Документы по стандартизации
Конструкции металлические



«ЦНИИПСК им. Мельникова»
НИПИ «Промстальконструкция»

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

КОНСТРУКЦИИ СТАЛЬНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ

БОЛТОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Проектирование и расчет

СТО - 0041-2004

Москва
2004

gost.e-ecolog.ru

ЗАО «ЦНИИПСК им. Мельникова»
ОАО НИПИ «Промстальконструкция»

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

Конструкции стальные строительные

БОЛТОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Проектирование и расчет

СТО 0041-2004
(02494680, 01408401)

Москва
2004

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН ЗАО Центральный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский и проектный институт строительных металлоконструкций им. Мельникова (ЗАО «ЦНИИПСК им. Мельникова»)
ОАО Научно-исследовательский и проектный институт «Промстальконструкция»

2 ВНЕСЕН организациями-разработчиками Стандарта

3 ПРИНЯТ на научно-техническом Совете ЦНИИПСК им. Мельникова от 25 ноября 2004 г. с участием представителей организации-разработчика Стандарта

4 ВВЕДЕН впервые

5 ПЕРЕИЗДАНИЕ ноябрь 2005 г.

6 Разработка, согласование, утверждение, издание (тиражирование), обновление (изменение или пересмотр) и отмена настоящего стандарта производятся организациями-разработчиками

© ЗАО «ЦНИИПСК им. Мельникова»
© ОАО НИПИ «Промстальконструкция»

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Материалы 2
4 Расчетные сопротивления соединений 3
5 Срезные соединения 5
6 Фрикционные соединения 6
7 Фрикционно-срезные соединения 8
8 Фланцевые соединения 10
Лист регистрации изменений 16

Введение

Настоящий стандарт разработан в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании» № 184-ФЗ и предназначен для применения всеми подразделениями ЗАО «ЦНИИПСК им. Мельникова» и ОАО НИПИ «Промстальконструкция», специализирующимися на разработке проектов КМ и КМД, диагностике, ремонте и реконструкции промышленных зданий и сооружений различного назначения.

Стандарт может применяться другими организациями, если эти организации имеют сертификаты соответствия, выданные Органами по сертификации в системе добровольной сертификации, созданными организациями-разработчиками стандарта.

Организации-разработчики не несут никакой ответственности за использование данного стандарта организациями, не имеющими сертификатов соответствия.

Необходимость разработки стандарта продиктована тем, что опыт, накопленный организациями-разработчиками стандарта, а также отечественными предприятиями и организациями в области проектирования, изготовления и выполнения стальных конструкций с монтажными соединениями на болтах, содержится в различных нормативных документах, рекомендациях, ведомственных правилах и других, частично устаревших и не охватывающих в целом проблему безопасной эксплуатации промышленных зданий и сооружений различного назначения.

Основной целью разработки стандарта является создание современной нормативной базы по вопросам проектирования и расчета стальных конструкций с соединениями на болтах.

Замечания и предложения по дополнению и изменению настоящего стандарта просим направлять по адресам:

117393 Москва, ул. Архитектора Власова, 49, ЗАО «ЦНИИПСК им. Мельникова», факс 960-22-77, телефоны для справок: 128-77-77, 120-10-21;

127473 Москва, ул. Садовая Самотечная, 13, ОАО НИПИ «Промстальконструкция», телефоны (факс) для справок 200-17-02, 684-32-65.

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

Конструкции стальные строительные
БОЛТОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ
Проектирование и расчет

Утвержден и введен в действие:
Приказом ЗАО «ЦНИИПСК им. Мельникова» от 09 декабря 2004 г. № 204
Приказом ОАО НИПИ «Промстальконструкция» от 21 декабря 2004 г. № 38

Дата введения 2005-01-01

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт распространяется на проектирование и расчет стальных конструкций с монтажными соединениями на болтах, в том числе высокопрочных, предназначенных для несущих и ограждающих конструкций зданий и сооружений различного назначения, воспринимающих постоянные, временные и особые нагрузки в климатических районах с расчетной температурой до –65°С и сейсмичностью до 9 баллов, эксплуатируемых как в слабоагрессивных, так и в среднеагрессивных и агрессивных средах с применением защитных металлических покрытий.

1.2 В стандарте изложены основные положения по проектированию и расчету соединений на болтах, работающих на срез и растяжение, приведены области рационального применения болтов различных диаметров и классов прочности.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие нормативные документы:

Федеральный закон «О техническом регулировании» от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ

СТО-0031-2004 Конструкции стальные строительные. Болтовые соединения. Сортамент и области применения

ГОСТ 7798-70 Болты с шестигранной головкой класса точности В. Конструкция и размеры

ГОСТ 7805-70 Болты с шестигранной головкой класса точности А. Конструкция и размеры

ГОСТ 1759.4-87 Болты, винты и шпильки. Механические свойства и методы испытаний

ГОСТ 1759.5-87 Гайки. Механические свойства и методы испытаний

ГОСТ 5915-70 Гайки шестигранные класса точности В. Конструкция и размеры

ГОСТ 5927-70 Гайки шестигранные класса точности А. Конструкция и размеры

ГОСТ 11371-78 Шайбы. Технические условия

ГОСТ 22353-77 Болты высокопрочные класса точности В. Конструкция и размеры

ГОСТ 22354-77 Гайки высокопрочные класса точности В. Конструкция и размеры

ГОСТ 22355-77 Шайбы класса точности С к высокопрочным болтам

ГОСТ 22356-77 Болты и гайки высокопрочные и шайбы. Общие технические требования

ГОСТ 24379.0-80 Болты фундаментные. Общие технические условия

ГОСТ 24379.1-80 Болты фундаментные. Конструкция и размеры

ГОСТ 1759.0-87 Болты, винты, шпильки и гайки. Технические условия

ГОСТ Р 51163-98 Покрытия термодиффузионные цинковые на крепежных и других мелких изделиях. Общие требования и методы контроля

ГОСТ 9.303-84 Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Общие требования к выбору

ГОСТ 1759.1-82 Болты, винты, шпильки, гайки и шурупы. Допуски, методы контроля размеров и отклонений формы и расположения поверхностей

СНиП II-23-81* Стальные конструкции. Нормы проектирования. Издание 1991 г.

Пособие по проектированию стальных конструкций, 1991 г. (к СНиП II-23-81*)

СНиП 3.03.01-87 Несущие и ограждающие конструкции

СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии

СНиП 2.09.03-85 Сооружения промышленных предприятий

3 Материалы

3.1 Стальной прокат для элементов конструкций с соединениями на болтах следует применять в соответствии с требованиями главы СНиП II-23-81*, приложение 1, издание 1991 г.

3.2 Для соединений строительных металлических конструкций следует применять крепеж, удовлетворяющий требованиям СТО-0031-2004.

4 Расчетные сопротивления соединений

4.1 Расчетные сопротивления одноболтовых соединений срезу R_{bs} и растяжению R_{bt} следует определять по формулам, приведенным в табл. 1.

Таблица 1

Напряженное состояние	Условное обозначение	Расчетные формулы для болтов классов прочности				
		5.6	5.8	8.8	10.9	высокопрочные
Срез	R_{bs}	0,38 R_{bun}	0,4 R_{bun}			
Растяжение	R_{bt}	0,42 R_{bun}	0,4 R_{bun}	0,5 R_{bun}		
R_{bun} – нормативное сопротивление стали болтов, принимаемое равным временному сопротивлению σ_b по стандартам на болты.						

4.2 Расчетные сопротивления одноболтовых соединений смятию соединяемых элементов R_{bp} из стали с пределом текучести до 440 МПа следует определять по формулам, приведенным в табл. 2.

Таблица 2

Группа конструкций по СТО-0031-2004	Расчетные формулы одноболтовых соединений по смятию R_{bp} при расстояниях a вдоль усилия от края элемента до центра ближайшего отверстия		
	$a \geq 3d_o$	$2d_o \leq a < 3d_o$	$1{,}5d_o \leq a < 2d_o$
1	0,94 R_{un}	0,94 R_{un}	0,94 R_{un}
2	1,48 R_{un}	1,48 R_{un}	1,17 R_{un}
3	1,58 R_{un}	1,48 R_{un}	1,17 R_{un}
R_{un} – временное сопротивление стали соединяемых элементов разрыву; d_o – номинальный диаметр отверстия.			

4.3 Болты в соединениях следует размещать в соответствии с табл. 3.

Таблица 3

Характеристика расстояния при размещении болтов	Величина расстояния
1	2
1 Расстояние между центрами отверстий в любом направлении для всех видов соединений:	
а) минимальное	$2d_o$*
б) максимальное в крайних рядах при отсутствии окаймляющих уголков при растяжении и сжатии	$8d_o$ или $12t$

Окончание таблицы 3

1	2
в) максимальное в средних рядах, а также в крайних рядах при наличии окаймляющих уголков: - при растяжении - при сжатии	 $16d_o$ или $24t$ $12d_o$ или $18t$
2 Расстояние от центра отверстия до края элемента: а) минимальное вдоль усилия б) то же, поперек усилия: - при обрезных кромках - при прокатных кромках в) максимальное г) минимальное для фрикционных соединений при любой кромке и любом направлении усилия	 $1{,}5d_o$** $1{,}5d_o$ $1{,}2d_o$ $4d_o$ или $8t$ $1{,}3d_o$
В соединяемых элементах из стали с пределом текучести свыше 380 МПа минимальные расстояния следует принимать * – между центрами отверстий $3d_o$; ** – от центра отверстия до края элемента вдоль усилия $2{,}5d_o$.	

4.4 Номинальные диаметры отверстий для болтов различных диаметров приведены в таблице 4.

Таблица 4

Вид соединений	Номинальные диаметры отверстий, мм при диаметре стержня болта, мм					
	12	16	20	22	24	27
Фрикционные	13	17	21	23	25	28
	14	19	23	24	28	30
	15	20	24	26	30	33
Срезные и фрикционно-срезные	13	17	21	23	25	28
	14	18	22	24	26	29
	15	19	23	25	27	30
Фланцевые	-	-	22	-	27	30
	-	-	23	-	28	31

4.5 В срезных и фрикционно-срезных соединениях резьба болта должна находиться вне отверстия или в отверстии на глубине не более половины толщины прилегающего к гайке элемента.

5 Срезные соединения

5.1 При действии продольной силы, проходящей через центр тяжести соединения, распределение этой силы между болтами следует принимать равномерным. При действии на соединение изгибающего момента распределение усилий между болтами следует принимать пропорционально расстояниям от центра тяжести соединения до оси рассматриваемого болта (при треугольных эпюрах распределения усилий между болтами.

5.2 Болты, работающие на срез от одновременного действия продольной силы и изгибающего момента, необходимо проверять на равнодействующее усилие.

5.3 Расчетное усилие, которое может быть воспринято одним болтом, следует определять по формулам:

на срез - $N_{bs} = R_{bs} \cdot \gamma_{bs} \cdot A_b \cdot n_s$ (1)

на смятие - $N_{bp} = R_{bp} \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_2 \cdot \sum t \cdot d_b$ (2)

R_{bs} - принимается по табл. 1;

R_{bp} - принимается по табл. 2;

γ_{bs}, γ_1 - коэффициенты условий работы соединения, зависящие от разности номинальных диаметров отверстий и болтов δ и принимаемые равными:

γ_{bs} - 0,9 - при δ = 1,0–3,0 мм,

1,0 - при $\delta \leq 0{,}3$ мм;

γ_1 - 0,90 - при δ = 3,0 мм,

0,95 - при δ = 2,0 мм,

1,00 - при δ =1,0 мм,

1,05 - при $\delta \leq 0{,}3$ мм;

γ_2 - коэффициент условий работы соединения, зависящий от расстояний между центрами отверстий и от края элемента до центра ближайшего отверстия и принимаемый по табл. 5;

A_b - площадь сечения болта;

n_s - число расчетных срезов одного болта;

Σt - наименьшая суммарная толщина элементов, сминаемых в одном направлении;

d_b - номинальный диаметр болта.

Таблица 5

Расстояние b между центрами отверстий	Расстояние a от края элемента до центра ближайшего отверстия	Коэффициент условий работы соединения γ_2
$2{,}0d_o \leq b < 2{,}5d_o$	$1{,}5d_o \leq a < 2{,}0d_o$	0,90
$2{,}5d_o \leq b < 3{,}0d_o$	$2{,}0d_o \leq a < 2{,}5d_o$	0,95
$3{,}0d_o \leq b < 3{,}5d_o$	$2{,}5d_o \leq a < 3{,}0d_o$	1,00
$b \geq 3{,}5d_o$	$a \geq 3{,}0d_o$	1,05
d_o – номинальный диаметр отверстия		

В многорядных (вдоль усилия) соединениях при значениях расстояний b, промежуточных между указанными в табл. 5, коэффициент γ_2 следует определять линейной интерполяцией.

5.4 Количество n болтов в соединении при действии продольной силы N следует определять по формуле

$$n \geq \frac{N}{N_{min}} \qquad (3)$$

N_{min} - меньшее из значений расчетных усилий N_{bs} и N_{bp} для одного болта, вычисленных по формулам (1) и (2).

5.5 В креплениях одного элемента к другому через прокладки, а также в креплениях с односторонней накладкой количество болтов должно быть увеличено против расчета на 10%.

5.6 Расчет на прочность соединяемых элементов, ослабленных отверстиями под болты, следует выполнять с учетом полного ослабления сечений отверстиями.

6 Фрикционные соединения

6.1 Фрикционные соединения следует рассчитывать в предположении передачи действующих в стыках и прикреплениях усилий через трение, возникающее по соприкасающимся плоскостям соединяемых элементов от натяжения болтов на расчетное усилие.

6.2 При действии продольной силы, проходящей через центр тяжести соединения, распределение этой силы между болтами следует принимать равномерным. При действии на соединение изгибающего момента, распределение усилий между болтами следует принимать равномерным (при прямоугольных эпюрах распределения усилий между болтами).

6.3 Расчетное усилие Q_{bh}, которое может быть воспринято каждой поверхностью трения соединяемых элементов, стянутых одним болтом, следует определять по формуле

$$Q_{bh} = \frac{\mu \cdot \gamma_b \cdot p}{\gamma_h} \qquad (4)$$

μ - коэффициент трения, принимаемый по табл. 6;

γ_h - коэффициент надежности, принимаемый по табл. 6,

γ_b - коэффициент условий работы соединения, зависящий от количества болтов n, необходимых для восприятия расчетного усилия, принимаемый равным:

0,8 при $n < 5$,

0,9 при $5 \leq n < 10$,

1,0 при $n \geq 10$,

p - усилие предварительного натяжения болтов, определяемое по формуле

$$p = R_{bh} \cdot A_{bn} \quad (5)$$

R_{bh} - расчетное сопротивление растяжению высокопрочных болтов при их предварительном натяжении;

A_{bn} - площадь сечения болта нетто

$$R_{bh} = 0,7R_{bun}. \quad (6)$$

Таблица 6

Способ обработки (очистки) соединяемых поверхностей	Коэффициент трения, μ	Коэффициенты γ_h при нагрузке и при разности номинальных диаметров отверстий и болтов δ, мм	
		динамической и при δ = 3–6; статической и при δ = 5–6	динамической и при δ = 1; статической и при δ = 1–4
1 Дробеметный, дробеструйный или пескоструйный двух поверхностей без консервации	0,58	1,35	1,12
2 То же, с консервацией (металлизацией распылением цинка или алюминия)	0,50	1,35	1,12
3 Газопламенный двух поверхностей без консервации	0,42	1,35	1,12
4 Дробеметный, дробеструйный или пескоструйный одной поверхности, стальными щетками – другой поверхности	0,42	1,35	1,12
5 Стальными щетками двух поверхностей без консервации	0,35	1,35	1,17
6 Без обработки или с консервацией грунтом	0,25	1,70	1,30
7 Окрашенные поверхности	0,18	1,70	1,30

После дробеметной, дробеструйной или пескоструйной обработки контактных поверхностей на заводе-изготовителе металлоконструкций, повторную обработку на монтаже допускается производить стальными щетками по истечении не более 12 месяцев. При этом расчетное значение коэффициента трения принимается равным μ = 0,42, γ_h – как для газопламенного способа очистки.

Для конструкций с цинковым покрытием из расплава, с последующей очисткой на монтаже стальными щетками, расчетное значение коэффициента

трения принимается равным $\mu = 0,35$, γ_h – как для способа очистки стальными щетками.

6.4 Количество n болтов в соединении при действии продольной силы N следует определять по формуле

$$n \geq \frac{N}{n_f \cdot Q_{bh}} \qquad (7)$$

n_f - количество поверхностей трения соединяемых элементов.

6.5 Расчет на прочность соединяемых элементов, ослабленных отверстиями под болты, следует выполнять с учетом того, что половина усилия, приходящегося на каждый болт в рассматриваемом сечении уже передана силами трения. При этом проверку ослабленных сечений следует производить: при динамических нагрузках – по площади сечения нетто A_n, при статических нагрузках – по площади сечения брутто A при $A_n \geq 0,85A$ либо по условной площади $A_c = 1,18A_n$ при $A_n < 0,85A$.

6.6 Расчет на выносливость фрикционных соединений следует выполнять в соответствии с требованиями п. 9.2 СНиП II-23-81*, относя эти элементы к I-й группе конструкций (табл. 2).

6.7 В двухсрезных фрикционных соединениях, воспринимающих статические нагрузки, допускается применение в средних элементах увеличенных до $d_{он} < d_{ос} \leq 1,3d_{он}$ или овальных отверстий с большой осью овала до $2,5d_{он}$, при этом расчетное усилие Q_{bh} следует определять по формуле

$$Q_{bh} = \frac{\mu \cdot \gamma_b \cdot p \cdot \gamma_F \cdot \gamma_\delta}{\gamma_h} \qquad (8)$$

γ_F - коэффициент, зависящий от формы и размеров отверстий, принимаемый равным:
0,87 – при $d_{ос} \leq 1,3d_{он}$ или овальных отверстий с большой осью овала до $1,45d_{он}$;
0,70 – при овальных отверстиях с большой осью овала до $2,5d_{он}$;

γ_δ - коэффициент, зависящий от толщины накладок в двухсрезных соединениях, принимаемый равным:
1,0 – при толщине накладок $t \geq 0,7d_{он}$,
0,95 – при $0,6d_{он} \leq t < 0,7d_{он}$,
0,84 – при $0,4d_{он} \leq t < 0,6d_{он}$;

$d_{он}$ - номинальный диаметр отверстий в накладках;

$d_{ос}$ - номинальный диаметр отверстий в средних элементах.

7 Фрикционно-срезные соединения

7 1 Фрикционно-срезные соединения применяются в конструкциях, в которых перемещения сдвига в соединениях регламентированы разностью

номинальных диаметров отверстий и болтов $\delta \leq 2$ мм в случае воздействия усилий одного знака с коэффициентом асимметрии напряжений $\rho > 0$, а также при воздействии знакопеременных усилий, когда меньшее из них может быть передано только силами трения. В конструкциях, в которых перемещения сдвига не ограничены, допускается принимать $\delta = 3$ мм.

7.2 Расчет фрикционно-срезных соединений предусмотрен с учетом критерия деформативности, исходя из условия ограничения жесткости соединений величиной пластических деформаций соединяемых элементов, не превышающих 1,0 мм при воздействии динамических и 3,5 мм – статических нагрузок.

7.3 Распределение усилий между болтами аналогично распределению усилий в срезных соединениях.

7.4 Расчетное усилие, которое может быть воспринято одним болтом, следует определять по формулам:

на срез – по формуле (1);

на смятие с учетом трения

$$N_{bh} = N_{bp} + K_u \cdot Q_{bh} \cdot n_f \qquad (9)$$

N_{bp} - расчетное усилие на смятие, определяемое по формуле (2);

Q_{bh} - расчетное усилие, воспринимаемое силами трения, определяемое по формуле (4);

K_u - коэффициент, учитывающий снижение предварительного натяжения болтов после общего сдвига в соединении, принимаемый равным:

0,9 - при разности номинальных диаметров отверстий и болтов $\delta \leq 0,3$ мм;

0,85 - при $\delta = 1,0$ мм;

0,80 - при $\delta = 2,0$ мм;

0,75 - при $\delta = 3,0$ мм;

n_f - количество поверхностей трения соединяемых элементов.

7.5 Количество n болтов в соединении при действии продольной силы N следует определять по формуле

$$n \geq \frac{N}{N_{min}} \qquad (10)$$

N_{min} - меньшее из значений расчетных усилий N_{bs} и N_{bh} для одного болта, вычисленных по формулам (1) и (9).

7.6 Прочность элементов, ослабленных под болты, следует проверять с учетом полного ослабления сечений отверстиями под болты.

7.7 В односрезных соединениях количество болтов должно быть увеличено против расчета на 10%.

7.8 Расчет на выносливость фрикционно-срезных соединений следует выполнять в соответствии с требованиями п. 9.2 СНиП II-23-81*, относя соединения с элементами из стали с временным сопротивлением разрыву более 420 МПа ко 2-й группе конструкций, менее 420 МПа – к 3-й группе (табл. 2).

8 Фланцевые соединения

8.1 Рекомендации настоящего раздела следует соблюдать при проектировании, изготовлении и монтажной сборке фланцевых соединений элементов открытого профиля (двутавров, тавров, швеллеров и т.п.) стальных конструкций производственных зданий, подверженных растяжению, растяжению с изгибом при однозначной эпюре растягивающих напряжений $(\sigma_{min}/\sigma_{max} \geq 0{,}5)$, а также действию местных поперечных усилий.

Рекомендации не распространяются на фланцевые соединения:

воспринимающие знакопеременные нагрузки, а также многократно действующие подвижные, вибрационные или другого вида нагрузки с числом циклов свыше 10^5 при коэффициенте асимметрии напряжений в соединяемых элементах $\rho = \sigma_{min}/\sigma_{max} \leq 0{,}8$;

эксплуатируемые в сильноагрессивной среде.

8.2 Фланцевые соединения следует выполнять только с предварительно напряженными высокопрочными болтами. Величину предварительного натяжения болтов B_o для расчетов следует принимать равной

$$B_o = 0{,}9B_p = 0{,}9R_{bh} \cdot A_{bn}, \qquad (11)$$

где B_p - расчетное усилие растяжения болта;

$R_{bh} = 0{,}7\ R_{bun}$ - расчетное сопротивление растяжения болтов;

R_{bun} - нормативное сопротивление стали болтов;

A_{bn} - площадь сечения болта нетто.

8.3 Для фланцевых соединений следует применять высокопрочные болты М20, М24 и М27 из стали 40Х «селект» исполнения ХЛ с нормативным временным сопротивлением R_{bun} не более 1080 МПа (110 кгс/мм^2), а также гайки высокопрочные и шайбы к ним по ГОСТ 22353 – ГОСТ 22356.

8.4 Для фланцев следует применять листовую сталь по ГОСТ 19903-74* марки 09Г2С-15 по ГОСТ 19281-89 и 14Г2АФ-15 по ТУ 14-105-465-82 с гарантированными механическими свойствами в направлении толщины проката.

8.5 Фланцы могут быть выполнены из других марок низколегированных сталей по ГОСТ 19281-89, предназначенных для строительных стальных конструкций, при этом:

сталь должна быть не ниже 12-й категории;

временное сопротивление и относительное сужение стали в направлении толщины проката должны быть $\sigma_{bz} \geq 0{,}8\sigma_b$, $\psi_z \geq 20\%$ (где σ_b – нормативное значение временного сопротивления для основного металла, принимаемое по стандартам или техническим условиям).

8.6 При конструировании фланцевых соединений болты следует располагать безмоментно относительно центра тяжести соединяемого элемента с учетом неравномерности распределения внешних усилий между болтами на-

ружной и внутренней зон (рис. 1) в соответствии с табл. 7. Предельное усилие на один болт внутренней зоны следует принимать $N_i = 0{,}9\ B_p$.

Таблица 7

Диаметр болта	Толщина фланца, мм	Отношение внешнего усилия на один болт внутренней зоны к внешнему усилию на один болт наружной зоны $k = N_i/N_e$
М20	16	2,5
	20	1,7
	25	1,4
	30	1,2
М24	20	2,6
	25	1,8
	30	1,5
	40	1,1
М27	25	2,1
	30	1,7
	40	1,2

Болты следует располагать как можно ближе к элементам присоединяемого профиля, при этом (см. рис. 1):

$$k_f + d_s/2 + 2 \le b_1 \le 3{,}5d, \text{ мм}; \qquad (12)$$

$$\alpha \ge 0{,}8d_s;$$

$$w \le 5d,$$

где d_s – наружный диаметр шайбы, мм;

d – наружный диаметр стержня болта, мм.

8.7 Число болтов внутренней зоны определяет конструктивная форма соединения, а наружной зоны – предварительно назначается из условия

$$n_e \ge k\left(\frac{N}{N_i} - n_i\right), \qquad (13)$$

где n_e, n_i – число болтов соответственно наружной и внутренней зон;

N – внешнее усилие на фланцевое соединение.

8.8 Фланцевые соединения растянутых элементов конструкций проверяют расчетом на прочность:

болтов;

фланцев на изгиб;

соединения при воздействии поперечных усилий;

сварного соединения фланца с профилем.

8.9 Прочность фланца и болтов, относящихся к внутренней зоне, следует считать обеспеченной, если толщина фланца находится в пределах от 20 до 40 мм, болты расположены в соответствии с п. 8.6, а нагрузка на болт от действия внешних усилий не превышает величины, равной $0,9\,B_p$.

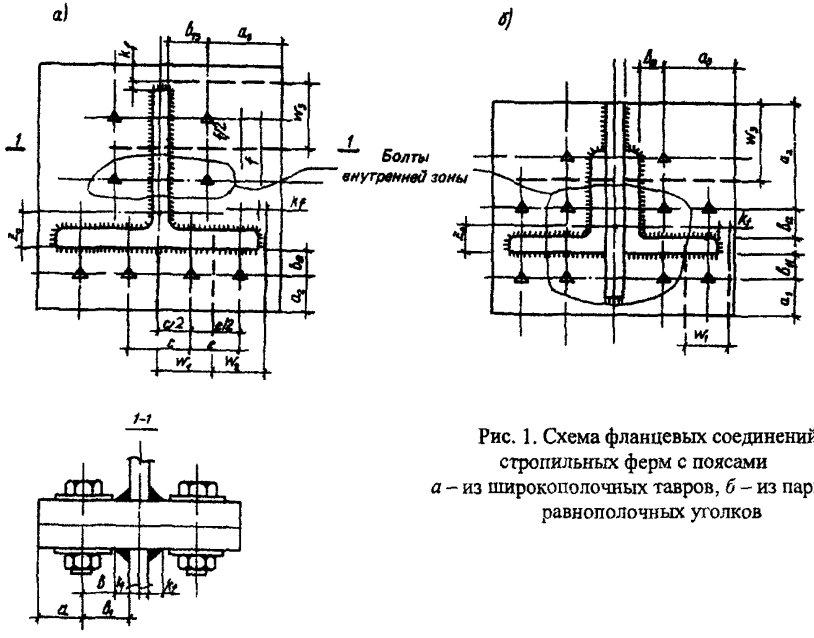

Рис. 1. Схема фланцевых соединений стропильных ферм с поясами
а – из широкополочных тавров, *б* – из парных равнополочных уголков

8.10 При расчете на прочность болтов и фланца, относящихся к наружной зоне, выделяют участки фланца, которые рассматривают как Т-образные фланцевые соединения шириной w (см. рис. 1).

Прочность соединения следует считать обеспеченной, если

$$N \le n_i N_i + \sum_{j=1}^{n_2} N_j, \qquad (14)$$

где N_j - расчетное усилие на j-й болт наружной зоны, равное

$$N_j = \min\left(N_{bj}, N_\beta\right); \qquad (15)$$

здесь N_{bj} - расчетное усилие на j-й болт, определяемое из условия прочности соединения по болтам

$$N_{bj} = \left(\alpha - \beta lg\chi_j\right) B_p, \qquad (16)$$

α, β - коэффициенты, принимаемые по табл. 8;

χ_j - параметр жесткости болта, определяемый по формуле

$$\chi_j = \frac{d^2}{w_j\left(t+\frac{d}{2}\right)}\left(\frac{b_j}{t}\right)^3; \qquad (17)$$

b_j - расстояние от оси j-го болта до края сварного шва;

Таблица 8

Отношение толщины фланца к диаметру болта t/d	Коэффициенты	
	α	β
0,83	0,336	0,207
1,04	0,388	0,257
1,25	0,425	0,278
1,46	0,470	0,270
1,67	0,527	0,239

w_j - ширина j-го участка фланца (см. рис. 1);

t - толщина фланца;

N_{fj} - расчетное усилие на j-й болт, определяемое из условия прочности фланца на изгиб

$$N_{fj} = 1{,}3\frac{1+1/\gamma_j}{\mu_j}B_p, \qquad (18)$$

μ_j - параметр, определяемый по формуле

$$\mu_j = \frac{5{,}4B_p b_j}{R_y w_j t^2},$$

γ_j - параметр, определяемый по табл. 9 или из уравнения

$$1{,}4\chi_j(\gamma_j-1)^3 - \gamma_j^2 + \mu_j\gamma_j(\gamma_j-1) = 0. \qquad (19)$$

R_y - расчетное сопротивление стали фланца.

8.11 Прочность фланцевого соединения на действие местной поперечной силы следует проверять по формуле

$$Q_{loc} \le \mu\sum_{j=1}^{n} R_j, \qquad (20)$$

где n - число болтов наружной зоны для фланцевых соединений элементов открытого профиля или общее число болтов для соединений элементов замкнутого профиля;

R_j - контактные усилия, принимаемые равными 0,1 B_o для фланцевых соединений элементов замкнутого профиля, а для элементов открытого профиля, определяемые по формуле

Таблица 9

Параметр жесткости болта χ_i	Значения γ_i при μ_i, равном									
	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	3,0	4,0	5,0
0,02	3,252	2,593	2,221	1,986	1,826	1,710	1,586	1,499	1,333	1,250
0,06	2,960	2,481	2,171	1,962	1,812	1,702	1,582	1,497	1,333	1,250
0,1	2,782	2,398	2,130	1,939	1,799	1,694	1,578	1,494	1,332	1,249
0,5	2,186	2,036	1,908	1,776	1,711	1,636	1,545	1,475	1,327	1,248
1,0	1,949	1,860	1,780	1,707	1,643	1,586	1,514	1,454	1,321	1,246
2,0	1,757	1,704	1,653	1,607	1,564	1,524	1,470	1,424	1,312	1,242
3,0	1,660	1,621	1,584	1,548	1,515	1,483	1,440	1,402	1,303	1,238
4,0	1,599	1,568	1,537	1,508	1,480	1,454	1,417	1,384	1,296	1,235
5,0	1,555	1,529	1,503	1,478	1,454	1,431	1,399	1,370	1,289	1,232
6,0	1,522	1,498	1,476	1,454	1,433	1,413	1,384	1,357	1,283	1,230
8,0	1,473	1,454	1,436	1,418	1,401	1,384	1,360	1,337	1,273	1,224
10	1,438	1,422	1,406	1,391	1,377	1,362	1,341	1,322	1,264	1,219
15	1,381	1,369	1,358	1,346	1,335	1,324	1,308	1,293	1,247	1,210

$$R_j = B_p - 1{,}2N_{bj}; \qquad (21)$$

μ - коэффициент трения соединяемых поверхностей фланцев, принимаемый по табл. 6.

При отсутствии местной поперечной силы в расчет вводится условное значение $Q_{loc} = 0{,}1\mu N$.Расчет сварного соединения фланца с профилем следует производить в соответствии с требованиями СНиП II-23-81*.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Номер изменения	Номера разделов, пунктов (подпунктов)				Срок введения изменения	Подпись
	измененных	замененных	новых	аннулированных		

УДК 621.882.001.4 ОКС 21.060 ОКП 12 8200

Ключевые слова: крепежные изделия, класс прочности, соединение, сдвиг, срез, смятие, растяжение, трение, усилие, момент закручивания

gost.e-ecolog.ru