МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(МИНСТРОЙ РОССИИ)

ПРИКАЗ

от "07" сентября 2021 г. № 643/пр

Москва

Об утверждении Изменения № 2 к СП 260.1325800.2016 «Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутых оцинкованных профилей и гофрированных листов. Правила проектирования»

В соответствии с Правилами разработки, утверждения, опубликования, изменения и отмены сводов правил, утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2016 г. № 624, подпунктом 5.2.9 пункта 5 Положения о Министерстве строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 18 ноября 2013 г. № 1038, пунктом 66.1 Плана разработки и утверждения сводов правил и актуализации ранее утвержденных строительных норм и правил, сводов правил на 2020 г., утвержденного приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 31 января 2020 г. № 50/пр (в редакции приказов Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 9 апреля 2020 г. № 197/пр, от 20 октября 2020 г. № 633/пр), **п р и к а з ы в а ю:**

1. Утвердить и ввести в действие через 1 месяц со дня издания настоящего приказа прилагаемое Изменение № 2 к СП 260.1325800.2016 «Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутых оцинкованных профилей и гофрированных листов. Правила проектирования», утвержденному приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 3 декабря 2016 г. № 881/пр.

2. Департаменту градостроительной деятельности и архитектуры Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации:

а) в течение 15 дней со дня издания приказа направить утвержденное Изменение № 2 к СП 260.1325800.2016 «Конструкции стальные тонкостенные из

холодногнутых оцинкованных профилей и гофрированных листов. Правила проектирования» на регистрацию в федеральный орган исполнительной власти в сфере стандартизации;

б) обеспечить опубликование на официальном сайте Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» текста утвержденного Изменения № 2 к СП 260.1325800.2016 «Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутых оцинкованных профилей и гофрированных листов. Правила проектирования» в электронно-цифровой форме в течение 10 дней со дня регистрации свода правил федеральным органом исполнительной власти в сфере стандартизации.

Министр И.Э. Файзуллин

УТВЕРЖДЕНО
приказом Министерства строительства и
жилищно-коммунального хозяйства
Российской Федерации
от «7» сентября 2021 г. № 643/пр

ИЗМЕНЕНИЕ № 2 К СП 260.1325800.2016 «КОНСТРУКЦИИ СТАЛЬНЫЕ ТОНКОСТЕННЫЕ ИЗ ХОЛОДНОГНУТЫХ ОЦИНКОВАННЫХ ПРОФИЛЕЙ И ГОФРИРОВАННЫХ ЛИСТОВ. ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ»

Москва 2021

Изменение № 2 к СП 260.1325800.2016
ОКС 77.140.70
91.080.10

Изменение № 2 к СП 260.1325800.2016 Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутых оцинкованных профилей и гофрированных листов. Правила проектирования

Утверждено и введено в действие приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) от 7 сентября 2021 г. № 643/пр

Дата введения – 2021–10–08

Содержание

Приложение В. Наименование. Заменить слова: «в формулах взаимодействия для сечений, подверженных деформациям кручения» на «, учитывающие совместное действие усилий».

Введение

Дополнить абзацем в следующей редакции:

«Изменение № 2 к СП 260.1325800.2016 разработано авторским коллективом ЗАО «ЦНИИПСК им. Мельникова» (канд. техн. наук *В.Ф. Беляев*, *С.И. Бочкова*, *Д.Е. Голубев*, *В.В. Косенков*, *А.В. Шуринов*) при участии Ассоциации «Объединение участников бизнеса по развитию стального строительства» (канд. техн. наук *Т.В. Назмеева*).».

2 Нормативные ссылки

Заменить обозначение ссылки:

«ГОСТ 9.401−91» на «ГОСТ 9.401−2018»;

«ГОСТ 21779−82» на «ГОСТ Р 58942−2020»;

«ГОСТ 23118−2012» на «ГОСТ 23118−2019»;

«СП 2.13130.2012» на «СП 2.13130.2020».

Заменить обозначение и наименование ссылки:

В НАБОР

«ГОСТ 14918–80 Сталь тонколистовая оцинкованная с непрерывных линий. Технические условия» на «ГОСТ 14918–2020 Прокат листовой горячеоцинкованный. Технические условия»;

«СП 16.13330.2011 «СНиП II-23-81* Стальные конструкции» (с изменением № 1)» на «СП 16.13330.2017 «СНиП II-23-81* Стальные конструкции» (с изменениями № 1, № 2)»;

«СП 20.13330.2011 «СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия» на «СП 20.13330.2016 «СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия» (с изменениями № 1, № 2)»;

«СП 28.13330.2012 «СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии» (с изменением № 1)» на «СП 28.13330.2017 «СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии» (с изменениями № 1, № 2)»;

«СП 70.13330.2012 «СНиП 3.03.01-87 Несущие и ограждающие конструкции» на «СП 70.13330.2012 «СНиП 3.03.01-87 Несущие и ограждающие конструкции» (с изменениями № 1, № 3, № 4)»;

«СП 131.13330.2012 «СНиП 23-01-99* Строительная климатология» (с изменением № 2)» на «СП 131.13330.2020 «СНиП 23-01-99* Строительная климатология».

Исключить ссылки на ГОСТ 4784–97; ГОСТ 16523–97; ГОСТ Р 52246–2016.

Дополнить раздел ссылкой:

«ГОСТ 24045–2016 Профили стальные листовые гнутые с трапециевидными гофрами для строительства. Технические условия».

5 Общие положения

5.2 Основные расчетные требования

Пункт 5.2.1. Заменить ссылку: «СП 16.13330.2011» на «СП 16.13330.2017».

5.3 Учет коэффициентов надежности по нагрузкам и сопротивлению материала

Пункт 5.3.2. Пояснение обозначений P_n и R_n. Исключить ссылку: «ГОСТ 16523,».

В НАБОР 2

5.4 Учет назначения и условий работы конструкций

Пункт 5.4.1. Таблица 5.1. Строки 1, 2 и 3. Изложить в новой редакции:

«Таблица 5.1

Элементы конструкции	Коэффициент условия работы γ_c
1 Балки, прогоны из одиночных и спаренных гнутых профилей С-образных, Z-образных и Σ-образных сечений	0,95
2 Колонны и стойки из спаренных профилей С-образных и Σ-образных сечений с толщиной стенки профиля *t*, мм:	
$t \le 2,0$	0,8
$2,0 < t \le 3,0$	0,9
$3,0 < t \le 4,0$ мм	0,95
Колонны и стойки из одиночных С-образных и Σ-образных сечений с толщиной стенки профиля *t*, мм:	
$t \le 1,5$ мм	0,75
$1,5 < t \le 3,0$ мм	0,8
$3,0 < t \le 4,0$ мм	0,9
3 Сжатые и внецентренно сжатые колонны и стойки из спаренных швеллеров с неокаймленными полками	0,75

».

Строка 11. Исключить.

Пункт 5.4.5. Заменить ссылку: «СП 16.13330.2011» на «СП 16.13330.2017».

5.5 Учет начальных несовершенств элементов несущего каркаса

Пункт 5.5.1. Заменить ссылку: «ГОСТ 23118–2012 (таблица Б.1, приложение Б)» на «ГОСТ 23118–2019 (таблица Б.2, приложение Б).

Пункт 5.5.2. Таблица 5.2. Заменить общий заголовок трех граф: «Принятые предельные значения местных изгибов по СП 16.13330.2011 (таблица Д.1)» на «Принятые предельные значения местных изгибов для типов сечений по таблице 7.5».

Пункт 5.6.3. Заменить ссылку: «ГОСТ 21779» на «ГОСТ Р 58942».

6 Материалы для конструкций и соединений

Пункт 6.1. Изложить в новой редакции:

В НАБОР

«6.1 Стальные холодногнутые оцинкованные профили следует изготавливать из оцинкованного проката по ГОСТ 14918 толщиной от 1 до 4 мм, высокой точности проката по толщине (ВТ) и повышенной – по ширине (АШ), нормальной плоскостности с обрезной кромкой и цинковым покрытием класса не ниже 275, стали марок 220, 250, 280, 320, 350, 390, 420, 450.

Допускается применение стального тонколистового проката с алюмоцинковым покрытием класса не ниже 160, а также цинкалюминиевыми и цинкалюмомагниевыми покрытиями с классами покрытий, обеспечивающими необходимую коррозионную стойкость.».

Пункт 6.3. Таблица 6.1. Графа «Напряженное состояние». Слово «Сдвиг» дополнить знаком сноски «[1)]»;

Таблицу 6.1 дополнить сноской в следующей редакции:

«[1)] Расчетное сопротивление при сдвиге с учетом потери устойчивости стенки профиля определяют по формулам таблицы 7.4.»;

Таблица 6.2. Изложить в новой редакции:

«Таблица 6.2

Норма-тивный документ	Марка оцинко-ванного проката	Класс цинкового покрытия	Нормативное сопротивление, Н/мм^2		Расчетное сопротивление, Н/мм^2			Относитель-ное удлинение δ, %
			R_{yn}	R_{un}	R_y	R_s	R_{lp}	
ГОСТ 14918	220	275÷600	220	300	215	125	145	20
	250		250	330	245	140	160	19
	280		280	360	270	155	175	18
	320		320	390	310	180	190	17
	350		350	420	330	190	200	16
	390		390	450	370	215	210	15
	420		420	480	400	230	225	14
	450		450	510	425	245	240	13

Примечание – Значения расчетных сопротивлений R_y, R_s, R_{lp} получены по формулам, приведенным в таблице 6.1, с округлением до 5 Н/мм^2.

».

Пункт 6.4. Заменить ссылку: «ГОСТ Р 34180» на «ГОСТ 34180».

Пункт 6.10. Первый абзац. Изложить в новой редакции:

В НАБОР

«6.10 Применение конструкций для неотапливаемых зданий и сооружений, а также конструкций отапливаемых зданий и сооружений, контактирующих с наружной средой в районах с расчетными температурами ниже минус 45 °С, изготовленных из тонкостенных профилей с использованием оцинкованного проката марок 220 ÷ 450 по ГОСТ 14918, ограничивается расчетной температурой испытаний в соответствии с данными таблицы 6.3.».

Таблица 6.3. Изложить в новой редакции:

«Таблица 6.3 – **Нормируемые показатели ударной вязкости проката и ограничения по расчетным температурам местности при применении проката**

Район размещения с расчетной температурой, °С	Нормируемые показатели	Нормативный предел текучести стали, Н/мм^2								
		$220 \le R_{yn} < 390$			$390 \le R_{yn} \le 420$			$420 < R_{yn} \le 450$		
		Толщина проката, мм								
		≤ 1,5	≤ 2,0	> 2,0 ≤ 4,0	≤ 1,5	≤ 2,0	> 2,0 ≤ 4,0	≤ 1,5	≤ 2,0	> 2,0 ≤ 4,0
$-45 > t \ge -55$	Нормативное значение ударной вязкости KCV, Дж/см^2	34 (24)[1)]	34	34	34 (24)[1)]	34	34	34 (24)[1)]	34	34
	Температура проведения испытаний, °С	−40	−40	−40	−40	−40	−40	−40	−40	−40
$-55 > t \ge -65$	Нормативное значение ударной вязкости KCV, Дж/см^2	34 (24)[1)]	34	34	34 (24)[1)]	34	34	34 (24)[1)]	–	–
	Температура проведения испытаний, °С	−60	−60	−60	−60	−60	−60	−60	–	–

[1)] При условии, что доля вязкой составляющей в изломе – не менее 85 %.

».

Пункт 6.11. Заменить ссылку: «СП 16.13330.2011» на «СП 16.13330.2017».

В НАБОР

7 Расчет конструктивных систем зданий и сооружений на прочность и устойчивость

7.2 Расчет конструкций из тонкостенных профилей

Пункт 7.2.3. Пояснение к обозначению f_u. Заменить ссылку: «СП 20.13330.2011 (приложение Е)» на «СП 20.13330.2016 (приложение Д)».

7.3 Расчет тонкостенных профилей с учетом закритической работы сжатых пластин

7.3.1 Метод определения редуцированных геометрических характеристик поперечных сечений элементов

Подпункт 7.3.1.7. Формула (7.16). Изложить в новой редакции:

«где $\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{R_y}{\sigma_{cr}}}$. (7.16)».

Экспликация к формуле (7.17). Изложить в новой редакции:

«где k_σ – коэффициент, зависящий от граничных условий и характера напряжений в пластинке (приведен в таблицах 7.2 и 7.3);

b – принимают равной соответствующей теоретической ширине пластинки (b_p, $b_{p,c}$, $b_{p,d}$ или s_w – см. рисунок 7.3);

t – расчетная толщина пластинки, принимаемая в соответствии с 7.1.5;

ν – коэффициент Пуассона (для стали ν = 0,3).».

Формула (7.19). Изложить в новой редакции:

«

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_{p,c} - 0{,}055 \cdot (3 + \psi)}{\bar{\lambda}_{p,c}{}^2} + 0{,}18\frac{(\bar{\lambda}_p - \bar{\lambda}_{p,c})}{(\bar{\lambda}_p - 0{,}6)} \leq 1, \qquad (7.19)$$

».

Формула (7.20) и экспликация к ней. Изложить в новой редакции:

«

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_{p,c} - 0{,}188}{\bar{\lambda}_{p,c}{}^2} + 0{,}18\frac{(\bar{\lambda}_p - \bar{\lambda}_{p,c})}{(\bar{\lambda}_p - 0{,}6)} \leq 1, \qquad (7.20)$$

где $\bar{\lambda}_{p,c} = \sqrt{\frac{\sigma_{com}}{\sigma_{cr}}}$, (7.20а)

В НАБОР

σ_{com} – реальные напряжения сжатия в редуцированном сечении пластинки от нагрузки (принимают максимальное значение напряжения сжатия в пластинке);

ψ – отношение меньшего напряжения к большему, сжатие считается положительным.».

Дополнить в конце подпункта абзацем в следующей редакции:

«При использовании данного метода эффективное сечение профиля следует определять итерационно. Итерации начинают с полного сечения профиля и заканчивают, когда геометрические характеристики эффективного сечения на предыдущей и последующей итерации отличаются друг от друга незначительно (в пределах 1 % – 2 %).».

Подпункт 7.3.1.8. Заменить слова: «Для определения геометрических характеристик редуцированного сечения (A_{red}, I_{red}, W_{red})» на «Для определения геометрических характеристик эффективного сечения (A_{ef}, I_{ef}, W_{ef})».

Таблица 7.2. Сноска *. Изложить в новой редакции:

«$* \psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$ – отношение меньшего напряжения к большему (с учетом знака) согласно эпюрам напряжений, показанным на рисунках в настоящей таблице и таблице 7.3 (сжатие считается положительным).».

Таблица 7.3. Сноска*. Изложить в новой редакции:

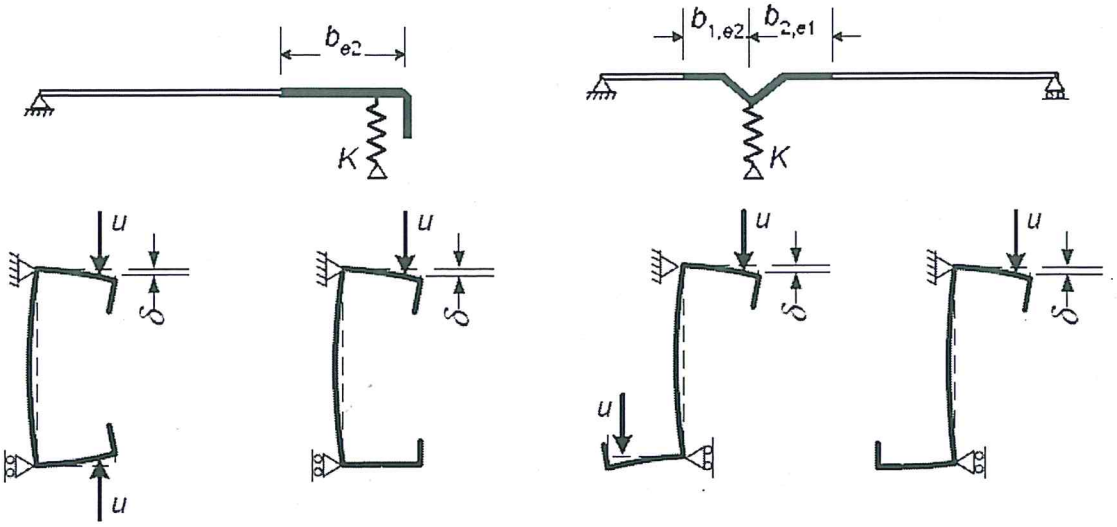
«$* \psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$ – отношение меньшего напряжения к большему (с учетом знака) согласно эпюрам напряжений, показанным на рисунках в настоящей таблице и таблице 7.2 (сжатие считается положительным).».

7.3.2 Пластины, усиленные продольными элементами жесткости

Подпункт 7.3.2.2.

Рисунок 7.7, б). Изложить в новой редакции:

В НАБОР



сжатие изгиб сжатие изгиб

б) эквивалентная схема

Подпункт 7.3.2.6. Последний абзац. Заменить слова: «Эффективную площадь» на «Площадь начального расчетного».

Подпункт 7.3.2.7. Экспликация к формуле (7.28). Изложить в новой редакции:

«где K_1 – жесткость упругоподатливой связи;

I_s – момент инерции начального расчетного сечения краевого элемента жесткости относительно оси *a–a* (включая примыкающие к нему устойчивые участки пластин) – рисунок 7.8;

A_s – площадь начального расчетного сечения краевого элемента жесткости (включая примыкающие к нему устойчивые участки пластин) – рисунок 7.8.».

Подпункт 7.3.2.8. Экспликация к формуле (7.29). Изложить в новой редакции:

«где b_1 – расстояние от центральной оси стенки до центра тяжести начального расчетного сечения краевого отгиба (включая устойчивую часть b_{e2} полки) на полке 1 (см. рисунок 7.8);

b_2 – расстояние от центральной оси стенки до центра тяжести начального расчетного сечения краевого отгиба (включая устойчивую часть полки) на полке 2;

h_w – высота стенки между серединными линиями полок;

В НАБОР

$k_f = 0$ – если полка 2 растянута (т.е. для элемента, изгибаемого относительно оси x–x);

$k_f = 1$ – для сжатого симметричного сечения;

$k_f = A_{s2}/A_{s1}$ – если полка 2 сжата (для сжатого несимметричного сечения);

A_{s1} и A_{s2} – площади начальных расчетных сечений краевых отгибов (включая примыкающие к ним устойчивые участки пластин) для полок 1 и 2 соответственно (см. рисунок 7.8).

Примечание – За полку 1 принимается та полка, для которой определяется жесткость упругоподатливой связи K_1.

»

Подпункт 7.3.2.10. Изложить в новой редакции:

«7.3.2.10 Эффективную площадь элемента жесткости $A_{s,red}$, с учетом плоской формы потери устойчивости, определяют по формуле

$$A_{s,red} = \chi_d A_s \sqrt{\frac{R_y}{\sigma_{com,s}}} \le A_s, \qquad (7.34)$$

где $\sigma_{com,s}$ – сжимающее напряжение вдоль центральной оси элемента жесткости, рассчитанное для эффективного поперечного сечения.».

Подпункт 7.3.2.11. Изложить в новой редакции:

«7.3.2.11 При определении геометрических характеристик эффективного поперечного сечения эффективная площадь $A_{s,red}$ должна быть определена с учетом уменьшенной толщины t_{red} для всех элементов, включенных в A_s.

При этом уменьшенную толщину t_{red} определяют по формулам:

$$t_{red} = t \cdot \frac{A_{s,red}}{A_s}; \qquad (7.34а)$$

$$t_{red} = \chi_d \cdot t \quad \text{при} \quad \sigma_{com,s} = R_y; \qquad (7.34б)$$

$$t_{red} = \chi_d \cdot t \cdot \sqrt{\frac{R_y}{\sigma_{com,s}}} \le t \quad \text{при} \quad \sigma_{com,s} < R_y. \qquad (7.34в)$$

».

В НАБОР

7.3.3 Сжатые пластинки с промежуточными элементами жесткости

Подпункт 7.3.3.2. Изложить в новой редакции:

«7.3.3.2 При расчете промежуточного элемента жесткости определяют начальное расчетное сечение элемента жесткости с использованием эффективной ширины пластин, примыкающих к нему, определяемой с учетом того, что элемент жесткости обеспечивает полное защемление $K = \infty$ и напряжение в нем равно R_y.»

Подпункт 7.3.3.4. Первый абзац. Заменить слова: «Эффективную площадь» на «Площадь начального расчетного».

Подпункт 7.3.3.5. Экспликация к формуле (7.36). Изложить в новой редакции:

«где K – жесткость упругоподатливой связи;

I_s – момент инерции начального расчетного сечения промежуточного элемента жесткости относительно оси a–a (включая примыкающие к нему устойчивые участки пластин) – рисунок 7.9;

A_s – площадь начального расчетного сечения промежуточного элемента жесткости (включая примыкающие к нему устойчивые участки пластин) – рисунок 7.9.»

Подпункт после формулы «(7.37)» дополнить абзацем в следующей редакции:

«Критическое напряжение потери устойчивости элемента жесткости $\sigma_{cr,s}$ может быть определено на основании расчета устойчивости первого порядка в упругой стадии с использованием численных расчетов.»

Подпункт 7.3.3.7. Изложить в новой редакции:

«7.3.3.7 Эффективную площадь элемента жесткости $A_{s,red}$, вызванную потерей устойчивости формы сечения (плоская форма потери устойчивости элемента жесткости), определяют по 7.3.2.10 и формуле (7.34).».

Формула (7.38). Исключить.

Подпункт 7.3.3.8. Изложить в новой редакции:

«7.3.3.8 При определении геометрических характеристик эффективного

В НАБОР

поперечного сечения промежуточного элемента жесткости эффективную площадь $A_{s,red}$ следует определять с учетом уменьшенной толщины t_{red} для всех элементов, включенных в A_s, по 7.3.2.11 и формулам (7.34а)–(7.34в).».

Подпункт 7.3.3.9. Исключить.

7.4 Трапециевидные гофрированные листы с промежуточными элементами жесткости

7.4.2 Полки с промежуточными элементами жесткости

Подпункт 7.4.2.1. Первый абзац. Изложить в новой редакции:

«7.4.2.1 Элементы жесткости в виде полукруглых или треугольных канавок включают в себя сам элемент жесткости и примыкающие к нему устойчивые участки b_{ef} ($b_{1,ef}$, $b_{2,ef}$) плоских участков полки b_p ($b_{p,1}$, $b_{p,2}$), как показано на рисунках 7.10 и 7.11.».

Экспликация к формуле (7.39). Пояснения к обозначениям b_p и b_s. Заменить слова: «(см. рисунок 7.9)» на «(см. рисунок 7.11)».

Пояснения к обозначениям A_s и I_s. Заменить слова: «(см. рисунок 7.8)» на «(см. рисунок 7.10).» .

Подпункт 7.4.2.2. Экспликация к формуле (7.40). Пояснения к обозначениям A_s и I_s. Заменить слова: «(см. рисунок 7.11)» на «(см. рисунок 7.10).».

Пункт 7.4.2 дополнить подпунктами 7.4.2.4–7.4.2.7 в следующей редакции:

«7.4.2.4 Если стенки поперечного сечения не усилены элементами жесткости, то значения понижающего коэффициента χ_d следует определять, используя $\sigma_{cr,s}$ и методику, приведенную в 7.3.2.9.

7.4.2.5 При усилении стенок элементами жесткости значения понижающего коэффициента χ_d следует определять по методике, приведенной в 7.3.2.9, с учетом модифицированного критического напряжения $\sigma_{cr,mod}$ в пределах упругой работы материала.

7.4.2.6 При определении геометрических характеристик эффективного сечения эффективную площадь элемента жесткости полки $A_{s,red}$ следует

В НАБОР

определять с учетом уменьшенной толщины t_{red} в соответствии с 7.3.2.10 и 7.3.2.11.

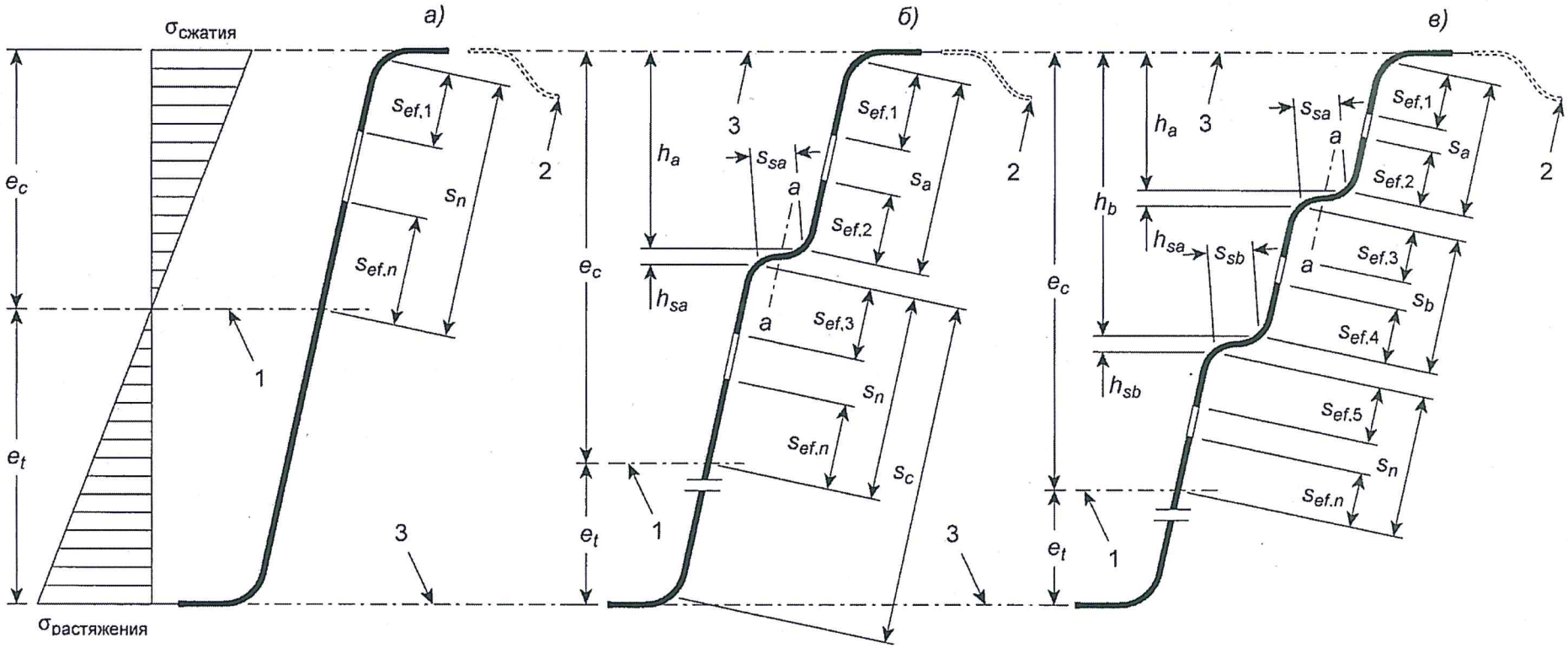
7.4.2.7 Геометрические характеристики эффективного сечения при расчете по второй группе предельных состояний допускается определять, используя расчетную толщину *t*.».

7.5 Стенки гофров с элементами жесткости в количестве не более двух

Пункт 7.5.1. Перечисление б). Заменить слово: «эффективную» на «(эффективную)».

Рисунок 7.12. Изложить в новой редакции:

В НАБОР



1 – первоначальное положение нейтральной оси в сечении гофрированных листов с эффективным сечением полок и полной площадью стенок; *2* – участки эффективного поперечного сечения сжатых полок с промежуточными элементами жесткости; *3* – центральная ось полки; *а)* – сечение гофрированного листа со стенкой без элементов жесткости; *б)* – сечение гофрированного листа со стенкой с одним элементом жесткости в сжатой зоне; *в)* – сечение гофрированного листа со стенкой с двумя элементами жесткости в сжатой зоне.

Рисунок 7.12 **–Эффективные поперечные сечения стенок гофрированных листов**

В НАБОР

Пункт 7.5.2. Заменить слова: «Эффективная площадь» на «Площадь начального расчетного сечения».

Пункт 7.5.3. Формула (7.45) и пояснение к обозначению σ_{com}. Изложить в новой редакции:

«

$$s_{ef,0} = 0{,}76\, t \sqrt{\frac{E}{\sigma_{com}}}, \qquad (7.45)$$

где σ_{com} – напряжение в сжатой полке, рассчитанное для эффективного поперечного сечения (допускается принимать равным R_y).».

Пункт 7.5.4. Экспликация к формулам (7.46)–(7.51). Пояснение к обозначению e_c. Изложить в новой редакции:

«где e_c – расстояние от эффективной нейтральной оси до центральной линии сжатой полки (см. рисунок 7.12).».

Пункт 7.5.6. Экспликация к формуле (7.62). Пояснение к обозначению I_s. Заменить слова: «(см. рисунок 7.12)» на «(см. рисунок 7.13).».

Пункты 7.5.7–7.5.9. Изложить в новой редакции:

«7.5.7 Эффективную площадь одиночного сжатого элемента жесткости стенки или элемента жесткости, ближайшего к сжатой полке, $A_{sa,red}$ определяют по формуле

$$A_{sa,red} = \chi_d A_{sa} \sqrt{\frac{R_y}{\sigma_{com}\left(1 - \frac{h_a + 0{,}5h_{sa}}{e_c}\right)}} \text{ ; но } A_{sa,red} \le A_{sa}. \qquad (7.66)$$

7.5.8 Если сжатые полки поперечного сечения не усилены элементами жесткости, то значения понижающего коэффициента χ_d для одиночного сжатого элемента жесткости стенки или элемента жесткости, ближайшего к сжатой полке, следует определять, используя $\sigma_{cr,sa}$ и методику, приведенную в 7.3.2.9.

7.5.9 При усилении сжатых полок поперечного сечения элементами жесткости значения понижающего коэффициента χ_d для одиночного сжатого элемента жесткости стенки или элемента жесткости, ближайшего к сжатой

В НАБОР

полке, следует определять по методике, приведенной в 7.3.2.9, с учетом модифицированного критического напряжения $\sigma_{cr,mod}$, определяемого по формуле (7.67), в пределах упругой работы материала.».

Пункт 7.5.12. Изложить в новой редакции:

«7.5.12 При определении геометрических характеристик эффективного сечения эффективную площадь одиночного сжатого элемента жесткости стенки или элемента жесткости, ближайшего к сжатой полке, $A_{sa,red}$ следует определять с учетом уменьшенной толщины t_{red} для всех элементов, включенных в A_{sa}.

При этом уменьшенную толщину t_{red} определяют по формулам:

$$t_{red} = \chi_d t \sqrt{\frac{1}{1 - \frac{h_a + 0{,}5h_{sa}}{e_c}}} \le t \left(\text{при } \sigma_{com} = R_y\right), \qquad (7.66а)$$

$$t_{red} = \chi_d t \sqrt{\frac{R_y}{\sigma_{com}(1 - \frac{h_a + 0{,}5h_{sa}}{e_c})}} \le t \left(\text{при } \sigma_{com} < R_y\right). \qquad (7.66б)$$

».

Пункт 7.5.13. Заменить слова: «следует определять» на «допускается определять.».

7.6 Гофрированные листы с элементами жесткости на полках и стенках

Рисунок 7.13 перенести в пункт 7.5.6.

Заменить слова: «Для гофрированных» на «7.6.1 Для гофрированных».

Заменить слова: «(см. рисунки 7.13 и 7.14)» на «(см. рисунок 7.14)».

Экспликация к формуле (7.67). Исключить пояснения к обозначениям A_s и $A_{sa,}$, пояснение к обозначению β_s для изгибаемого профиля изложить в новой редакции:

«$\beta_s = 1 - \frac{h_a + 0{,}5\, h_{sa}}{e_c}$ – для изгибаемого профиля;».

Дополнить пунктом 7.6.2 в следующей редакции:

В НАБОР

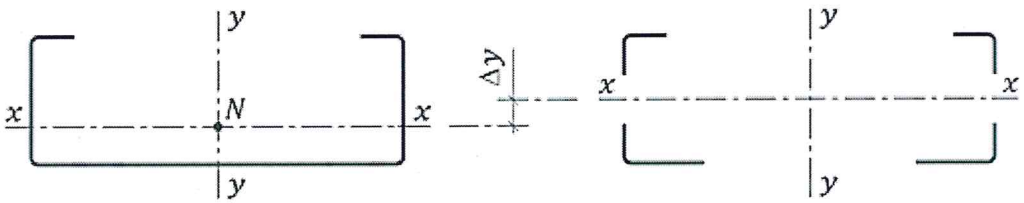
«7.6.2 При расчете гофрированных профилей, приведенных в ГОСТ 24045, допускается вычислять коэффициенты χ_d элементов жесткости полок и стенок, используя $\sigma_{cr,s}$ вместо $\sigma_{cr,mod}$. Для иных гофрированных профилей, работающих на изгиб, с элементами жесткости на полках и стенках допускается вычислять коэффициенты χ_d, используя $\sigma_{cr,s}$ вместо $\sigma_{cr,mod}$, если выполняется условие: $\sigma_{cr,s} < \sigma_{cr,sa}$.».

7.7 Предельные состояния первой группы

7.7.2 Элементы центрально растянутые и сжатые

Подпункт 7.7.2.3. Изложить в новой редакции:

«7.7.2.3 Если центр тяжести эффективного поперечного сечения не совпадает с центром тяжести полного сечения, то следует учитывать момент от смещения центральных осей x–x и y–y относительно положения оси действия силы (см. рисунок 7.15).



а) Полное поперечное сечение

б) Эффективное поперечное сечение

Рисунок 7.15 **– Эффективное поперечное сечение при сжатии**

Дополнительные моменты ΔM_x и ΔM_y от смещения центральных осей определяют по формулам:

$$\Delta M_x = N \cdot \Delta y, \qquad (7.70)$$

$$\Delta M_y = N \cdot \Delta x, \qquad (7.71)$$

где Δy и Δx – смещение центральных осей x–x и y–y относительно осевых усилий.

Допускается не учитывать эксцентриситет в следующих случаях:

- если эксцентриситет менее 1,5 % размера сечения в направлении эксцентриситета;

В НАБОР

- если учет эксцентриситета приводит к более благоприятному результату при определении напряжений.».

Подпункт 7.7.2.4. Первый абзац. Изложить в новой редакции:

«7.7.2.4 Расчет на прочность сечений в местах крепления растянутых элементов из одиночных уголков, прикрепляемых одной полкой болтами или другими нагельными креплениями, и одиночного растянутого уголка с пределом текучести до 380 Н/мм^2, прикрепляемого одной полкой болтами, поставленными в один ряд по оси, расположенной на расстоянии не менее $0{,}5b$ (b – ширина полки уголка) от обушка уголка и не менее $1{,}2d$ (d – диаметр отверстия для болта с учетом положительного допуска) от пера уголка, следует выполнять по формуле».

Экспликация к формуле (7.72). Пояснение к обозначениям α_1, α_2, β. Заменить ссылку: «СП 16.13330.2011 (таблица 6).» на «СП 16.13330.2017 (таблица 6).».

Дополнить пояснением к обозначению γ_u в следующей редакции:

«γ_u – коэффициент надежности, в расчетах по временному сопротивлению $\gamma_u = 1{,}3$.».

Подпункт 7.7.2.5. Заменить слова: «крутильную и изгибно-крутильную» на «плоскую (продольный изгиб), крутильную и изгибно-крутильную».

Подпункт 7.7.2.6. Изложить в новой редакции:

«7.7.2.6 Расчет составных сечений из уголков, швеллеров, С-образных и Σ-образных профилей, соединенных вплотную или через прокладки, следует выполнять как сплошностенчатых при условии, что участки между соединяющими сварными швами или центрами крайних болтов не превышают $30i$ – для сжатых элементов и $70i$ – для растянутых. При этом дополнительно ветви сжатых составных сечений следует проверять на плоскую, крутильную либо изгибно-крутильную формы потери устойчивости при центральном сжатии. При наличии в сечении ветвей дополнительных моментов $\Delta M_{x(y)}$, возникающих от смещения центра тяжести сечения при редукции, следует

В НАБОР

выполнять проверку ветвей на потерю устойчивости при сжатии с изгибом в соответствии с 7.7.10.3 и 7.7.10.4. Расчетную длину ветви следует принимать равной расстоянию между планками или узлами решетки.».

7.7.3 Расчет элементов при изгибе

Подпункты 7.7.3.1, 7.7.3.2. Изложить в новой редакции:

«7.7.3.1 Расчет поперечного сечения по прочности при действии изгибающего момента относительно одной из главных осей $M_{x(y)}$ выполняют следующим образом:

- если момент сопротивления эффективного сечения $W_{ef,x(y),\min}$ менее, чем момент сопротивления полного упругого сечения $W_{g,x(y),\min}$

$$\frac{M_{x(y)}}{W_{ef,x(y),\min}R_y\gamma_c} \leq 1; \qquad (7.74)$$

- если момент сопротивления эффективного сечения $W_{ef,x(y),\min}$ равен моменту сопротивления полного упругого сечения $W_{g,x(y),\min}$

$$\frac{M_{x(y)}}{W_{g,x(y),\min}R_y\gamma_c} \leq 1. \qquad (7.75)$$

При изгибе в двух главных плоскостях

$$\frac{M_x}{W_{ef,x}R_y\gamma_c} + \frac{M_y}{W_{ef,y}R_y\gamma_c} \leq 1{,}0, \qquad (7.76)$$

где $W_{ef,x,(y)}$ – момент сопротивления эффективного сечения относительно осей x–x или y–y, вычисленный для соответствующей точки сечения.

В формуле (7.76) необходимо учитывать знаки напряжений, вызываемых изгибающими моментами M_x и M_y в соответствующих точках поперечного сечения, для нахождения максимального напряжения в сечении.

Формулы (7.74)–(7.76) применимы при соблюдении следующих условий:

а) изгибающие моменты действуют только относительно главных осей поперечного сечения;

б) конструктивный элемент не подвержен свободному или стесненному кручению либо надежно раскреплен по своей длине от кручения и влияния изгибно-крутящего бимомента B;

в) угол φ между стенкой и полкой профиля более 60°.

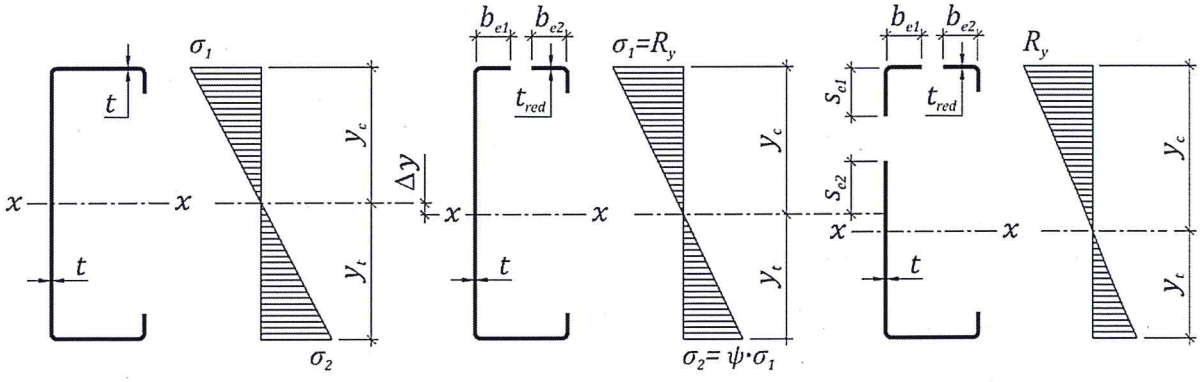
В НАБОР

Примечание – При действии в сечении элемента крутящего момента или изгибно-крутящего бимомента и отсутствии надежного его раскрепления от кручения расчет поперечного сечения по прочности следует выполнять в соответствии с 7.7.7.

7.7.3.2 Эффективные моменты сопротивления $W_{ef,x,(y)}$ при изгибе элемента в двух главных плоскостях допускается определять раздельно, т. е. на основе эффективных поперечных сечений, соответствующих изгибу только относительно той главной оси, относительно которой вычисляется момент сопротивления.

Также допускается вычислять моменты сопротивления $W_{ef,x,(y)}$ для одного и того же эффективного сечения, полученного с учетом фактического распределения напряжений в его элементах при сложном напряженно-деформированном состоянии.

Примечание – При расчете W_{ef} отношение $\psi = \sigma_2/\sigma_1$, используемое для определения эффективных участков стенки, рекомендуется вычислять с использованием сечения, состоящего из эффективной площади сжатой полки и полной площади стенки (см. рисунок 7.16).



а) Полное поперечное сечение профиля

б) Сечение профиля с эффективной площадью полки, но полной площадью стенки

в) Эффективное поперечное сечение при определении W_{ef}

***Рисунок 7.16* – Эффективное поперечное сечение (при $\sigma_{com} = R_y$) для определения предельного изгибающего момента**

».

7.7.4 Совместное действие изгиба продольной силы

Изложить в новой редакции:

«7.7.4 Совместное действие изгиба и продольной силы

В НАБОР

При совместном действии изгибающих моментов и продольной сжимающей силы и отсутствии поперечной силы должно выполняться следующее условие прочности:

$$\frac{N}{A_{ef}R_y\gamma_c}+\frac{M_x+\Delta M_x}{W_{ef,x}R_y\gamma_c}+\frac{M_y+\Delta M_y}{W_{ef,y}R_y\gamma_c}\leq 1, \qquad (7.77)$$

где A_{ef} – эффективная площадь поперечного сечения при действии центрального сжатия;

$W_{ef,x,(y)}$ – момент сопротивления эффективного сечения при изгибе относительно осей $x–x$ или $y–y$, вычисленный для соответствующей точки сечения;

$\Delta M_{,x(y)}$ – дополнительные изгибающие моменты от смещения центральных осей $x–x$ и $y–y$ при редукции относительно положения оси действия продольной силы, см. 7.7.2.3.

В формуле (7.77) необходимо учитывать знаки напряжений, вызываемых продольной силой N и изгибающими моментами M_x и M_y в соответствующих точках поперечного сечения, для нахождения максимального напряжения в сечении.

Если при действии сжатия с изгибом все части поперечного сечения находятся в сжатом состоянии, то моменты сопротивления $W_{ef,x(y)}$, как и площадь A_{ef}, следует определять от действия центрального сжатия.

Допускается также вычислять площадь A_{ef} и моменты сопротивления $W_{ef,x(y)}$ для одного и того же эффективного сечения, полученного с учетом фактического распределения напряжений в его элементах при сложном напряженно-деформированном состоянии.

Формула (7.77) применима при соблюдении следующих условий:

а) изгибающие моменты действуют только относительно главных осей поперечного сечения;

б) конструктивный элемент не подвержен свободному или стесненному кручению либо надежно раскреплен по своей длине от кручения и влияния изгибно-крутящего бимомента B;

в) угол φ между стенкой и полкой профиля более 60°.

В НАБОР

Примечания

1 Значения N, $M_{x(y)}$ и $\Delta M_{(x,y)}$ должны приниматься для наиболее невыгодного сочетания нагрузок, вызывающего наибольшие нормальные напряжения в сечении.

2 При действии в сечении элемента крутящего момента или изгибно-крутящего бимомента и отсутствии надежного его раскрепления от кручения расчет поперечного сечения по прочности следует выполнять в соответствии с 7.7.7. ».

7.7.8 Расчет на устойчивость центрально сжатых стержней

Подпункт 7.7.8.1. Изложить в новой редакции:

«7.7.8.1 Расчет на устойчивость центрально сжатых стержней сплошного сечения следует проводить по формуле

$$\frac{N}{\varphi A_{ef} R_y \gamma_c} \leq 1, \qquad (7.87)$$

где φ – коэффициент устойчивости при центральном сжатии для соответствующей формы потери устойчивости, зависящий от условной гибкости сжатого профиля 4-го класса.

Условную гибкость $\bar{\lambda}$ при плоской форме потери устойчивости при центральном сжатии (продольном изгибе) вычисляют по формуле

$$\bar{\lambda} = \frac{l_{ef}}{(\pi \cdot i)} \sqrt{\frac{R_y A_{ef}}{E A_g}}, \qquad (7.88)$$

где l_{ef} – расчетная длина стержня;

i – радиус инерции полного сечения, брутто;

A_{ef} – эффективная площадь поперечного сечения;

A_g – площадь полного поперечного сечения.

При плоской форме потери устойчивости (продольном изгибе) соответствующие значения коэффициента устойчивости при центральном сжатии φ допускается определять по таблице Д.1 СП 16.13330.2017, в которой вместо условной гибкости принимается значение $\bar{\lambda} \cdot \pi$, где $\bar{\lambda}$ определено по формуле (7.88). Тип сечения принимают в соответствии с данными таблицы 7.5.

В НАБОР

Для элементов несимметричных сечений и сечений с одной осью симметрии следует учитывать дополнительные моменты $\Delta M_{x(y)}$ в соответствии с 7.7.2.3, вызванные смещением центральных осей эффективного сечения при редукции (см. рисунок 7.15), а совместное действие осевой силы и момента следует принимать по 7.7.10.4.».

Подпункт 7.7.8.2. Последний абзац. Изложить в новой редакции:

«Расчет центрально сжатых стержней из условия потери устойчивости по крутильной или изгибно-крутильной форме следует выполнять в соответствии с 7.7.8.1 и 7.7.8.3–7.7.8.6 по формуле (7.87), где коэффициент устойчивости при центральном сжатии φ следует определять в зависимости от условной гибкости $\bar{\lambda}_T$ при крутильной или изгибно-крутильной форме потери устойчивости, определяемой по формуле (7.89).».

Подпункты 7.7.8.3–7.7.8.5. Изложить в новой редакции:

«7.7.8.3 Условную гибкость $\bar{\lambda}_T$ при крутильной или изгибно-крутильной форме потери устойчивости вычисляют по формуле

$$\bar{\lambda}_T = \sqrt{\frac{A_{ef} R_y}{N_{cr}}}, \qquad (7.89)$$

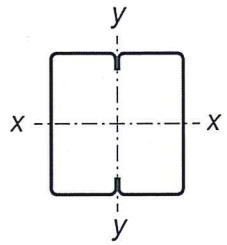
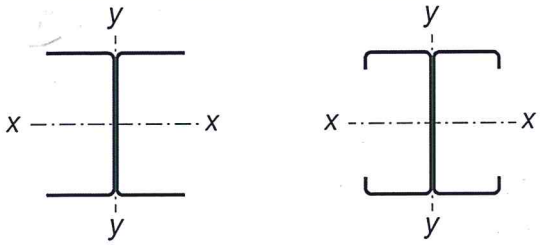
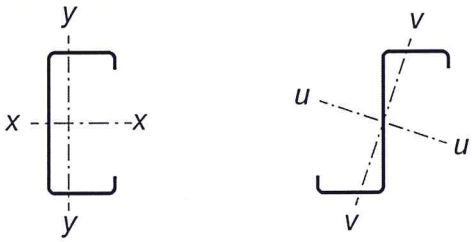
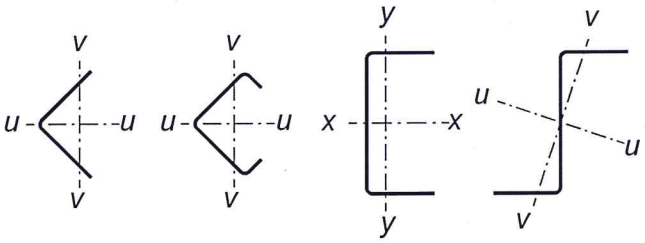
где $N_{cr} = N_{cr,T}$ – для крутильной формы потери устойчивости;

$N_{cr} = N_{cr,TF}$ – для изгибно-крутильной формы потери устойчивости.

При крутильной или изгибно-крутильной форме потери устойчивости соответствующие значения коэффициента устойчивости при центральном сжатии φ допускается определять по таблице Д.1 СП 16.13330.2017, в которой вместо условной гибкости принимается значение $\bar{\lambda} = \pi\bar{\lambda}_T$, где $\bar{\lambda}_T$ определено по формуле (7.89). Тип сечения принимают в соответствии с данными таблицы 7.5.

В НАБОР

Таблица 7.5 – **Кривые потери устойчивости для различных типов поперечных сечений**

Тип поперечного сечения	Потеря устойчивости относительно оси	Кривая потери устойчивости
	Любая	*b*
	*x–x* *y–y*	*a* *b*
	Любая	*b*
 или другое поперечное сечение	Любая	*c*

7.7.8.4 Критическую силу $N_{cr,T}$ для крутильной формы потери устойчивости в упругой стадии свободно опертого стержня вычисляют по формуле

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2}\left(GI_t + \frac{\pi^2 EI_\omega}{l_T^2}\right); \qquad (7.90)$$

$$i_0^2 = i_x^2 + i_y^2 + x_0^2 + y_0^2,$$

где G – модуль сдвига;

I_t – момент инерции при свободном кручении полного сечения;

I_ω – секториальный момент инерции полного сечения;

i_y – радиус инерции полного сечения относительно оси $y–y$;

В НАБОР

i_x – радиус инерции полного сечения относительно оси x–x;

l_T – расчетная длина элемента, теряющего устойчивость по крутильной форме (см. 7.7.8.6);

x_0, y_0 – координаты центра сдвига относительно центра тяжести полного поперечного сечения.

7.7.8.5 Для поперечных сечений, симметричных относительно оси x–x ($y_0 = 0$), в упругой стадии критическую силу $N_{cr,TF}$ для изгибно-крутильной формы потери устойчивости вычисляют по формуле

$$N_{cr,TF} = \frac{N_{cr,x}}{2\beta}\left[1 + \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,x}} - \sqrt{\left(1 - \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,x}}\right)^2 + 4\left(\frac{x_0}{i_0}\right)^2 \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,x}}}\right], \qquad (7.91)$$

где $\beta = 1 - \left(\frac{x_0}{i_0}\right)^2$;

$N_{cr,x}$ – критическая сила плоской формы потери устойчивости (продольного изгиба) для полного сечения относительно оси $x-x$ по Эйлеру, определяемая по формуле

$$N_{cr,x} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{g,x}}{l_{ef}^2}, \qquad (7.91а)$$

здесь $I_{g,x}$ – момент инерции полного сечения брутто относительно оси $x-x$;

l_{ef} – расчетная длина стержня.

Для сечений с двумя осями симметрии ($y_0 = x_0 = 0$) критическую силу $N_{cr,TF}$ для изгибно-крутильной формы потери устойчивости упругой стадии вычисляют по формуле

$$N_{cr,TF} = N_{cr,T}. \qquad (7.92)».$$

Подпункты 7.7.8.7, 7.7.8.8. Изложить в новой редакции:

«7.7.8.7 Расчет составных сечений из уголков, швеллеров, С-образных и Σ-образных профилей, соединенных вплотную или через прокладки, следует выполнять как сплошностенчатых при условии, что участки между соединяющими сварными швами или центрами крайних болтов не превышают $30i$ – для сжатых элементов и $70i$ – для растянутых. При этом дополнительно ветви сжатых составных сечений следует проверять на плоскую, крутильную

В НАБОР

либо изгибно-крутильную формы потери устойчивости при центральном сжатии. При наличии в сечении ветвей дополнительных моментов $\Delta M_{x(y)}$, возникающих от смещения центра тяжести сечения при редукции, следует выполнять проверку ветвей на потерю устойчивости при сжатии с изгибом в соответствии с 7.7.10.3 и 7.7.10.4. Расчетную длину ветви следует принимать равной расстоянию между планками или узлами решетки.

7.7.8.8 Условная гибкость ветвей $\bar{\lambda}$, определяемая в соответствии с 7.7.8.1, на участках между узлами раскрепления решетками должна быть не более 0,73 (что эквивалентно значению условной гибкости 2,3 по положениям СП 16.13330) и не должна превышать условную приведенную гибкость стержня в целом.».

7.7.9 Общая устойчивость изгибаемых балок

Подпункт 7.7.9.1. Изложить в новой редакции:

«7.7.9.1 Расчет на устойчивость плоской формы изгиба для балок постоянного сечения, не раскрепленных из плоскости действия изгибающего момента, следует выполнять по формуле

$$\frac{M_x}{\chi_{LT} W_{ef,x} R_y \gamma_c} \leq 1, \qquad (7.93)$$

где χ_{LT} – понижающий коэффициент при потере устойчивости плоской формы изгиба;

$W_{ef,x}$ – момент сопротивления эффективного поперечного сечения при изгибе относительно оси $x–x$, вычисленный для наиболее сжатой точки сечения.

Примечание – При определении $W_{ef,x}$ отверстия на конце балки учитывать не следует.».

Подпункт 7.7.9.2. Текст после формулы (7.95) и до таблицы 7.6. Изложить в новой редакции:

«здесь α_{LT} – коэффициент, учитывающий начальные несовершенства, принимаемый по таблице 7.6 (при этом кривые потери устойчивости следует принимать по таблице 7.5).

Условную гибкость при потере устойчивости плоской формы изгиба вычисляют по формуле

В НАБОР

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{ef,x}R_y}{M_{cr}}}, \qquad (7.96)$$

где M_{cr} – критический момент потери устойчивости плоской формы изгиба в упругой стадии. Определение M_{cr} для сечений с двумя осями симметрии и с одной осью симметрии (при изгибе в плоскости симметрии) приведено в приложении Г. Определение M_{cr} для прогонов С-образного и Z-образного сечений приведено в приложении А.

Значение χ_{LT} допускается принимать равным значению коэффициента φ, определяемому по таблице Д.1 СП 16.13330.2017, для условной гибкости $\bar{\lambda} = \pi\bar{\lambda}_{LT}$ и типа сечения в соответствии с данными таблицы 7.5.».

7.7.10 Устойчивость при внецентренном сжатии элементов сплошного сечения

Подпункт 7.7.10.1. Первый абзац. Изложить в новой редакции:

«7.7.10.1 При проверке на устойчивость внецентренно сжатых стержней составного сечения, ветви которых соединены друг с другом непосредственно стенками или через прокладки (рисунок 7.19), следует выполнять как расчет стержня в целом, так и отдельных его ветвей. При непрерывном соединении ветвей друг с другом по всей длине элемента выполнять проверку устойчивости отдельных ветвей не требуется.».

Подпункт 7.7.10.2. Первый абзац. Изложить в новой редакции:

«7.7.10.2 Проверку на потерю устойчивости сжато-изгибаемых (внецентренно сжатых) элементов с одной или двумя осями симметрии, при условии отсутствия стесненного кручения, следует проводить в соответствии с положениями 7.7.10.3 и 7.7.10.4, которые учитывают начальные несовершенства, приведенные в 5.5. Проверку проводят с учетом соответствующих расчетных длин элементов.

При этом следует различать:».

В НАБОР

Подпункт 7.7.10.3. Формулы (7.99), (7.100) и экспликация к ним. Изложить в новой редакции:

«

$$\frac{N}{\varphi_x A_{ef} R_y \gamma_c} + k_{xx}\frac{M_x + \Delta M_x}{\chi_{LT} W_{ef,x} R_y \gamma_c} + k_{xy}\frac{M_y + \Delta M_y}{W_{ef,y} R_y \gamma_c} \le 1; \qquad (7.99)$$

$$\frac{N}{\varphi_y A_{ef} R_y \gamma_c} + k_{yx}\frac{M_x + \Delta M_x}{\chi_{LT} W_{ef,x} R_y \gamma_c} + k_{yy}\frac{M_y + \Delta M_y}{W_{ef,y} R_y \gamma_c} \le 1, \qquad (7.100)$$

где N, M_x и M_y – расчетные значения сжимающей силы и максимальных моментов относительно осей x–x и y–y соответственно;

ΔM_x, ΔM_y – дополнительные изгибающие моменты от смещения центральных осей x–x и y–y при редукции относительно положения оси действия продольной силы, см. 7.7.2.3;

$W_{ef,x(y)}$ – момент сопротивления эффективного сечения относительно оси x–x или y–y, вычисленный для наиболее сжатой точки сечения;

φ_x и φ_y – понижающие коэффициенты при плоской форме потери устойчивости при центральном сжатии;

χ_{LT} – понижающий коэффициент при проверке устойчивости плоской формы изгиба, см. 7.7.9. Для элементов, не чувствительных к деформациям кручения, $\chi_{LT} = 1{,}0$;

k_{xx}, k_{xy}, k_{yx}, k_{yy} – коэффициенты взаимодействия (см. приложение В).».

Подпункты 7.7.10.4, 7.7.10.5. Изложить в новой редакции:

«7.7.10.4 Допускается для проверки устойчивости сжато-изгибаемых элементов использовать упрощенную формулу

$$\left(\frac{N}{\varphi A_{ef} R_y \gamma_c}\right)^{0,8} + \left(\frac{M_x + \Delta M_x}{\chi_{LT} W_{ef,x} R_y \gamma_c}\right)^{0,8} \le 1{,}0, \qquad (7.101)$$

где φ – коэффициент устойчивости при центральном сжатии, принимаемый по наименьшему из значений, соответствующих плоской, крутильной или изгибно-крутильной форме потери устойчивости, см. 7.7.8.1–7.7.8.6.

В НАБОР

7.7.10.5 В формулах (7.99)–(7.101) допускается определять эффективные геометрические характеристики раздельно (от действия соответствующего им силового фактора). Если при действии сжатия с изгибом все части поперечного сечения находятся в сжатом состоянии, то моменты сопротивления $W_{ef,x(y)}$, как и площадь A_{ef}, следует определять от действия центрального сжатия.

Допускается также вычислять площадь A_{ef} и моменты сопротивления $W_{ef,x(y)}$ для одного и того же эффективного сечения, полученного с учетом фактического распределения напряжений в его элементах при сложном напряженно-деформированном состоянии.».

7.7.11 Расчет центрально сжатых и растянутых элементов сквозного сечения

Подпункт 7.7.11.2. Заменить ссылку: «СП 16.13330.2011» на «СП 16.13330.2017».

Подпункт 7.7.11.7. Заменить ссылку: «СП 16.13330.2011 (приложение Д.1)» на «СП 16.13330.2017 (таблица Д.1)».

Подпункт 7.7.11.8. Заменить ссылку: «СП 16.13330.2011» на «СП 16.13330.2017».

10 Расчет соединений

Изложить раздел в новой редакции:

«**10 Расчет соединений**

10.1 Расчет несущей способности элементов в соединениях на метизах

10.1.1 В соединениях конструкций из тонкостенных гнутых профилей используют следующие типы соединений:

- на болтах нормальной точности с шайбами под головкой винта и гайкой;

- на самонарезающих винтах, установленных в предварительно просверленные отверстия диаметром на 0,5–0,8 мм меньше, чем диаметр стержня винта по резьбе;

- на самонарезающих, самосверлящих винтах, установленных без предварительного сверления отверстий;

- на вытяжных заклепках со стальным корпусом;

В НАБОР

- дюбелях, установленных с помощью порохового монтажного пистолета для соединений элементов ЛСТК толщиной не менее 3 мм.

10.1.2 Несущую способность соединений на вытяжных заклепках, самонарезающих винтах и дюбелях допускается определять на основании данных, приведенных в национальных стандартах, стандартах организаций на изделия, а также на основании значений нормативной несущей способности метизов $F_{\theta n}$, полученных по результатам испытаний. В этом случае несущую способность одного метиза определяют по формуле

$$F_{\theta} = \frac{F_{\theta n}}{\gamma_{m2}}, \qquad (10.1)$$

где $F_{\theta n}$ – нормативная несущая способность метиза по одному из условий работы соединения, установленная по стандарту организации-изготовителя на изделие или полученная по результатам испытаний;

γ_{m2} – коэффициент надежности соединения, принимаемый по 10.1.15.

10.1.3 Расчетную несущую способность вытяжных заклепок в соединениях, работающих на сдвиг, определяют из следующих условий:

- из условия смятия соединяемых элементов расчетную несущую способность одной заклепки определяют по формулам:

$$F_b = \alpha \cdot R_{un} \cdot d \cdot t/\gamma_{m2}, \text{ но} \qquad (10.2)$$

$$F_b \le R_{un} \cdot e_1 \cdot t/(1{,}2 \cdot \gamma_{m2}), \qquad (10.3)$$

где α – коэффициент, принимаемый по таблице 10.1;

R_{un} – временное сопротивление стали соединяемых элементов, принимаемое по таблице 6.2;

d – диаметр заклепки;

t – толщина более тонкого из соединяемых элементов;

e_1 – расстояние, приведенное на рисунке 10.1;

В НАБОР

Таблица 10.1 – **Значения коэффициента α**

Наименование крепежного элемента	Формулы для определения коэффициента α
Вытяжные заклепки	При $t = t_1$ $\alpha = 3{,}6\sqrt{t/d} \le 2{,}1$; при $t_1 \ge 2{,}5t$ $\alpha = 2{,}1$; при $t < t_1 \le 2{,}5t$ α – по линейной интерполяции
Самонарезающие винты	При $t = t_1$ $\alpha = 3{,}2\sqrt{t/d} \le 2{,}1$; при $t_1 \ge 2{,}5t$ и $t < 1{,}0$ мм $\alpha = 3{,}2\sqrt{t/d} \le 2{,}1$; при $t_1 \ge 2{,}5t$ и $t \ge 1{,}0$ мм $\alpha = 2{,}1$; при $t < t_1 \le 2{,}5t$ α –по линейной интерполяции
Дюбели	$\alpha = 3{,}2\sqrt{t/d} \le 2{,}1$
В настоящей таблице применены следующие условные обозначения: t – толщина наиболее тонкого из соединяемых элементов; t_1 – толщина наиболее толстого из соединяемых элементов.	

- из условия прочности соединяемых элементов на разрыв с учетом ослабления отверстиями под заклепки расчетную несущую способность заклепочного соединения определяют по формуле

$$F_n = A_{net} \cdot R_{yn}/\gamma_{m2}, \qquad (10.4)$$

где A_{net} – площадь сечения нетто наиболее тонкого соединяемого элемента;

- из условия среза тела заклепки расчетную несущую способность одной заклепки следует определять по формуле

$$F_v = F_{vn} / \gamma_{m2}, \qquad (10.5)$$

где F_{vn} – нормативная несущая способность заклепки на срез, устанавливаемая по стандарту организации-изготовителя на изделие или по результатам испытаний (см. 10.1.2).

10.1.4 Расчетную несущую способность вытяжных заклепок в соединениях, работающих на растяжение, с учетом разрыва тела заклепки F_t или с учетом возможного отрыва более тонкого соединяемого элемента F_p следует определять по результатам испытаний в соответствии с 10.1.2.

В НАБОР

10.1.5 Расчетную несущую способность самонарезающих и самосверлящих винтов в соединениях, работающих на сдвиг, определяют из следующих условий:

- из условия смятия соединяемых элементов расчетную несущую способность одного винта F_b определяют по формуле (10.2), где d – номинальный диаметр винта;

- из условия прочности соединяемых элементов на разрыв с учетом ослабления отверстиями под самонарезающие винты расчетную несущую способность соединения F_n определяют по формуле (10.4);

- из условия среза тела винта расчетную несущую способность одного винта F_v определяют по формуле (10.5), где F_{vn} – несущая способность самонарезающего винта на срез, устанавливаемая по стандарту организации-изготовителя на изделие или по результатам испытаний (см. 10.1.2).

10.1.6 Расчетную несущую способность самонарезающих и самосверлящих винтов в соединениях, работающих на растяжение, определяют из следующих условий:

- из условия прочности соединяемого элемента на отрыв через пресс-шайбу расчетную несущую способность одного винта при действии статических нагрузок определяют по формуле

$$F_p = d_w \cdot t \cdot R_{un}/\gamma_{m2}; \qquad (10.6)$$

- из условия прочности соединяемого элемента на отрыв через пресс-шайбу расчетную несущую способность одного винта при действии ветровых нагрузок в сочетании со статическими и без них определяют по формуле

$$F_p = 0{,}5 \cdot d_w \cdot t \cdot R_{un}/\gamma_{m2}, \qquad (10.7)$$

где d_w – диаметр пресс-шайбы или головки винта;

t – толщина элемента, испытывающего вырыв через пресс-шайбу;

- из условия вырыва винта из базового элемента (основного металла) расчетную несущую способность одного винта определяют по формулам:

$$F_0 = 0{,}45 \cdot d \cdot t_{sup} \cdot R_{un,sup}/\gamma_{m2}, \quad \text{если} \quad t_{sup}/S < 1; \qquad (10.8)$$

или

В НАБОР

$$F_0 = 0{,}65 \cdot d \cdot t_{sup} \cdot R_{un,sup}/\gamma_{m2}, \quad \text{если} \quad t_{sup}/S \geq 1, \qquad (10.9)$$

где t_{sup} – толщина базового элемента, к которому крепится винт (основного металла);

d – номинальный диаметр винта;

$R_{un,sup}$ – временное сопротивление стали метиза;

S – шаг резьбы винта;

- расчетную несущую способность одного самонарезающего винта из условия разрыва тела винта F_t определяют по стандарту организации-изготовителя на изделие или по результатам испытаний (см. 10.1.2).

10.1.7 В соединениях на пристреливаемых дюбелях временное сопротивление стали дюбелей при растяжении должно быть не менее 2000 МПа при твердости по Роквеллу не менее 55.

10.1.8 Расчетную несущую способность пристреливаемых дюбелей в соединениях, работающих на сдвиг, определяют из следующих условий:

- из условия смятия соединяемых элементов расчетную несущую способность одного дюбеля определяют по формуле

$$F_b = 3{,}2 \cdot R_{un} \cdot d \cdot t/\gamma_{m2}, \qquad (10.10)$$

где d – номинальный диаметр дюбеля;

t – толщина более тонкого из соединяемых элементов;

- из условия прочности соединяемых элементов на разрыв с учетом ослабления отверстиями под дюбели расчетную несущую способность соединения F_n определяют по формуле (10.4);

- из условия среза тела дюбеля расчетную несущую способность одного дюбеля F_v определяют по формуле (10.5), где F_{vn} – несущая способность дюбеля на срез, устанавливаемая по стандарту организации-изготовителя на изделие или по результатам испытаний (см. 10.1.2).

10.1.9 Расчетную несущую способность пристреливаемых дюбелей в соединениях, работающих на растяжение, определяют из следующих условий:

- из условия прочности соединяемого элемента на отрыв через головку дюбеля несущую способность одного дюбеля F_p определяют:

В НАБОР

а) при действии статических нагрузок – по формуле (10.6);

б) при действии ветровых нагрузок в сочетании со статическими и без них – по формуле (10.7),

где d_w – диаметр головки дюбеля;

- из условий вырыва одного дюбеля из базового элемента расчетную несущую способность F_0, а также разрыва тела дюбеля F_t определяют по стандарту организации-изготовителя на изделие или по результатам испытаний (см. 10.1.2).

10.1.10 Требуемое количество дюбелей при действии на соединение силы N, проходящей через центр тяжести соединения, определяют по формулам:

- если сила N вызывает сдвиг соединения:

$$n_c \geq N/F_{\min}, \qquad (10.11)$$

где $F_{\min}$ – наименьшее из значений F_b и F_v, вычисленных согласно 10.1.8;

- если сила N вызывает растяжение соединения:

$$n_p \geq (N/F_{\min}) \cdot \alpha_1, \qquad (10.12)$$

где $F_{\min}$ – минимальное из значений F_p, F_0 и F_t, вычисленных согласно 10.1.9;

$\alpha_1 = 1{,}1$ – коэффициент, учитывающий многократное воздействие нагрузки.

10.1.11 Несущую способность одноболтового соединения следует определять в зависимости от вида напряженного состояния по формулам:

- при срезе: $$F_v = R_{bs} \cdot A_b \cdot n_s \cdot \gamma_b \cdot \gamma_c; \qquad (10.13)$$

- при смятии: $$F_b = R_{bp} \cdot d_b \cdot \sum t \cdot \gamma_b \cdot \gamma_c; \qquad (10.14)$$

- при растяжении: $$F_t = R_{bt} \cdot A_{bn} \cdot \gamma_c, \qquad (10.15)$$

где R_{bs}, R_{bt} – расчетные сопротивления одноболтовых соединений при срезе и растяжении в соответствии с СП 16.13330.2017 (таблица Г.5);

R_{bp} – расчетное сопротивление одноболтового соединения при смятии, принимаемое в соответствии с таблицей 10.2 (при

В НАБОР

смятии элементов из оцинкованной стали) либо СП 16.13330.2017 (таблица Г.6) (при смятии неоцинкованных фасонок и других элементов);

A_b, A_{bn} – площадь сечения стержня болта брутто и резьбовой части нетто соответственно;

n_s – число расчетных срезов одного болта;

d_b – наружный диаметр стержня болта;

$\sum t$ – наименьшая суммарная толщина соединяемых элементов, смещаемых в одном направлении;

γ_b – коэффициент условия работы соединения, определяемый по СП 16.13330.2017 (таблица 41);

γ_c – коэффициент условий работы (см. таблицу 5.1).

Таблица 10.2 – **Расчетные сопротивления смятию элементов, соединяемых болтами**

Временное сопротивление стали соединяемых элементов R_{un}, Н/мм^2	Расчетные сопротивления R_{bp}, Н/мм^2, смятию элементов, соединяемых болтами класса точности	
	A	B
300	465	390
330	510	430
360	560	475
390	610	515
420	640	540
450	690	580
480	730	615
510	775	655
Примечание – Значения расчетных сопротивлений, указанные в настоящей таблице, вычислены по формулам СП 16.13330.2017 (раздел 4) с округлением до 5 Н/мм^2.		

10.1.12 При действии на болтовое соединение силы N, проходящей через центр тяжести соединения, распределение этой силы между болтами следует принимать равномерным. В этом случае количество болтов в соединении следует определять по формуле

$$n_f \geq N/F_{\min}, \qquad (10.16)$$

где $F_{\min}$ – минимальное из значений F_v, F_b и F_t, вычисленных согласно 10.1.11.

В НАБОР

10.1.13 При действии на болтовое соединение момента, вызывающего сдвиг соединяемых элементов, распределение усилий на болты следует принимать пропорционально расстояниям от центра тяжести соединения до рассматриваемого болта.

Усилие в наиболее нагруженном болте $N_{b,\max}$ не должно превышать меньшего из значений F_v и F_b, вычисленных по 10.1.11.

10.1.14 При одновременном действии на метиз сдвига N_c и растяжения N_p, при условии, что N_c и N_p определены расчетом, наиболее напряженный метиз следует проверять по формуле

$$\sqrt{\left(\frac{N_p}{F_t}\right)^2 + \left(\frac{N_c}{F_v}\right)^2} \le 1. \qquad (10.17)$$

При этом дополнительно следует проверять несущую способность метиза по одновременному смятию и вырыву из-под головки метиза наиболее тонкого из соединяемых элементов по формуле

$$\sqrt{\left(\frac{N_p}{F_p}\right)^2 + \left(\frac{N_c}{F_b}\right)^2} \le 1. \qquad (10.18)$$

10.1.15 Значения коэффициента γ_{m2} для винтовых, заклепочных и дюбельных соединений в зависимости от характера их работы приведены в таблице 10.3.

Таблица 10.3 – **Коэффициенты условий работы соединений на самонарезающих винтах, вытяжных заклепках и дюбелях**

Характер работы соединения		γ_{m2}		
		Самонарезающие винты	Вытяжные заклепки	Дюбели
Соединения с метизами, работающими на срез				
Смятие соединяемых элементов	$0,5 \le t \le 0,7$ мм	1,6	1,5	1,25
	$0,7 < t \le 2,0$ мм	1,45		
Разрыв соединяемого элемента по сечению нетто		1,1	1,1	
Соединения с метизами, работающими на растяжение				
Отрыв элемента через пресс-шайбу		1,2	1,25	1,25
Вырыв метиза из элемента		1,1	–	

Примечание – Во всех других случаях работы соединений, а также если нормативная несущая способность метиза определена по результатам испытаний (см. 10.1.2), $\gamma_{m2} = 1,25$.

В НАБОР

10.1.16 При применении соединения на самонарезающих и самосверлящих винтах, вытяжных заклепках и дюбелях должны быть соблюдены условия, приведенные в таблице 10.4.

Таблица 10.4

Тип соединения на метизах	Характер работы соединения	Условия применения метизов в соединении	Диапазон применения соединения
Соединения на самонарезающих и самосверлящих винтах	Сдвиг	$F_v \geq 1{,}2\ F_b$	$3{,}0 \leq d \leq 8{,}0$ мм $R_{un} \leq 550$ МПа
	Растяжение	$F_t \geq 1{,}2\ F_p$; $F_t \geq 1{,}2\ F_0$	$3{,}0 \leq d \leq 8{,}0$ мм $0{,}5 \leq t \leq 1{,}5$ мм $t_1 \geq 0{,}9$ мм $R_{un} \leq 550$ МПа
Соединения на вытяжных заклепках	Сдвиг	$F_v \geq 1{,}2\ F_b$	$2{,}6 \leq d \leq 6{,}4$ мм $R_{un} \leq 550$ МПа
	Растяжение	$F_t \geq 1{,}2\ F_p$	
Дюбельные соединения	Сдвиг	$F_v \geq 1{,}5\ F_b$	$3{,}0 \leq d \leq 8{,}0$ мм Для $d = 3{,}7$ мм $t_{sup} \geq 4{,}0$ мм Для $d = 4{,}5$ мм $t_{sup} \geq 6{,}0$ мм Для $d = 5{,}2$ мм $t_{sup} \geq 8{,}0$ мм $R_{un} \leq 550$ МПа
	Растяжение	$F_t \geq 1{,}2\ F_p$; $F_t \geq 1{,}2\ F_0$	$3{,}0 \leq d \leq 8{,}0$ мм Для $d = 3{,}7$ мм $t_{sup} \geq 4{,}0$ мм Для $d = 4{,}5$ мм $t_{sup} \geq 6{,}0$ мм Для $d = 5{,}2$ мм $t_{sup} \geq 8{,}0$ мм $0{,}5 \leq t \leq 1{,}5$ мм $t_1 \geq 6{,}0$ мм $R_{un} \leq 550$ МПа

В настоящей таблице применены следующие обозначения:

t – толщина наиболее тонкого из соединяемых элементов;

t_1 – толщина наиболее толстого из соединяемых элементов;

d – номинальный диаметр метиза;

t_{sup} – толщина базового элемента, к которому крепится метиз (винт или дюбель);

R_{un} – временное сопротивление стали соединяемых элементов.

Примечания

1 Метизы могут быть использованы в другом диапазоне применения, если их несущая способность определена по результатам испытаний.

2 Допускается, что закладная головка заклепки/головка винта может быть расположена над более тонким из соединяемых элементов.

В НАБОР

10.1.17 Прогнозируемый срок службы метизов должен быть не менее срока службы несущих конструкций каркаса. Подтверждение срока службы осуществляется на основании опытных данных или натурных испытаний в соответствии с действующими стандартами.

10.2 Требования к расстановке метизов в соединениях

10.2.1 Минимально допустимые расстояния между метизами и от их осей до краев соединяемых элементов представлены на рисунке 10.1 и принимаются по таблице 10.5.

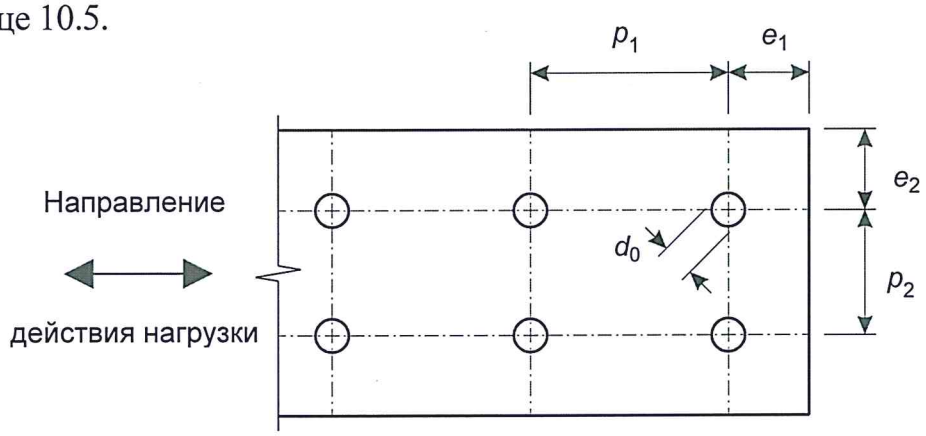


Рисунок 10.1 **– Расположение метизов в соединении**

Таблица 10.5 – **Минимальные допустимые расстояния между метизами от их осей до краев соединяемых элементов**

Размер по рисунку 10.1	Тип метиза			
	Заклепка $2{,}6 \le d \le 6{,}4$	Самонарезающий винт $3{,}0 \le d \le 8{,}0$	Дюбель $2{,}6 \le d \le 6{,}4$	Болт (min М6*)
e_1	$1{,}5d_0$**	$3{,}0d$	$4{,}5d$	$2{,}0d_0$ (при $t \ge 2{,}0$) $3{,}0d_0$ (при $t \le 2{,}0$)
e_2	$1{,}5d_0$	$1{,}5d$	$4{,}5d$	$1{,}5d_0$
p_1	$3{,}0d_0$	$3{,}0d$	$4{,}5d$	$2{,}5d_0$
p_2	$3{,}0d_0$	$3{,}0d$	$4{,}5d$	$2{,}5d_0$

* По ГОСТ Р ИСО 8765.

** d_0 – диаметр отверстия под заклепку или болт.

10.2.2 Диаметр отверстий под винты должен отвечать требованиям технических регламентов изготовителя. Эти регламенты должны быть основаны на следующих критериях:

- момент закручивания должен быть более, чем момент, требуемый для нарезания резьбы в соединяемом элементе;

В НАБОР

- момент закручивания должен быть менее, чем момент, вызывающий срез резьбы или головки метиза;

- момент закручивания должен быть менее 2/3 момента, срезающего головку метиза;

- закладная головка заклепки, а также головки самонарезающих винтов и дюбелей расположены над более тонким из соединяемых листов;

- приведенные выше правила расчета вытяжных заклепок применимы только в тех случаях, когда диаметр отверстия превышает диаметр заклепки не более чем на 0,1 мм.

10.3 Требования и правила проектирования соединений, выполненных точечной сваркой

10.3.1 Точечную сварку, выполняемую контактным методом либо методом проплавления, следует использовать для прокатного или оцинкованного проката толщиной до 4,0 мм при условии: более тонкая присоединяемая часть имеет толщину не более 3,0 мм.

10.3.2 Расчетную несущую способность сварных точек вычисляют по приведенным ниже формулам.

Несущую способность на смятие и разрыв N_c вычисляют по формулам:

если $t < t_1 < 2{,}5t$, $\quad N_c = 2{,}7\sqrt{t}d_s R_u$; (10.19)

если $t_1 \geq 2{,}5t$, $\quad 0{,}7d_s^2 R_u \leq N_c = 2{,}7\sqrt{t}d_s R_u \leq 3{,}1 d_s R_u$, (10.20)

где t – толщина наиболее тонкого присоединяемого элемента или листа, мм;

t_1 – толщина наиболее толстого присоединяемого элемента или листа;

d_s – внутренний диаметр электрозаклепки, равный:

- при сварке проплавлением $d_s = 0{,}5t + 5$ мм;

- при сварке сопротивлением $d_s = 5\sqrt{t}$.

Несущую способность края элемента на вырыв N_p вычисляют по формуле

$$N_p = 1{,}4te_1 R_u. \quad (10.21)$$

Несущую способность сечения нетто N_n вычисляют по формуле

$$N_n = A_{net} R_u, \quad (10.22)$$

где A_{net} – площадь поперечного сечения нетто присоединяемого элемента;

В НАБОР

Несущую способность на срез N_s вычисляют по формуле

$$N_s = \frac{\pi d_s^2 R_u}{4}. \quad (10.23)$$

Примечание – В соединении должны соблюдаться следующие условия:

$N_s \geq 1{,}25N_c$; $N_s \geq 1{,}25N_p$ и $\sum N_s \geq 1{,}25N_n$.

Расположение точек сварки в соединении приведены на рисунке 10.1, где $2d_s \leq e_1 \leq 6d_s$; $3d_s \leq p_1 \leq 8d_s$; $e_2 \leq 4d_s$; $3d_s \leq p_2 \leq 6d_s$.

10.3.3 Размер d_s сварной точки в реальных условиях следует проверять посредством испытаний на срез с использованием нахлесточных образцов с одиночным креплением, как показано на рисунке 10.2. Толщины соединяемых элементов образца должны быть равны реализованным в каждом конкретном случае.

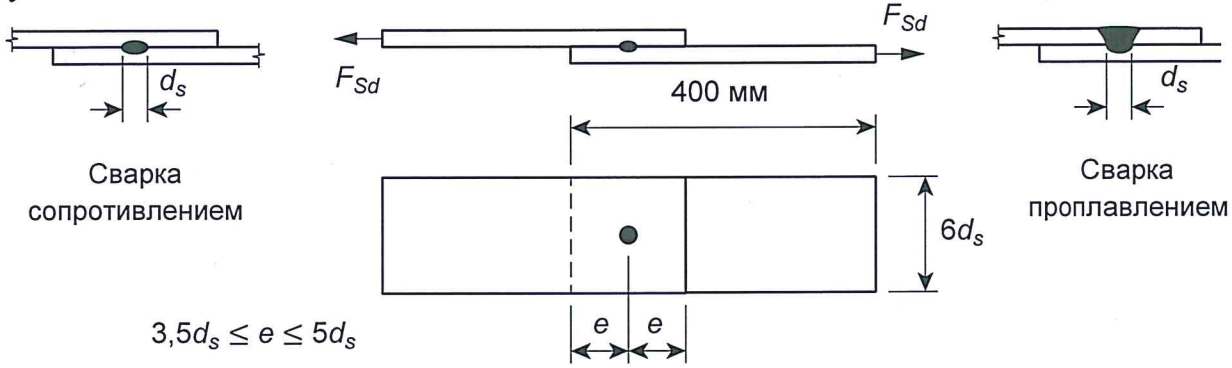


Рисунок 10.2 **– Образцы для испытаний на срез сварных точек**

10.4 Требования к проектированию сварных соединений с угловыми швами

10.4.1 Требования настоящего подраздела следует применять при проектировании сварных соединений внахлестку, выполненных дуговой сваркой, с основным материалом толщиной не более 4,0 мм.

10.4.2 Размеры сварных швов необходимо выбирать таким образом, чтобы прочность соединения определялась толщиной присоединяемого элемента или листа, но не сварным швом. Допускается, что это требование выполняется, если сечение сварного шва не менее толщины присоединяемого элемента или листа.

10.4.3 Расчетную несущую способность углового сварного шва следует определять по СП 16.13330 в соответствии с методикой для элементов толщиной 4 мм и более.

В НАБОР

10.4.4 Если в одном соединении используют сочетание лобовых и фланговых угловых швов, общую несущую способность сварного соединения следует определять как сумму несущих способностей лобовых и фланговых швов. При этом необходимо учитывать положение центра тяжести и соответствующее распределение усилий.

10.4.5 Угловые швы с эффективной длиной менее $8t$ (t – толщина более тонкого из соединяемых элементов) в расчетных соединениях не допускаются.

10.5 Дуговая точечная сварка

10.5.1 Дуговую точечную сварку следует применять только в соединениях, работающих на сдвиг, и не следует использовать для соединения элементов или листов, общая толщина Σt которых превышает 4 мм.

10.5.2 Дуговая точечная сварка должна иметь внутренний диаметр d_s не менее 10 мм.

10.5.3 Если толщина присоединяемого элемента или листа менее 0,7 мм, то следует использовать сварную шайбу (см. рисунок 10.3).

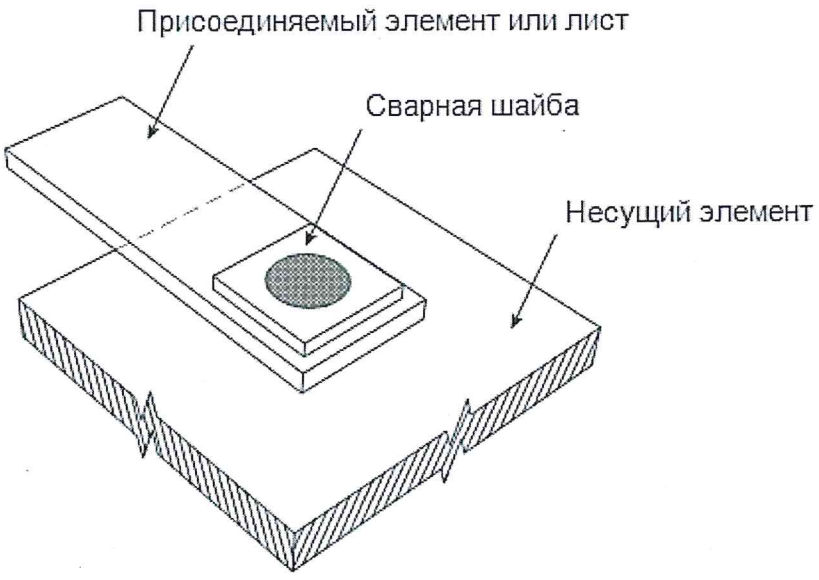


Рисунок 10.3 **– Дуговая точечная сварка со сварной шайбой**

10.5.4 Минимальные расстояния e_{min} от центра круглой дуговой сварной точки до ближайшего края соседней сварной точки или до конца присоединяемого элемента вдоль срезающего усилия вычисляют по формулам:

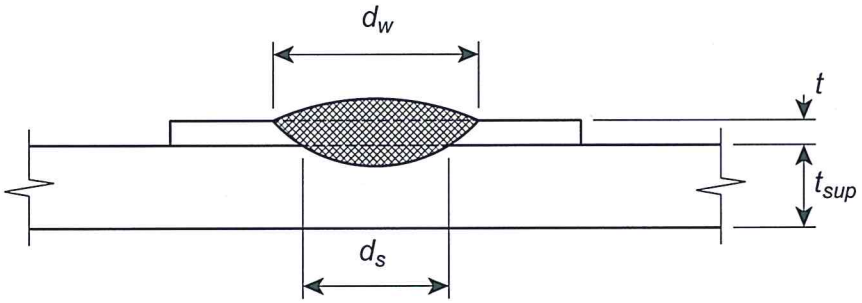
В НАБОР

$$e_{\min} = 1{,}8 \cdot \frac{N_s}{tR_u} \quad \text{при} \quad \frac{R_{un}}{R_{yn}} < 1{,}15; \tag{10.24}$$

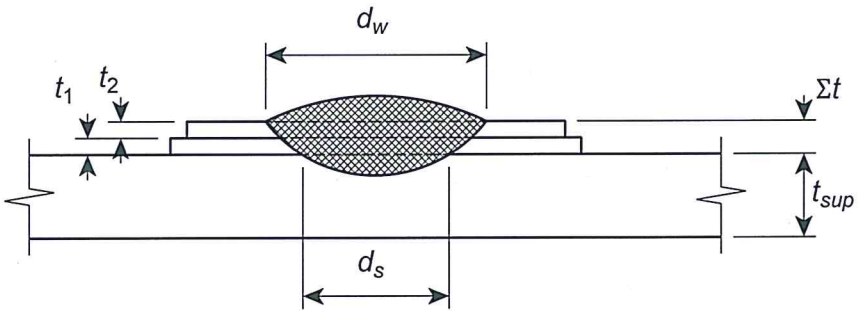
$$e_{\min} = 2{,}1 \cdot \frac{N_s}{tR_u} \quad \text{при} \quad \frac{R_{un}}{R_{yn}} \geq 1{,}15. \tag{10.25}$$

10.5.5 Минимальное расстояние от центра круглой сварной точки до края в любом направлении усилия присоединяемого элемента должно быть не менее $1{,}5d_w$, где d_w – видимый диаметр сварной точки (см. рисунок 10.4).

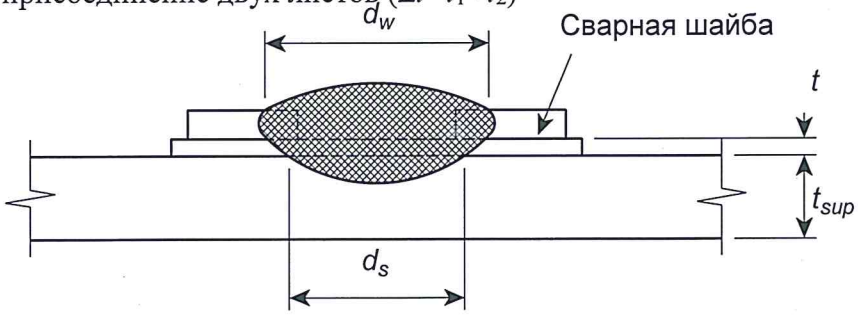
10.5.6 Минимальное расстояние в свету между овальной сварной точкой и краем листа в любом направлении усилия должно быть не менее $1{,}0d_w$.



а) присоединение одного листа ($\Sigma t = t$)



б) присоединение двух листов ($\Sigma t = t_1 + t_2$)



в) присоединение одного листа с применением сварной шайбы

Рисунок 10.4 **– Точечная дуговая сварка**

10.5.7 Расчетную несущую способность на срез N_w круглой сварной точки определяют по формуле

В НАБОР

$$N_w = \frac{\pi}{4} \cdot d_s^2 R_{wf}, \qquad (10.26)$$

где R_{wf} – расчетное сопротивление по материалу сварной точки;

d_s – внутренний диаметр сварной точки, вычисляемый по формуле

$$d_s = 0{,}7 d_w - 1{,}5 \sum t, \text{ но } d_s \geq 0{,}55 d_w, \qquad (10.27)$$

где d_w – видимый диаметр дуговой сварной точки (см. рисунок 10.4).

N_w не должно превышать значений, определяемых из следующих условий:

$$\text{если } \frac{d_p}{\sum t} \leq 18 \cdot \left(\frac{420}{R_u}\right)^{0,5}, \text{ то } N_w = 1{,}5 d_p \sum t \cdot R_u; \qquad (10.28)$$

$$\text{если } 18 \cdot \left(\frac{420}{R_u}\right)^{0,5} < \frac{d_p}{\sum t} < 30 \cdot \left(\frac{420}{R_u}\right)^{0,5}, \text{ то } N_w = 27 \cdot \left(\frac{420}{R_u}\right)^{0,5} \sum t^2 \cdot R_u; \qquad (10.29)$$

$$\text{если } \frac{d_p}{\sum t} \geq 30 \cdot \left(\frac{420}{R_u}\right)^{0,5}, \text{ то } N_w = 0{,}9 d_p \sum t \cdot R_u. \qquad (10.30)$$

10.5.8 Расчетная несущая способность на срез N_w овальной сварной точки определяют по формуле

$$N_w = \left[\frac{\pi}{4} \cdot d_s^2 + L_w d_s\right] 0{,}625 R_{uw}, \qquad (10.31)$$

при условии, что N_w не превышает значений, вычисляемых по формуле

$$N_w = \left(0{,}5 L_w + 1{,}6 d_p\right) \sum t \, R_u, \qquad (10.32)$$

где L_w – длина овальной сварной точки (см. рисунок 10.5).

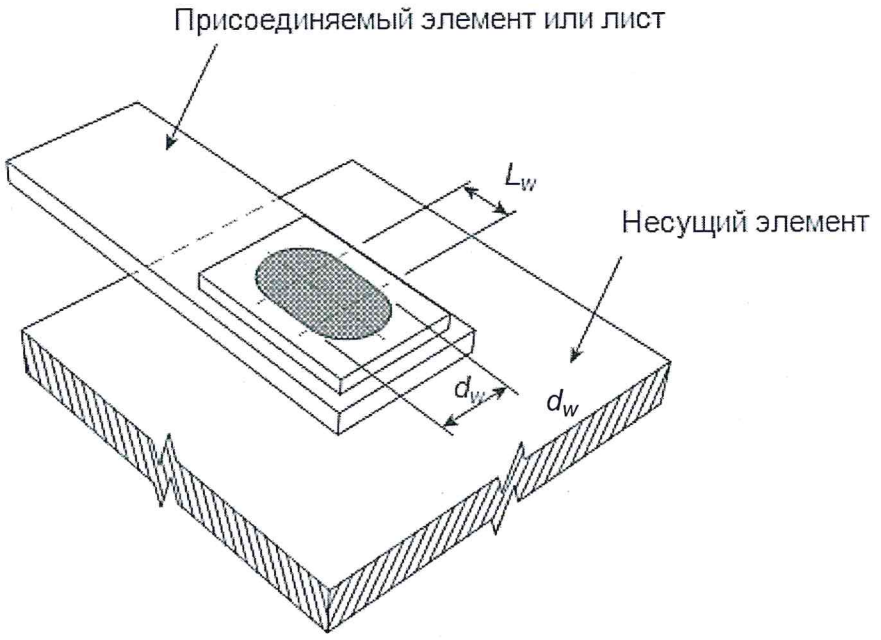


Рисунок 10.5 **– Овальная сварная точка»**

В НАБОР

12 Требования по обеспечению коррозионной стойкости

Пункт 12.11. Таблица 12.1. Изложить в новой редакции:

« Таблица 12.1 – **Минимальная толщина листов ограждающих конструкций**

В миллиметрах

Степень агрессивного воздействия среды	Минимальная толщина листов ограждающих конструкций, применяемых без защиты от коррозии лакокрасочными покрытиями, мм	
	из стального тонколистового проката с горячими цинковыми покрытиями толщиной не менее 19 мкм (или класса не менее 275 по ГОСТ 14918)	из стали марок 10ХНДП, 10ХДП
Неагрессивная	0,5	Определяется агрессивностью воздействия на наружную поверхность*
Слабоагрессивная	–	0,8
* При условии нанесения лакокрасочных покрытий на поверхность листов со стороны помещения.		

».

Пункт 12.13. Таблица 12.2. Головка. Заменить ссылку: «СП 28.13330» на «28.13330.2017».

Пункт 12.14. Заменить слова:

«с горячим цинковым покрытием 1-го класса по ГОСТ 14918 и класса 275 по ГОСТ Р 52246,» на «с горячим цинковым покрытием класса 275 по ГОСТ 14918,».

Приложение Б (обязательное) Определение эффективной ширины сжатых элементов жесткости

Изложить в новой редакции:

«Приложение Б

(обязательное)

Определение эффективной ширины сжатых элементов жесткости

Б.1 Порядок определения эффективной ширины сжатых полок с краевыми отгибами

В НАБОР

Б.1.1 Расчет одинарного краевого отгиба, укрепляющего полку профиля, следует вести поэтапно. На рисунке Б.1 представлено полное сечение брутто сжатой полки с теоретической шириной b_p и теоретической шириной одинарного краевого отгиба $b_{p,c}$.

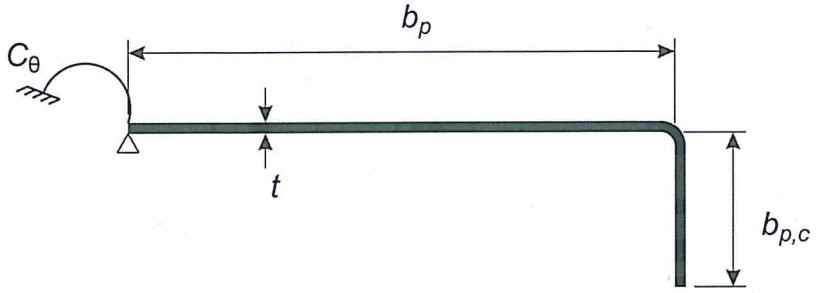


***Рисунок Б.1* – Сечение сжатой полки с краевыми условиями**

Б.1.2 Первый этап

Определяют основные параметры начального эффективного поперечного сечения полки с краевым элементом жесткости (см. рисунок Б.2).

Для сжатой полки b_p определяют устойчивые участки b_{e1} и b_{e2} в соответствии с таблицей 7.2 и 7.3.1.7 в зависимости от коэффициента ρ, определяемого по формулам (7.12), (7.13) или (7.19), как для пластины, опирающейся по двум сторонам. Предполагается при этом, что элемент жестко подкрепляет пластину ($K = \infty$), а уровень нормальных сжимающих напряжений в полке равен:

- при определении редукции основным методом (по формулам (7.12)–(7.13)) в формулах таблицы 7.2 принимают $\sigma_1 = R_y$;

- при определении редукции в сечении альтернативным методом (по формуле (7.19)) в формулах таблицы 7.2 σ_1 принимают равным максимальному напряжению сжатия в пластине, соответствующему определенной итерации.

Далее рассчитывают значение c_{ef} одинарного краевого отгиба полки по формуле (7.23).

При определении редукционного коэффициента ρ краевого отгиба полки (пластинки шириной $b_{p,c}$) по формулам (7.14), (7.15) или (7.20) значение коэффициента напряженного состояния k_σ определяют по формулам:

В НАБОР

$$k_\sigma = 0{,}5, \qquad \text{если} \quad b_{p,c}/b_p \le 0{,}35;$$

$$k_\sigma = 0{,}5 + 0{,}83 \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{b_{p,c}}{b_p} - 0{,}35\right)^2}, \qquad \text{если} \quad 0{,}35 < b_{p,c}/b_p \le 0{,}60.$$

Затем определяют площадь A_s и момент инерции I_s (относительно оси a–a) начального расчетного сечения элемента жесткости (см. рисунки 7.8 и Б.2).

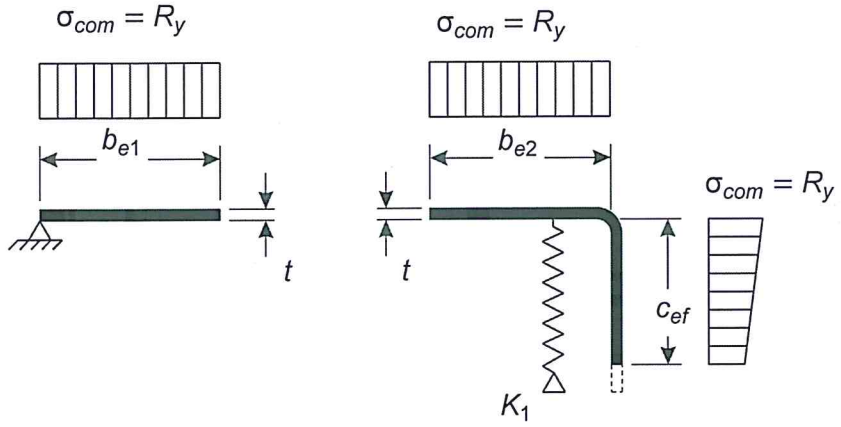


Рисунок Б.2 **– Первый этап. Начальное эффективное поперечное сечение сжатой полки с краевым элементом жесткости при $K = \infty$ и нормальных напряжениях $\sigma_{com} = R_y$**

Б.1.3 Второй этап

Определяют критическое напряжение потери устойчивости начального расчетного сечения краевого элемента жесткости, включающего участки b_{e2} и c_{ef} с полной толщиной t, в предположении, что краевой отгиб теряет общую устойчивость как центрально сжатый стержень (см. рисунок Б.3).

Критическое напряжение упругой потери устойчивости определяют по формуле (7.28):

$$\sigma_{cr,s} = \frac{2 \cdot \sqrt{K_1 E I_s}}{A_s},$$

где K_1 – жесткость упругоподатливой связи;

I_s – момент инерции начального расчетного сечения краевого элемента жесткости относительно оси a–a;

A_s – площадь начального расчетного сечения краевого элемента жесткости из первого этапа (см. рисунки 7.8 и Б.2).

В НАБОР

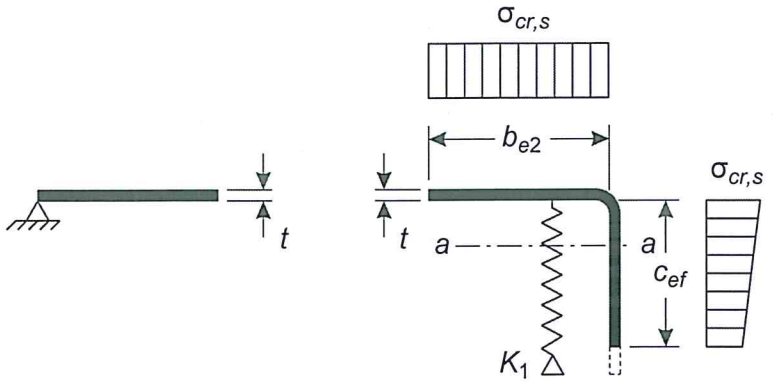


Рисунок Б.3 **– Второй этап. Критические напряжения потери устойчивости $\sigma_{cr,s}$ краевого элемента жесткости, полученного на первом этапе**

Далее определяют коэффициент χ_d снижения несущей способности (см. рисунок Б.4) вследствие потери устойчивости формы сечения (плоская форма потери устойчивости краевого элемента жесткости) с учетом условной гибкости $\bar{\lambda}_d$ по 7.3.2.9 и формулам (7.31)–(7.33).

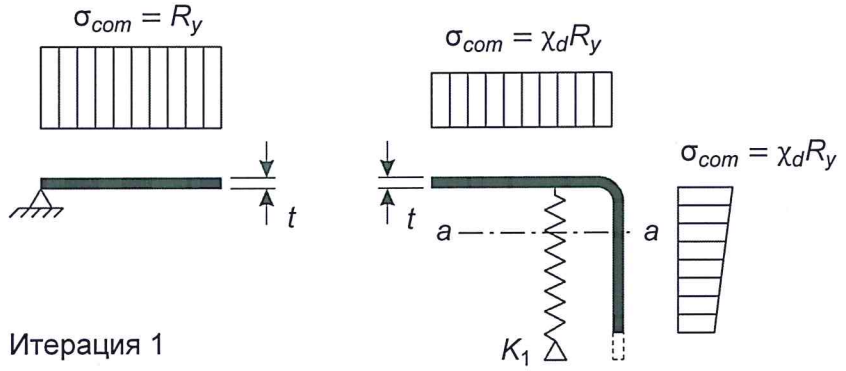


Рисунок Б.4 **– Второй этап. Сниженная прочность $\chi_d R_y$ для начального расчетного сечения элемента жесткости с площадью A_s**

Б.1.4 Третий этап

Третий этап не обязателен и предполагает итерационное уточнение значения χ_d, при котором напряжение в элементе жесткости принимают равным $\chi_d R_y$ и при измененных значениях ρ.

Итерацию начинают с модифицированных значений ρ, полученных согласно 7.3.1.7, но вместо $\bar{\lambda}_p$ принимают $\bar{\lambda}_{p,red}$, которую определяют по формуле

$$\bar{\lambda}_{p,red} = \bar{\lambda}_p \sqrt{\chi_d}\,. \qquad (Б.1)$$

В НАБОР

В формуле (Б.1) значение $\bar{\lambda}_p$ принимают из первой итерации, а значение χ_d – из предыдущей итерации. При этом размеры устойчивых участков сжатых пластин, примыкающих к элементу жесткости (b_{e2} и c_{ef}), в каждой итерации уточняют исходя из полных значений b_p и c, а толщина не меняется и принимается равной t (см. рисунок Б.5).

Итерации проводят до тех пор, пока не станут выполняться следующие условия: $\chi_{d,n} \approx \chi_{d,(n-1)}$, но $\chi_{d,n} \leq \chi_{d,(n-1)}$.

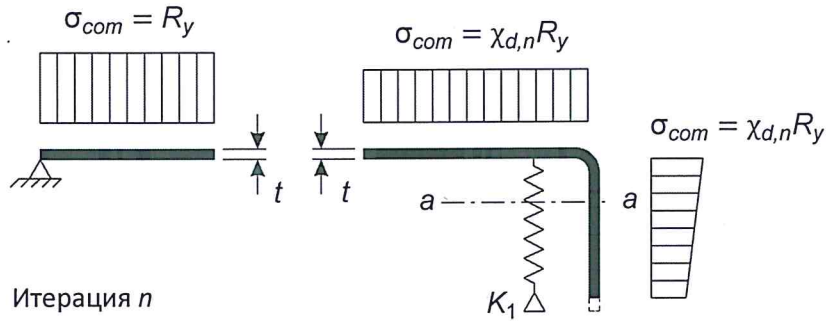


Рисунок Б.5 **– Третий этап. Сниженная прочность $\chi_{d,n}R_y$ для уточненного расчетного сечения элемента жесткости с площадью $A_{s,n}$ в итерации n**

Б.1.5 Четвертый этап

Определяют эффективную площадь элемента жесткости.

Эффективную площадь краевого элемента жесткости (см. рисунок Б.6) вычисляют по 7.3.2.10 и формуле (7.34).

При определении геометрических характеристик эффективного поперечного сечения эффективную площадь $A_{s,red}$ определяют с учетом уменьшенной толщины t_{red} для всех элементов, включенных в A_s. Значение t_{red} вычисляют по 7.3.2.11 и формулам (7.34а)–(7.34в).

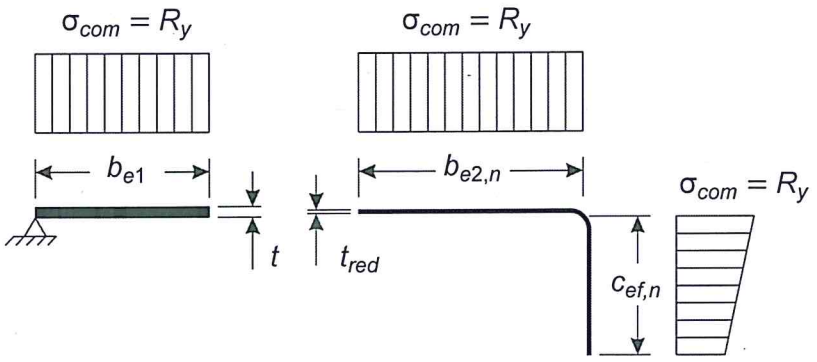


Рисунок Б.6 **– Четвертый этап. Окончательное эффективное поперечное сечение сжатой полки с краевым элементом жесткости**

В НАБОР

Б.2 Порядок определения эффективной ширины сжатых пластин с промежуточными элементами жесткости

Б.2.1 Расчет промежуточного элемента жесткости, подкрепляющего сжатую пластину, следует вести поэтапно.

Б.2.2 Первый этап

Определяют начальное эффективное поперечное сечение пластины с промежуточным элементом жесткости (см. рисунок Б.7). В соответствии с таблицей 7.2 и 7.3.1.7 определяют значения $b_{1,e1}$, $b_{1,e2}$ и $b_{2,e1}$, $b_{2,e2}$ в зависимости от коэффициента ρ, определяемого по формулам (7.12), (7.13) или (7.19). Предполагают при этом, что элемент жестко подкрепляет пластину ($K = \infty$), а уровень нормальных сжимающих напряжений в пластине равен:

- при определении редукции основным методом (по формулам (7.12), (7.13)) в формулах таблицы 7.2 принимают $\sigma_1 = R_y$;

- при определении редукции в сечении альтернативным методом (по формуле (7.19)) в формулах таблицы 7.2 σ_1 принимают равным максимальному напряжению сжатия в пластинке, соответствующему определенной итерации.

Далее определяют площадь A_s и момент инерции I_s (относительно оси $a-a$) начального расчетного сечения промежуточного элемента жесткости (см. рисунки 7.9 и Б.7).

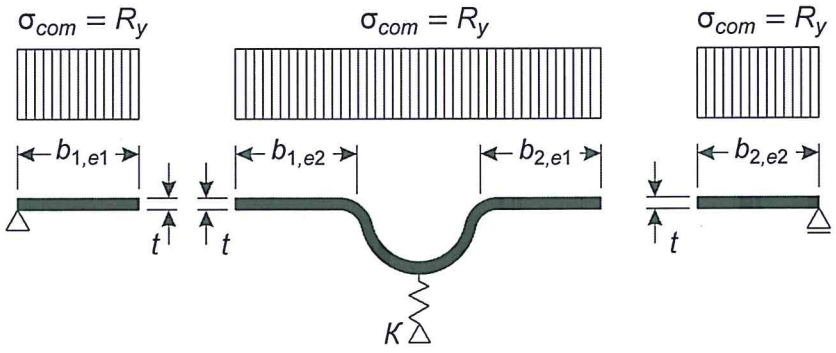


Рисунок Б.7 **– Первый этап. Начальное эффективное поперечное сечение сжатой пластины с промежуточным элементом жесткости при $K = \infty$ и нормальных напряжениях $\sigma_{com} = R_y$**

В НАБОР

Б.2.3 Второй этап

Определяют критическое напряжение потери устойчивости начального расчетного сечения промежуточного элемента жесткости, включающего участки $b_{1,e2}$, $b_{2,e1}$ и b_s с полной толщиной t (см. рисунок Б.8), в предположении, что элемент жесткости теряет общую устойчивость как центрально сжатый стержень.

Критическое напряжение упругой потери устойчивости определяют по 7.3.3.5 и формуле (7.36).

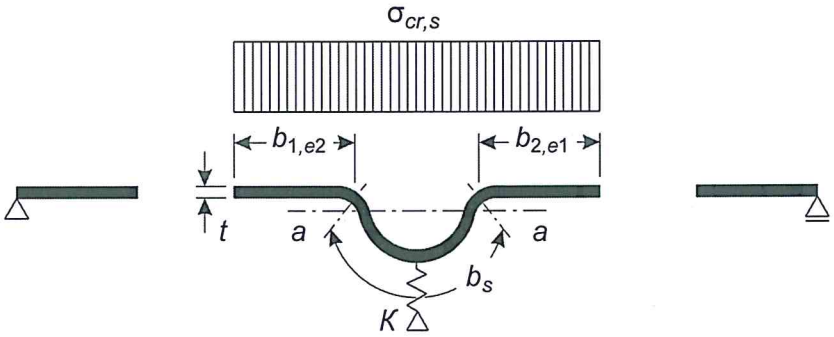


Рисунок Б.8 **– Второй этап. Критические напряжения потери устойчивости $\sigma_{cr,s}$ промежуточного элемента жесткости, полученного на первом этапе**

Далее определяют коэффициент χ_d снижения несущей способности (см. рисунок Б.9) вследствие потери устойчивости формы сечения (плоская форма потери устойчивости промежуточного элемента жесткости) с учетом условной гибкости $\bar{\lambda}_d$ по 7.3.2.9 и формулам (7.31)–(7.33).

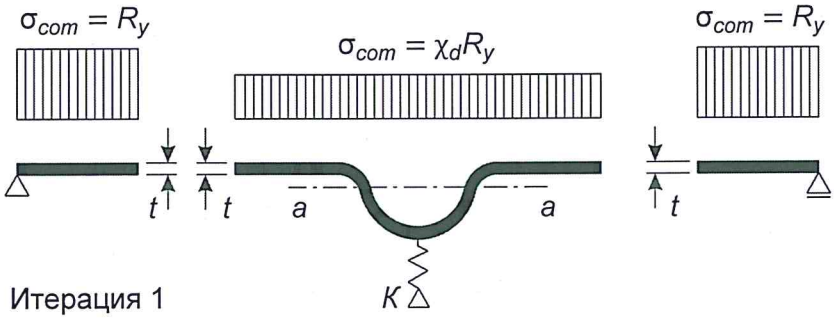


Рисунок Б.9 **– Второй этап. Сниженная прочность $\chi_d R_y$ для начального расчетного сечения элемента жесткости площадью A_s**

В НАБОР

Б.2.4 Третий этап

Третий этап не обязателен и предполагает итерационное уточнение значения χ_d, при котором напряжение в элементе жесткости принимают равным $\chi_d R_y$ и при измененных значениях ρ.

Итерацию начинают с модифицированных значений ρ, полученных согласно 7.3.1.7, но вместо $\bar{\lambda}_p$ принимают $\bar{\lambda}_{p,red}$, которую определяют по формуле (Б.1).

В формуле (Б.1) значение $\bar{\lambda}_p$ принимают из первой итерации, а значение χ_d – из предыдущей итерации. При этом размеры устойчивых участков сжатых пластин, примыкающих к элементу жесткости ($b_{1,e2}$ и $b_{2,e1}$), в каждой итерации уточняют исходя из полных значений b_{p1} и b_{p2}, а толщина не меняется и принимается равной t (см. рисунок Б.10).

Итерации проводят до тех пор, пока не станут выполняться следующие условия: $\chi_{d,n} \approx \chi_{d,(n-1)}$, но $\chi_{d,n} \leq \chi_{d,(n-1)}$.

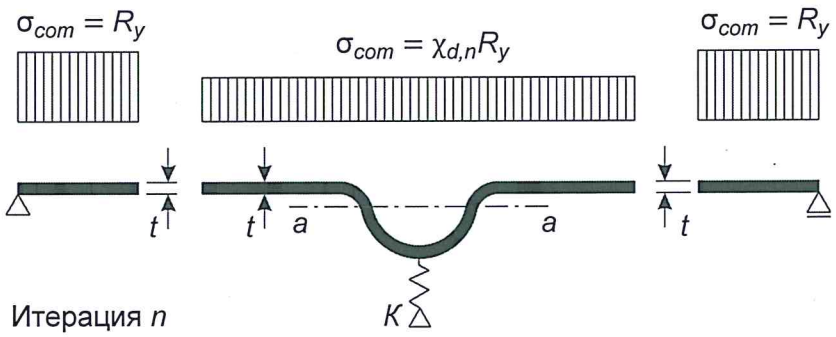


Рисунок Б.10 **– Третий этап. Сниженная прочность $\chi_{d,n}R_y$ для уточненного расчетного сечения элемента жесткости с площадью $A_{s,n}$ в итерации *n***

Б.2.5 Четвертый этап

Определяют эффективную площадь элемента жесткости.

Эффективную площадь промежуточного элемента жесткости (см. рисунок Б.11) вычисляют по 7.3.2.10 и формуле (7.34).

При определении геометрических характеристик эффективного поперечного сечения эффективную площадь $A_{s,red}$ определяют с учетом

В НАБОР

уменьшенной толщины t_{red} для всех элементов, включенных в A_s. Значение t_{red} вычисляют по 7.3.2.11 и формулам (7.34а)–(7.34в).

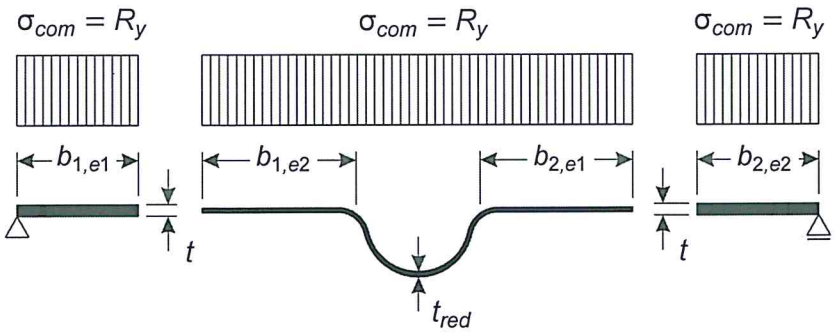


Рисунок Б.11 **– Четвертый этап. Окончательное эффективное поперечное сечение сжатой пластины с промежуточным элементом жесткости**

».

Приложение В (справочное) Коэффициенты взаимодействия k_{ij} в формулах взаимодействия для сечений, подверженных деформациям кручения

Изложить в новой редакции:

«Приложение В

(справочное)

Коэффициенты взаимодействия k_{ij}, учитывающие совместное действие усилий

В.1 Метод 1

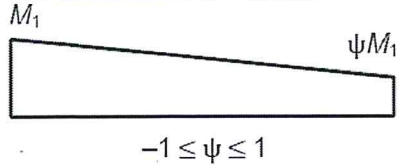
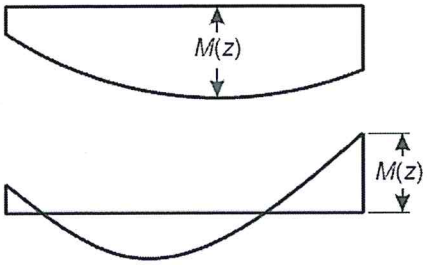
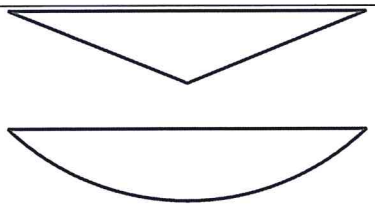
В НАБОР

Таблица В.1 – **Коэффициенты взаимодействия k_{ij}**

<table>
<tr><th>Коэффициенты взаимодействия</th><th>Упругие свойства поперечного сечения, класс 4</th><th>Вспомогательные обозначения:</th></tr>
<tr><td>k_{xx}</td><td>$C_{m,x}C_{m,LT}\cdot\dfrac{\mu_x}{1-\dfrac{N}{N_{cr,x}}}$</td><td rowspan="4">$$\mu_x=\frac{1-\frac{N}{N_{cr,x}}}{1-\varphi_x\frac{N}{N_{cr,x}}}$$
$$\mu_y=\frac{1-\frac{N}{N_{cr,y}}}{1-\varphi_y\frac{N}{N_{cr,y}}}$$
$$a_{LT}=1-\frac{I_t}{I_{g,x}}$$
$$C_{m,x}=C_{m,x,0}+(1-C_{m,x,0})\cdot\frac{\sqrt{\varepsilon_x}a_{LT}}{1+\sqrt{\varepsilon_x}a_{LT}}$$
$$C_{m,y}=C_{m,y,0}$$
$$C_{m,LT}=C_{m,x}^2\cdot\frac{a_{LT}}{\sqrt{\left(1-\frac{N}{N_{cr,y}}\right)\cdot\left(1-\frac{N}{N_{cr,T}}\right)}}\geq 1$$
$$\varepsilon_x=\frac{M_x}{N}\cdot\frac{A_{ef}}{W_{ef,x}}$$
где $N_{cr,x}$ – критическая сила плоской формы потери устойчивости по Эйлеру относительно оси $x-x$ в упругой стадии для полного сечения;
$N_{cr,y}$ – критическая сила плоской формы потери устойчивости по Эйлеру относительно оси $y-y$ в упругой стадии для полного сечения;
$N_{cr,T}$ – критическая сила для крутильной формы потери устойчивости в упругой стадии;
I_t – момент инерции полного поперечного сечения при свободном кручении;
$I_{g,x}$ – момент инерции относительно оси $x-x$</td></tr>
<tr><td>k_{xy}</td><td>$C_{m,y}\cdot\dfrac{\mu_x}{1-\dfrac{N}{N_{cr,y}}}$</td></tr>
<tr><td>k_{yx}</td><td>$C_{m,x}C_{m,LT}\cdot\dfrac{\mu_y}{1-\dfrac{N}{N_{cr,x}}}$</td></tr>
<tr><td>k_{yy}</td><td>$C_{m,y}\cdot\dfrac{\mu_y}{1-\dfrac{N}{N_{cr,y}}}$</td></tr>
</table>

В НАБОР

Таблица В.2 – **Коэффициент $C_{m,i,0}$ перехода к эквивалентной прямоугольной эпюре моментов в таблице В.1**

Эпюра моментов	$C_{m,i,0}$
	$C_{m,i,0} = 0{,}79 + 0{,}21\psi_i + 0{,}36(\psi_i - 0{,}33)\frac{N}{N_{cr,i}}$
	$C_{m,i,0} = 1 + \left(\frac{\pi^2 EI_i\lvert f_z\rvert}{l^2\lvert M_i(z)\rvert} - 1\right)\frac{N}{N_{cr,i}}$ где $M_i(z)$ – максимальный момент M_x или M_y; $\lvert f_z\rvert$ – максимальный прогиб элемента по его длине
	$C_{m,i,0} = 1 - 0{,}18 \cdot \frac{N}{N_{cr,i}}$ $C_{m,i,0} = 1 - 0{,}03 \cdot \frac{N}{N_{cr,i}}$

В.2 Метод 2

Таблица В.3 – **Коэффициенты взаимодействия k_{ij} для сечений, не чувствительных к деформациям кручения**

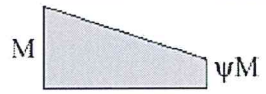
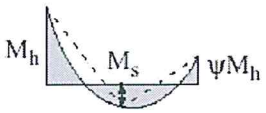
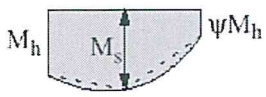
Коэффициенты взаимодействия	Тип сечения	Упругие свойства поперечного сечения, классы 3 и 4
k_{xx}	Двутавры прямоугольные замкнутые	$C_{m,x} \cdot \left(1 + 0{,}6\bar{\lambda}_x \cdot \frac{N}{\varphi_x A_{ef} R_y}\right) \le$ $\le C_{m,x} \cdot \left(1 + 0{,}6 \cdot \frac{N}{\varphi_x A_{ef} R_y}\right)$
k_{xy}		k_{xx}
k_{yx}		$0{,}8k_{xx}$
k_{yy}		$C_{m,y} \cdot \left(1 + 0{,}6\bar{\lambda}_y \cdot \frac{N}{\varphi_y A_{ef} R_y}\right) \le$ $\le C_{m,y} \cdot \left(1 + 0{,}6 \cdot \frac{N}{\varphi_y A_{ef} R_y}\right)$

В НАБОР

Таблица В.4 – **Коэффициенты взаимодействия k_{ij} для сечений, чувствительных к деформациям кручения**

Коэффициенты взаимодействия	Упругие свойства поперечного сечения, классы 3 и 4
k_{xx}	k_{xx} из таблицы В.3
k_{xy}	k_{xy} из таблицы В.3
k_{yx}	$\left[1-\frac{0{,}05\bar{\lambda}_y}{(C_{m,LT}-0{,}25)}\cdot\frac{N}{\varphi_y A_{ef} R_y}\right] \geq \geq \left[1-\frac{0{,}05}{(C_{m,LT}-0{,}25)}\cdot\frac{N}{\varphi_y A_{ef} R_y}\right]$
k_{yy}	k_{yy} из таблицы В.3

Таблица В.5 – **Коэффициенты C_m перехода к эквивалентной прямоугольной эпюре моментов в таблицах В.3 и В.4**

Эпюра моментов	Границы		$C_{m,x}$, $C_{m,y}$ и $C_{m,LT}$	
			Распределенная нагрузка	Сосредоточенная нагрузка
	$-1 \le \psi \le 1$		$0{,}6 + 0{,}4\psi \ge 0{,}4$	
 $\alpha_s = M_s/M_h$	$0 \le \alpha_s \le 1$	$-1 \le \psi \le 1$	$0{,}2 + 0{,}8\,\alpha_s \ge 0{,}4$	$0{,}2 + 0{,}8\,\alpha_s \ge 0{,}4$
	$-1 \le \alpha_s < 0$	$0 \le \psi \le 1$	$0{,}1 - 0{,}8\,\alpha_s \ge 0{,}4$	$-0{,}8\,\alpha_s \ge 0{,}4$
		$-1 \le \psi < 0$	$0{,}1 \cdot (1 - \alpha_s) - 0{,}8\,\alpha_s \ge 0{,}4$	$0{,}2(-\alpha_s) - 0{,}8\,\alpha_s \ge 0{,}4$
 $\alpha_h = M_h/M_s$	$0 \le \alpha_h \le 1$	$-1 \le \psi \le 1$	$0{,}95 + 0{,}05\,\alpha_h$	$0{,}90 + 0{,}10\,\alpha_h$
	$-1 \le \alpha_h < 0$	$0 \le \psi \le 1$	$0{,}95 + 0{,}05\,\alpha_h$	$0{,}90 + 0{,}10\,\alpha_h$
		$-1 \le \psi < 0$	$0{,}95 + 0{,}05\,\alpha_h \cdot (1 + 2\psi)$	$0{,}90 - 0{,}10\,\alpha_h \cdot (1 + 2\psi)$

Примечания

1 Для элементов, подверженных потере устойчивости, коэффициенты C_m следует принимать соответственно $C_{m,x} = 0{,}9$ или $C_{m,y} = 0{,}9$.

2 $C_{m,x}$, $C_{m,y}$ и $C_{m,LT}$ следует определять в соответствии с эпюрой изгибающего момента между соответствующими точками раскрепления следующим образом:

коэффициент C_m	изгиб относительно оси	направление раскрепления
$C_{m,x}$	x–x	y–y
$C_{m,y}$	y–y	x–x
$C_{m,LT}$	x–x	x–x.

В НАБОР

Таблица В.6 – **Максимальные значения коэффициентов взаимодействия**

Коэффициент взаимодействия	Класс сечения 4
k_{xx}	$1{,}6C_{mx}$
k_{xy}	$1{,}6C_{my}$
k_{yx}	1,0
k_{yy}	$1{,}6C_{my}$

».

Приложение Г (справочное)

Определение критического момента потери устойчивости плоской формы изгиба в упругой стадии

Первый абзац, формула (Г.1) и экспликация к ней. Изложить в новой редакции:

«Для сечений, у которых плоскость действия момента совпадает с плоскостью симметрии, критический момент потери устойчивости плоской формы изгиба в упругой стадии, в зависимости от расчетной схемы и схемы действия нагрузок, в общем виде вычисляют по формуле

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 E I_{g,y}}{(k_y L)^2} \left\{ \left[\left(\frac{k_y}{k_w} \right)^2 \frac{I_\omega}{I_{g,y}} + \frac{(k_y L)^2 G I_t}{\pi^2 E I_{g,y}} + (C_2 y_g - C_3 y_j)^2 \right]^{0,5} - (C_2 y_g - C_3 y_j) \right\}, \quad (Г.1)$$

где I_t – момент инерции при свободном кручении полного сечения;

I_ω – секториальный момент инерции полного сечения;

$I_{g,y}$ – момент инерции полного сечения из плоскости действия изгибающего момента;

L – нераскрепленная длина балки;

C_1, C_2, C_3 – коэффициенты, зависящие от формы приложения нагрузки и условий закреплений балок на шарнирных опорах, представленные в таблицах Г.1 и Г.2, другие варианты закреплений могут быть представлены с помощью коэффициентов k_y и k_w;

k_y, k_w – коэффициенты расчетной длины, зависящие от условий закрепления торцевых сечений; k_y зависит от поворота

В НАБОР

торцевых сечений относительно более слабой оси y–y, а коэффициент k_w характеризует ограничение депланаций сечения. Коэффициенты устанавливают в пределах от 0,5 при ограниченных деформациях до 1,0 при свободных деформациях. В случае свободных деформаций на одном конце балки и ограниченных на другом значение коэффициентов принимают равным 0,7. Допускается принимать значения $k_y = k_w = 1{,}0$;

$y_g = (y_a - y_s) - y_a$ и y_s являются y координатами точки приложения нагрузки и центра кручения. Координаты положительны, если находятся в сжатой части сечения, и отрицательны в растянутой;

y_j – параметр, отражающий степень асимметрии поперечного сечения относительно оси x–x, равный нулю для сечений балок, симметричных относительно обеих осей. Параметр положителен, если при изгибе напряжения в поясе с наибольшим моментом инерции относительно оси y–y являются сжимающими:

$$y_j = 0{,}8\psi_f \frac{h_c}{2}, \quad \text{если} \quad \psi_f \geq 0; \tag{Г.2}$$

$$y_j = \psi_f \frac{h_c}{2}, \quad \text{если} \quad \psi_f < 0, \tag{Г.3}$$

где $$\psi_f = \frac{I_{fc} - I_{ft}}{I_{fc} + I_{ft}}, \tag{Г.4}$$

здесь I_{fc} – момент инерции относительно оси $y-y$ сжатого пояса условного эквивалентного двутавра при изгибе относительно оси x–x (см. рисунок Г.1);

I_{ft} – момент инерции относительно оси $y-y$ растянутого пояса условного эквивалентного двутавра при изгибе относительно оси x–x (см. рисунок Г.1);

В НАБОР

h_c – расстояние между центрами тяжести поясов условного эквивалентного двутавра (см. рисунок Г.1);

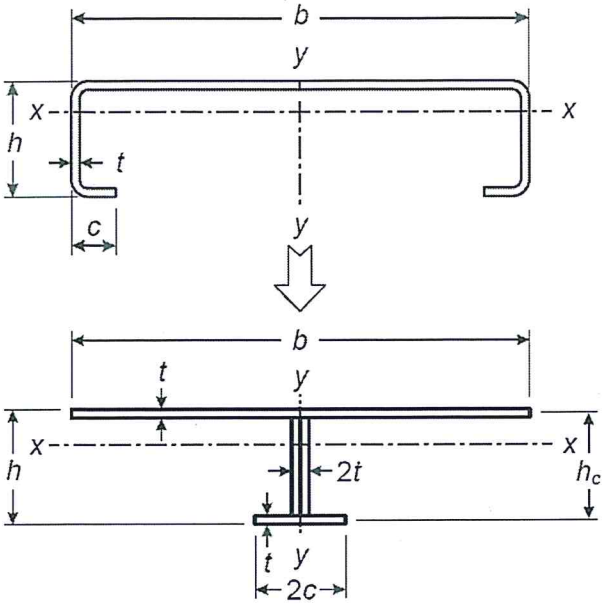


***Рисунок Г.1* — Условное представление сечения с одной осью симметрии в виде двутавра для определения параметра y_j**

».

Таблица Г.1. Примечание. Заменить равенство: «$C_2x_g = 0$» на «$C_2y_g = 0$».

В НАБОР

УДК 69:624.014.2.04(083.74) ОКС 77.140.70
91.080.10

Ключевые слова: стальные тонкостенные конструкции из холодногнутых оцинкованных профилей и гофрированных листов; требования по обеспечению надежности, механической безопасности, долговечности, коррозионной стойкости, пожарной безопасности и огнестойкости; расчет конструкций по предельным состояниям; материалы для конструкций и соединений; расчет конструктивных систем зданий и сооружений на прочность и устойчивость

Организация – разработчик
ЗАО «ЦНИИПСК им. Мельникова»
Исполнительный директор Н.Г. Силина

Руководитель разработки В.Ф. Беляев, к.т.н.

Исполнители:

Начальник отдела Д.Е. Голубев

Начальник отдела С.И. Бочкова

Ведущий инженер В.В. Косенков

Ведущий инженер А.В. Шуринов

Соисполнитель
Ассоциация «Объединение участников бизнеса по развитию стального строительства»

Генеральный директор А.Н. Данилов

Руководитель проекта
Инженерного центра
АРСС по ЛСТК Т.В. Назмеева, к.т.н.

В НАБОР