **	Растяжение или срез	4.6; 5.6	Поз. 1	По табл. 1
		4.8; 5.8	То же	То же
		6.6	«	35
		8.8	-	35Х; 38ХА
		10.9	-	40Х
I ₁ , I ₂ , II ₂ и II ₃	Растяжение или срез	4.6; 5.6	Поз. 1 и 4	По табл. 1
		4.8; 5.8*	Поз. 1	То же
		8.8	Поз. 3 и 7	35Х; 38ХА
	Срез	4.8; 5.8	Поз. 1	По табл. 1
		8.8	-	35Х; 38ХА
10.9	-	40Х		
В конструкциях, рассчитываемых на выносливость				
Все районы, кроме I ₁ , I ₂ , II ₂ и II ₃ *	Растяжение или срез	4.6; 5.6	Поз. 1 и 4	По табл. 1
		6.6	То же	35
		8.8	-	35Х; 38ХА
	Срез	4.8; 5.8	Поз. 1	По табл. 1

Требования к болтам при различных условиях их применения (продолжение)					
Условия применения		Технологические требования по ГОСТ 1759.4-87*			
климатический район	условия работы болтов	класс прочности (табл. 1)	дополнительные виды испытаний (табл. 10)	марка стали болтов	
В конструкциях, рассчитываемых на выносливость					
I ₂ , II ₂ и II ₃	Растяжение или срез	4,6; 5,6	Поз. 1 и 4	По табл. 1	
		8,8	Поз. 3 и 7	35Х; 38ХА	
	Срез	4,8; 5,8	Поз. 1	По табл. 1	
		8,8	-	35Х; 38ХА	
I ₁	Растяжение или срез	8,8	Поз. 3 и 7	35Х; 38ХА	
		4,6; 5,6	Поз. 1 и 4	По табл. 1	
	Срез	4,8; 5,8	Поз. 1	То же	
		8,8	-	35Х; 38ХА	
* Требуется дополнительный последующий отпуск при $t = 650 \text{ }^\circ\text{C}$.					
** А также для конструкций, возводимых в климатических районах I ₁ , I ₂ , II ₂ и II ₃ , но эксплуатируемых в отапливаемых помещениях.					
Примечания: 1. Во всех климатических районах, кроме I ₁ , I ₂ , II ₂ и II ₃ , в нерасчетных соединениях допускается применять болты с подголовком класса точности С и В по ГОСТ 15590-70* и ГОСТ 7795-70* без дополнительных видов испытаний, предусмотренных в настоящей таблице.					
2. При заказе болтов классов прочности 6,6; 8,8; 10,9 по ГОСТ 1759.4-87* следует указывать марки стали.					
3. При заказе болтов классов прочности 4,8 и 5,8 необходимо указывать, что применение автоматной стали не допускается.					
4. Высокопрочные болты по ГОСТ 22356-77* из стали марки 40Х «селент» без регулируемого натяжения применяются в тех же конструкциях, что и болты класса прочности 10,9.					
Определение расчетных сопротивлений одноболтовых соединений					
Напряженное состояние	Условное обозначение	Расчетные сопротивления одноболтовых соединений			
		срезу и растяжению болтов классов			смятию соединяемых элементов из стали с пределом текучести до 440 МПа (4500 кгс/см ²)
		4,6; 5,6; 6,6	4,8; 5,8	8,8; 10,9	
Срез	R_{bs}	$R_{bs} = 0,38 R_{bun}$	$R_{bs} = 0,4 R_{bun}$	$R_{bs} = 0,4 R_{bun}$	-
Растяжение	R_{bt}	$R_{bt} = 0,42 R_{bun}$	$R_{bt} = 0,4 R_{bun}$	$R_{bt} = 0,5 R_{bun}$	-
Смятие:					
а) болты класса точности А	R_{bp}	-	-	-	$R_{bp} = (0,6 + 410 * R_{un} / E) * R_{un}$
б) болты класса точности В и С		-	-	-	$R_{bp} = (0,6 + 340 * R_{un} / E) * R_{un}$
Примечание. Допускается применять высокопрочные болты без регулируемого натяжения из стали марки 40Х «селент», при этом расчетные сопротивления R_{bs} и R_{bt} следует определять как для болтов класса 10,9, а расчетное сопротивление R_{bp} как для болтов класса точности В и С.					
Высокопрочные болты по ТУ 14-4-1345-85 допускается применять только при их работе на растяжение.					
Расчетные сопротивления смятию элементов, соединяемых болтами					
Временное сопротивление стали соединяемых элементов, МПа (кгс/мм ²)	Расчетные сопротивления, МПа (кгс/см ²), смятию элементов, соединяемых болтами				
	класса точности А	классов точности В и С, высокопрочных без регулируемого натяжения			
360 (37)	475 (4800)	430 (4350)			
365 (37)	485 (4900)	440 (4450)			
370 (38)	495 (5100)	450 (4600)			
380 (39)	515 (5300)	465 (4800)			
390 (40)	535 (5500)	485 (5000)			
400 (41)	560 (5750)	505 (5200)			

Расчетные сопротивления смятию элементов, соединяемых болтами

Временное сопротивление стали соединяемых элементов, МПа (кгс/мм ²)	Расчетные сопротивления, МПа (кгс/см ²), смятию элементов, соединяемых болтами	
	класса точности А	классов точности В и С, высокопрочных без регулируемого натяжения
430 (44)	625 (6400)	565 (5800)
440 (45)	650 (6650)	585 (6000)
450 (46)	675 (6900)	605 (6200)
460 (47)	695 (7150)	625 (6400)
470 (48)	720 (7350)	645 (6600)
480 (49)	745 (7600)	670 (6850)
490 (50)	770 (7850)	690 (7050)
500 (51)	795 (8150)	710 (7250)
510 (52)	825 (8400)	735 (7500)
520 (53)	850 (8650)	760 (7750)
530 (54)	875 (8950)	780 (7950)
540 (55)	905 (9200)	805 (8200)
570 (58)	990 (10050)	880 (8950)
590 (60)	1045 (10600)	930 (9450)

Примечание. Значения расчетных сопротивлений получены по выше указанным формулам с округлением до 5 МПа (50 кгс/см²).

Расчетные сопротивления срезу и растяжению болтов

Напряженное состояние	Условное обозначение	Расчетное сопротивление, МПа (кгс/см ²), болтов классов						
		4.6	4.8	5.6	5.8	6.6	8.8	10.9
Срез	R_{bs}	150(1500)	160(1600)	190(1900)	200(2000)	230(2300)	320(3200)	400(4000)
Растяжение	R_{bt}	170(1700)	160(1600)	210(2100)	200(2000)	250(2500)	400(4000)	500(5000)

Примечание. В таблице указаны значения расчетных сопротивлений для одноболтовых соединений, вычисленные по выше указанным формулам с округлением до 5 МПа (50 кгс/см²).

Определение расчетных сопротивлений болтов и стальной проволоки

Напряженное состояние	Условное обозначение	Расчетные сопротивления
Растяжение фундаментных болтов	R_{ba}	$R_{ba}=0.5 * R$
Растяжение U-образных болтов	R_{bv}	$R_{bv}=0.45 * R_{un}$
Растяжение высокопрочных болтов (R_{bun} - наименьшее временное сопротивление болта разрыву)	R_{bh}	$R_{bh}=0.7 * R_{bun}$
Растяжение высокопрочной стальной проволоки применяемой в виде пучков или прядей	R_{dh}	$R_{dh}=0.63 * R_{un}$

Значение расчетного сопротивления (усилия) растяжению стального каната следует принимать равным значению разрывного усилия каната в целом, установленному государственными стандартами или техническими условиями на стальные канаты, деленному на коэффициент надежности $\gamma_m = 1,6$.

Расчетные сопротивления растяжению фундаментных болтов

Диаметр болтов, мм	Расчетные сопротивления, МПа (кгс/см ²), болтов из стали марок		
	ВСтЗкп2 по ГОСТ 380-71** (с 1990 г. ГОСТ 535-88)	09Г2С по ГОСТ 19281-73*	10Г2С1 по ГОСТ 19281-73*
12, 16, 20	185 (1900)	235 (2400)	240 (2450)
24, 30	185 (1900)	230 (2350)	235 (2400)
36, 42, 48, 56	185 (1900)	225 (2300)	225 (2300)
64, 72, 80	185 (1900)	220 (2250)	215 (2200)
90, 100	185 (1900)	215 (2200)	215 (2200)
110, 125, 140	185 (1900)	215 (2200)	-

Примечание. Значения расчетных сопротивлений получены по выше указанным формулам с округлением до 5 МПа (50 кгс/см²).

Механические свойства высокопрочных болтов по ГОСТ 22356-77*		
Номинальный диаметр резьбы d , мм	Марка стали по ГОСТ 4543-71*	Наименьшее временное сопротивление $R_{\text{внт}}$, Н/мм ² (кгс/мм ²)
От 16 до 27	40Х «селект»	1100 (110)
	30ХЗМФ, 30Х2НМФА	1350 (135)
30	40Х «селект»	950 (95)
	30ХЗМФ, 35Х2АФ	1200 (120)
36	40Х «селект»	750 (75)
	30ХЗМФ	1100 (110)
42	40Х «селект»	650 (65)
	30ХЗМФ	1000 (100)
48	40Х «селект»	600 (60)
	30ХЗМФ	900 (90)

Площади сечения болтов согласно СТ СЭВ 180-75, СТ СЭВ 181-75 и СТ СЭВ 182-75

d , мм	16	18	20	22	24	27	30	36	42	48
A_b , см ²	2,01	2,54	3,14	3,80	4,52	5,72	7,06	10,17	13,85	18,09
A_b , см ²	1,57	1,92	2,45	3,03	3,52	4,39	5,60	8,16	11,20	14,72

Болты указанных диаметров применять не рекомендуется.

4 Физические характеристики материалов

Физические характеристики материалов для стальных конструкций

Характеристика	Значение
Плотность ρ , кг / м ³ :	
проката и стальных отливок	7850
отливок из чугуна	7200
Коэффициент линейного расширения α , °С ⁻¹	$0,12 \cdot 10^{-4}$
Модуль упругости E , МПа (кгс/см ²):	
прокатной стали и стальных отливок	$2,06 \cdot 10^5$ ($2,1 \cdot 10^6$)
отливок из чугуна марок:	
СЧ15	$0,83 \cdot 10^5$ ($0,85 \cdot 10^6$)
СЧ20, СЧ25, СЧ30	$0,98 \cdot 10^5$ ($1,0 \cdot 10^6$)
пучков и прядей параллельных проволок	$1,96 \cdot 10^5$ ($2,0 \cdot 10^6$)
канатов стальных:	
спиральных и закрытых несущих	$1,67 \cdot 10^5$ ($1,7 \cdot 10^6$)
двойной свивки	$1,47 \cdot 10^5$ ($1,5 \cdot 10^6$)
двойной свивки с неметаллическим сердечником	$1,27 \cdot 10^5$ ($1,3 \cdot 10^6$)
Модуль сдвига прокатной стали и стальных отливок G , МПа (кгс/см ²)	$0,78 \cdot 10^5$ ($0,81 \cdot 10^6$)
Коэффициент поперечной деформации (Пуассона) ν	0,3

Примечание. Значения модуля упругости даны для канатов, предварительно вытянутых усилием не менее 60 % разрывного усилия для каната в целом.

Физические характеристики проводов и проволоки

Наименование материалов	Марка и номинальное сечение, мм ²	Модуль упругости E , МПа (кгс/см ²)	Коэффициент линейного расширения α ; °С ⁻¹
Алюминиевые провода по ГОСТ 839-80*Е	А, АКП; 16-800	$0,630 \cdot 10^5$ ($0,642 \cdot 10^6$)	$0,23 \cdot 10^{-4}$
Медные провода по ГОСТ 839-80*Е	М; 4-800	$1,300 \cdot 10^5$ ($1,326 \cdot 10^6$)	$0,17 \cdot 10^{-4}$

Физические характеристики проводов и проволоки

Наименование материалов	Марка и номинальное сечение, мм ²	Модуль упругости E, МПа (кгс/см ²)	Коэффициент линейного расширения α; °С ⁻¹
Сталеалюминиевые провода по ГОСТ 839-80*Е при отношении площадей алюминия к стали, равном:	АС, АСК; АСКП, АСКС		
6-6,25	10 и более	$0,825 \cdot 10^5 (0,841 \cdot 10^6)$	$0,192 \cdot 10^{-4}$
0,65	95	$1,460 \cdot 10^5 (1,489 \cdot 10^6)$	$0,139 \cdot 10^{-4}$
4,29-4,39	120 и более	$0,890 \cdot 10^5 (0,907 \cdot 10^6)$	$0,183 \cdot 10^{-4}$
7,71-8,04	150 и более	$0,770 \cdot 10^5 (0,785 \cdot 10^6)$	$0,198 \cdot 10^{-4}$
1,46	185 и более	$1,140 \cdot 10^5 (1,163 \cdot 10^6)$	$0,155 \cdot 10^{-4}$
12,22	330	$0,665 \cdot 10^5 (0,678 \cdot 10^6)$	$0,212 \cdot 10^{-4}$
18,2-18,5	400 и 500	$0,665 \cdot 10^5 (0,678 \cdot 10^6)$	$0,212 \cdot 10^{-4}$
Биметаллическая сталеалюминиевая проволока по ГОСТ 3822-79* диаметром, мм:	БСМ 1		
1,6-4	2,0-12,5	$1,870 \cdot 10^5 (1,906 \cdot 10^6)$	$0,127 \cdot 10^{-4}$
6	28,2	$1,900 \cdot 10^5 (1,937 \cdot 10^6)$	$0,124 \cdot 10^{-4}$

Примечание. Значение массы проводов и проволоки следует принимать по ГОСТ 839-80*Е и ГОСТ 3822-79*.

5 Условия работы и назначения конструкций

Коэффициенты надежности и условий работы

При расчете конструкций и соединений следует учитывать:

коэффициенты надежности по назначению	γ_n	принимаются согласно Правилам учета степени ответственности зданий и сооружений при проектировании конструкций
коэффициент надежности для элементов конструкций, рассчитываемых на прочность с использованием расчетных сопротивлений R_u	γ_u	$\gamma_u = 1,3$
коэффициенты условий работы	γ_c	см. табл. ниже
коэффициенты условий работы соединения	γ_b	см. табл. ниже

Коэффициенты условий работы γ_c

Элементы конструкций	γ_c
1. Сплошные балки и сжатые элементы ферм 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
2. Колонны общественных зданий и опор водонапорных башен	0,95
3. Сжатые основные элементы (кроме опорных) решетки составного таврового сечения из уголков сварных ферм покрытий и перекрытий (например, стропильных и аналогичных им ферм) при гибкости $\lambda \geq 60$	0,8
4. Сплошные балки при расчетах на общую устойчивость при $\varphi_b < 1,0$	0,95
5. Затяжки, тяги, оттяжки, подвески, выполненные из прокатной стали	0,9
6. Элементы стержневых конструкций покрытий и перекрытий:	
а) сжатые (за исключением замкнутых трубчатых сечений) при расчетах на устойчивость	0,95
б) растянутые в сварных конструкциях	0,95
в) растянутые, сжатые, а также стыковые накладки в болтовых конструкциях (кроме конструкций на высокопрочных болтах) из стали с пределом текучести до 440 МПа (4500 кгс/см ²), несущих статическую нагрузку, при расчетах на прочность	1,05
7. Сплошные составные балки, колонны, а также стыковые накладки из стали с пределом текучести до 440 МПа (4500 кгс/см ²), несущие статическую нагрузку и выполненные с помощью болтовых соединений (кроме соединений на высокопрочных болтах), при расчетах на прочность	1,1

Коэффициенты условий работы γ_c		
Элементы конструкций		γ_c
8. Сечения прокатных и сварных элементов, а также накладок из стали с пределом текучести до 440 МПа (4500 кгс/см ²) в местах стыков, выполненных на болтах (кроме стыков на высокопрочных болтах), несущих статическую нагрузку, при расчетах на прочность:		
а) сплошных балок и колонн		1,1
б) стержневых конструкций покрытий и перекрытий		1,05
9. Сжатые элементы решетки пространственных решетчатых конструкций из одиночных равнополочных или неравнополочных (прикрепляемых большей полкой) уголков:		
а) прикрепляемые непосредственно к поясам одной полкой сварными швами либо двумя болтами и более, поставленными вдоль уголка:		
раскосы по рис. а		0,9
распорки по рис. б, в		0,9
раскосы по рис. в, г, д		0,8
б) прикрепляемые непосредственно к поясам одной полкой, одним болтом (кроме указанных в поз. 9, в настоящей таблицы), а также прикрепляемые через фасонку независимо от вида соединения		0,75
в) при сложной перекрестной решетке с одноболтовыми соединениями по рис. е		0,7
10. Сжатые элементы из одиночных уголков, прикрепляемые одной полкой (для неравнополочных уголков только меньшей полкой), за исключением элементов конструкций, указанных в поз. 9 настоящей таблицы, раскосов по рис. б, прикрепляемых непосредственно к поясам сварными швами либо двумя болтами и более, поставленными вдоль уголка, и плоских ферм из одиночных уголков		0,75
11. Опорные плиты из стали с пределом текучести до 285 МПа (2900 кгс/см ²), несущие статическую нагрузку, толщиной, мм:		
а) до 40		1,2
б) св. 40 до 60		1,15
в) « 60 « 80		1,1
П р и м е ч а н и я : 1. Коэффициенты условий работы $\gamma_c < 1$ при расчете одновременно учитывать не следует.		
2. Коэффициенты условий работы, приведенные соответственно в поз. 1 и 6, в; 1 и 7; 1 и 8; 2 и 7; 2 и 8, а; 3 и 6, в, при расчете следует учитывать одновременно.		
3. Коэффициенты условий работы, приведенные в поз. 3; 4; 6, а, в; 7; 8; 9 и 10, а также в поз. 5 и 6, б (кроме стыковых сварных соединений), при расчете соединений рассматриваемых элементов учитывать не следует.		
4. В случаях, не оговоренных в настоящих нормах, в формулах следует принимать $\gamma_c = 1$.		

Коэффициенты условий работы соединений γ_b

Характеристика соединения	γ_b
1. Многоболтовое в расчетах на срез и смятие при болтах: класса точности А	1,0
классов точности В и С, высокопрочных с нерегулируемым натяжением	0,9
2. Одноболтовое и многоболтовое в расчете на смятие при $a = 1,5d$ и $b = 2d$ в элементах конструкций из стали с пределом текучести, МПа (кгс/см ²):	
до 285 (2900)	0,8
св. 285 (2900) до 380 (3900)	0,75
a - расстояние вдоль усилия от края элемента до центра ближайшего отверстия; b - то же, между центрами отверстий; d - диаметр отверстия для болта.	
П р и м е ч а н и я : 1. Коэффициенты, установленные в поз. 1 и 2, следует учитывать одновременно	
2. При значениях расстояний a и b , промежуточных между указанными в поз. 2 и в таблице «Размещение болтов», коэффициент γ_b следует определять линейной интерполяцией	

Размещение болтов

Характеристика расстояния	Расстояния при размещении болтов
1. Расстояния между центрами болтов в любом направлении:	
а) минимальное	2,5d*
б) максимальное в крайних рядах при отсутствии окаймляющих уголков при растяжении и сжатии	8d или 12t
в) максимальное в средних рядах, а также в крайних рядах при наличии окаймляющих уголков:	
при растяжении	16d или 24t
« сжатии	12d или 18t
2. Расстояния от центра болта до края элемента:	
а) минимальное вдоль усилия	2d
б) то же, поперек усилия:	
при обрезных кромках	1,5d
« прокатных	1,2d
в) максимальное	4d или 8t
г) минимальное для высокопрочных болтов при любой кромке и любом направлении усилия	1,3d

* В соединяемых элементах из стали с пределом текучести свыше 380 МПа (3900 кгс/см²) минимальное расстояние между болтами следует принимать равным 3d.

d - диаметр отверстия для болта; t - толщина наиболее тонкого наружного элемента.

П р и м е ч а н и е . В соединяемых элементах из стали с пределом текучести до 380 МПа (3900 кгс/см²) допускается уменьшение расстояния от центра болта до края элемента вдоль усилия и минимального расстояния между центрами болтов в случаях расчета с учетом соответствующих коэффициентов условий работы соединений

Курсы повышения квалификации специалистов по программе:**«ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ПРОЧНОСТНЫХ РАСЧЕТОВ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ»**

Программа предназначена для инженеров-конструкторов, проектировщиков, экспертов, специалистов по анализу природных и технических рисков, научных сотрудников.

Преподавание осуществляется сотрудниками МЭИ (ТУ) и ООО «ТЕХСОФТ».

Занятия проводятся по адресу:

Москва, ул. Красноказарменная, д. 17, корпус Б, аудитория Б112, Б113.

Факс: (495) 362 77 00

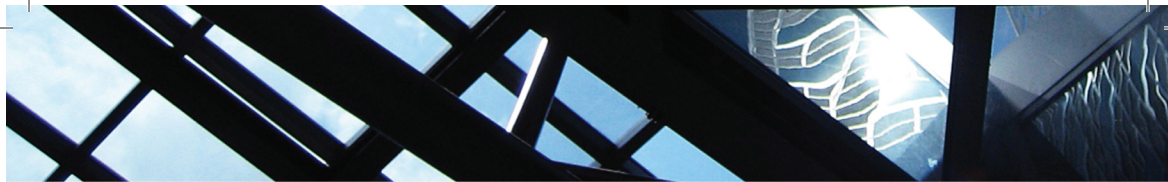
E-mail: tech-safety@mpei.ru

Справки по телефону:

(495) 362 77 00 Чаплыгина Юлия Михайловна, Широких Татьяна Анатольевна.

Почтовый адрес: 111250 Москва, Красноказарменная ул., д. 14, МЭИ (ТУ), Кафедра динамики и прочности машин, ЦПП «Надежность конструкций».





Ing+ — современный комплекс программ для проектирования строительных конструкций, сочетающий удобство использования с точностью получаемых результатов, соответствием требованиям нормативных документов стран СНГ и Европы, разнообразием решаемых задач. Данная система является уникальным предложением на российском рынке.

MicroFe — подсистема конечноэлементных расчетов строительных конструкций на прочность, устойчивость, колебания.

Статика — пакет программ для расчетов и конструирования железобетонных, стальных элементов строительных конструкций, фундаментов и подпорных стен.

COSTRUC (Сталебетон) — пакет программ для расчета и конструирования композитных (сталежелезобетонных) элементов.

ViCADo — подсистема архитектурного и инженерного проектирования строительных объектов с широкими возможностями визуализации.



Ассоциация Развития Стального Строительства

121353, Россия, Москва, ул. Беловежская, д. 4, +7 (495) 933 58 86 (доб. 1055)
info@steel-development.ru **www.steel-development.ru**

ООО «ТЕХСОФТ»

117393, Россия, Москва, а/я 300, ул. Архитектора Власова, 49, офис 510
+7 (495) 960 22 83, +7 (499) 120 11 33, +7 (499) 128 96 60, +7 (495) 960 22 84
support@tech-soft.ru, microfe@mail.ru **www.tech-soft.ru**