

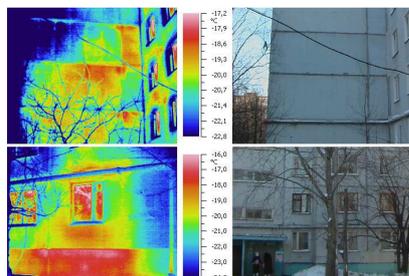
**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**Д.М. Хусаинов, С.А. Пеньковцев, О.И. Ефимов,
Р.Р. Вахтель, А.Э. Фахрутдинов**

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

к практическим занятиям по курсу
«Обследование зданий и сооружений»
для студентов направления подготовки 08.03.01 «Строительство»



Казань 2017

УДК 69.059.14
ББК 38.7
О-25

**Хусаинов Д.М., Пеньковцев С.А.,
Ефимов О.И., Вахтель Р.Р., Фахрутдинов А.Э.**

О-25 Учебно-методическое пособие к практическим занятиям по курсу «Обследование зданий и сооружений» для студентов направления подготовки 08.03.01 «Строительство» / Д.М. Хусаинов, С.А. Пеньковцев, О.И. Ефимов, Р.Р. Вахтель, А.Э. Фахрутдинов. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архитект.-строит. ун-та, 2017. – 44 с.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Казанского государственного архитектурно-строительного университета

Учебно-методическое пособие предназначено студентам направления подготовки «Строительство» профиля «Промышленное и гражданское строительство» для практических занятий по курсу «Обследование зданий и сооружений». В пособии даны необходимые пояснения и расчеты.

Рецензент

Доктор физико-математических наук, профессор кафедры механики
Р.А. Каюмов

УДК 69.059.14
ББК 38.7

© Казанский государственный
архитектурно-строительный
университет, 2017

© Хусаинов Д.М., Пеньковцев С.А.,
Ефимов О.И., Вахтель Р.Р.,
Фахрутдинов А.Э., 2017

Оглавление

Практическое занятие № 1	4
Тема «Конструирование и расчет усиления элементов при центральном растяжении».....	4
Практическое занятие № 2	9
Тема «Расчет усиления центрально-сжатых элементов металлических конструкций».....	9
Практическое занятие № 3	14
Тема «Конструирование и расчет элементов усиления (швеллером) от действия изгибных усилий»	14
Практическое занятие № 4	16
Тема «Конструирование и расчет элементов усиления (уголком) от действия изгибных усилий»	16
Практическое занятие № 5	19
Тема «Конструирование и расчет усиления каменной кладки стальной обоймой при центральном и внецентренном сжатии».	19
Практическое занятие № 6	24
Тема «Расчет усиления центрально-растянутых ослабленных элементов деревянных конструкций».....	24
Практическое занятие № 7	28
Тема «Расчет центрально-сжатых ослабленных элементов деревянных конструкций».....	28
Практическое занятие № 8	32
Тема «Оценка состояния и определение несущей способности болтовых соединений металлических конструкций».	32
Практическое занятие № 9	38
Тема «Оценка состояния и определение несущей способности сварных соединений».....	38
Список литературы	44

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1

Тема «КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ УСИЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ЦЕНТРАЛЬНОМ РАСТЯЖЕНИИ»

Общие теоретические сведения

Расчет элементов стальных конструкций при центральном растяжении

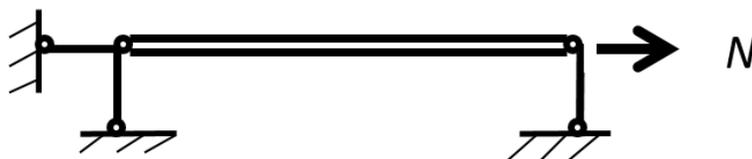


Рис. 1.1

Расчет на прочность элементов из стали с нормативным сопротивлением $R_{yn} \leq 440 \text{ Н/мм}^2$ при центральном растяжении силой N (рис.1) следует выполнять в соответствии с гл.7 [1] по формуле:

$$\frac{N}{A_n R_y \gamma_c} \leq 1. \quad (1.1)$$

где N – растягивающее усилие, A_n – площадь сечения растянутого элемента нетто, R_y – расчетное сопротивление стали, γ_c – коэффициент условий работы по т.1 СП 16.13330-2012. Проверка прочности элементов, ослабленных коррозией, выполняется по действующим нормам с учетом изменившихся характеристик сечения. Учет влияния коррозионных повреждений производится уменьшением расчетной площади поперечного сечения. При этом в соответствии с [7], для элементов, имеющих коррозионный износ с потерей более 25% площади поперечного сечения или остаточную после коррозии толщину 5 мм и менее, расчетные сопротивления снижаются путем умножения на коэффициент γ_d , принимаемый по табл. 1.1.

Таблица 1.1

Степень агрессивности среды по СНиП 2.03.11–85*	Коэффициент γ_d
Слабоагрессивная	0,95
Среднеагрессивная	0,90
Сильноагрессивная	0,85

Задача 1 для самостоятельного решения

Произвести поверочный расчет центрально-растянутого элемента, составленного из 2 спаренных уголков (рис.1.2), при значениях растягивающих усилий N_0 (начальная нагрузка), подобрать и рассчитать сечение стальной полосы для усиления при увеличенной нагрузке N_y (расчетная нагрузка после усиления).

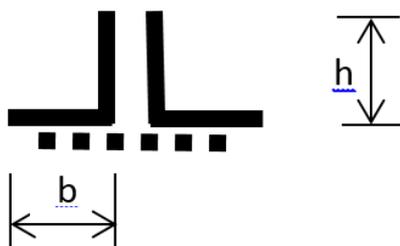


Рис. 1.2. Схема усиления

Таблица 1.1

Исходные данные для самостоятельного решения
к практическому занятию 1

№ варианта	Размеры уголка, b/h	Материал уголков	Толщина полки уголка, мм	Начальная нагрузка/нагрузка после усиления N_0/N_y , т
1	56/36	C235	4	16/30
2	56/36	C245	5	20/32
3	63/40	C235	4	18/35
4	63/40	C245	5	24/38
5	63/40	C235	6	27/42
6	63/40	C245	8	36/48
7	65/50	C235	5	26/35
8	65/50	C245	6	31/44
9	65/50	C235	7	35/48
10	65/50	C245	8	42/52
11	70/45	C235	5	26/36
12	75/50	C245	5	29/40

13	75/50	C235	6	37/48
14	75/50	C245	7	41/54
15	75/50	C235	8	44/56
16	80/50	C245	5	31/40
17	80/50	C235	6	35/36
18	80/60	C245	6	39/48
19	80/60	C235	7	44/56
20	80/60	C245	8	52/64
21	90/56	C235	5,5	36/48
22	90/56	C245	6,0	41/54
23	90/56	C235	8,0	52/66
24	100/63	C245	6,0	46/60
25	100/63	C235	7,0	52/63
26	100/63	C245	8,0	61/78
27	100/63	C235	10,0	75/90
28	100/65	C245	7,0	55/68
29	100/65	C235	8,0	58/75
30	100/65	C245	10,0	76/92

*Для обеспечения лучшей свариваемости усиливающей накладке с усиливаемым профилем толщина накладки должна быть сопоставима с толщиной усиливаемого элемента, а марка стали – аналогична марке стали усиливаемого элемента.

Рекомендуемая последовательность выполнения задачи 1

1. Определяем растягивающие напряжения в элементе σ при начальной нагрузке:

$\sigma_{нач} = N_0 / (2 \cdot A_n \cdot \gamma_c)$ (A_n принимаем по сортаменту для нашего сечения одного уголка).

2. Проверяем условие: $\sigma_{нач} \leq R_y \cdot \gamma_c$ (R_y принимаем для своей марки стали, $\gamma_c = 1$ – коэффициент условий работы по т.1 СП 16.13330-2012). Делаем вывод о несущей способности элемента.

3. Назначаем примерное сечение усиливающей полосы с площадью поперечного сечения A_y с учетом увеличения нагрузки, исходя из соотношения:

$$\sigma = N_y / ((2 \cdot A_n + A_y) \cdot \gamma_c) \leq R_y \cdot \gamma_c .$$

4. Проверяем соотношение: $\sigma \leq R_y \cdot \gamma_c$.

5. Если условие опять не выполняется, выбираем большую ширину и/или толщину усиливающей пластины и выполняем п.п.3,4 до тех пор, пока не выполнится условие п.4 (оптимальное превышение несущей способности должно быть в пределах 5%).

6. Изображаем окончательную схему усиления и тип усиливающего профиля (полосы) в виде эскиза.

Задача 2 для самостоятельного решения

Определить долговечность раскоса конструкции (рис. 1.3) в целых годах, эксплуатирующейся в агрессивной среде, если скорость коррозии $V_{cp} = 1$ мм/год, нагрузка P (т), материал стали раскоса C , угол наклона раскоса α .

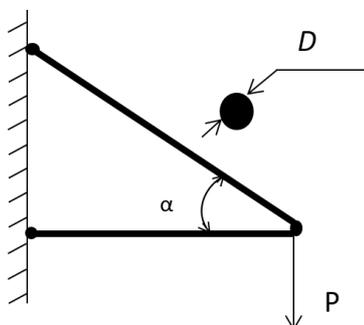


Рис. 1.3. Общая схема действия нагрузки на раскос

Таблица 1.2

№ варианта	Диаметр сечения раскоса, D (мм)	Материал стали раскоса, C	Нагрузка, P	Степень агрессивности среды	Угол α
1	10	C235	0,6	Слабоагрессивная	30
2	12	C245	0,8	Среднеагрессивная	35
3	14	C275	1,0	Сильноагрессивная	40

4	16	C235	1,2	Слабоагрессивная	45
5	18	C245	1,4	Среднеагрессивная	50
6	20	C275	1,6	Сильноагрессивная	55
7	22	C235	1,8	Слабоагрессивная	60
8	24	C245	2,0	Среднеагрессивная	30
9	26	C275	2,2	Сильноагрессивная	35
10	28	C245	2,4	Слабоагрессивная	40
11	10	C235	1,4	Среднеагрессивная	45
12	12	C245	1,6	Сильноагрессивная	50
13	14	C275	1,8	Слабоагрессивная	55
14	16	C235	2,0	Среднеагрессивная	60
15	18	C245	2,2	Сильноагрессивная	30
16	20	C275	2,4	Слабоагрессивная	35
17	22	C235	0,6	Среднеагрессивная	40
18	16	C245	0,8	Сильноагрессивная	45
19	18	C275	1,0	Слабоагрессивная	50
20	20	C245	1,2	Среднеагрессивная	55
21	22	C275	1,4	Сильноагрессивная	60
22	24	C235	1,6	Слабоагрессивная	45
23	26	C245	1,8	Среднеагрессивная	50
24	28	C275	1,4	Сильноагрессивная	55
25	10	C235	1,6	Слабоагрессивная	60

Рекомендуемая последовательность выполнения задачи 2

1. Определяем начальные растягивающие напряжения (без учета коррозии) в раскосе σ при нагрузке P : $\sigma = N_p / (A_n \cdot \gamma_c)$. A_n принимаем для нашего сечения без учета коррозии.
2. Проверяем условие: $\sigma_{нач} \leq R_y \cdot \gamma_c$. R_y , принимаем для своей марки стали $\gamma_c = 1$ – коэффициент условий работы по т.1 СП 16.13330-2012.

3. Определяем последовательно растягивающие напряжения в раскосе σ при нагрузке P , с учетом уменьшения площади поперечного сечения в результате коррозии, с интервалом в 1 год, с проверкой условия п.2, с учетом коэффициента агрессивности среды γ_d (т.1.2) до тех пор, пока условие п. 2 перестанет выполняться.

4. Когда при очередном расчете условие не выполняется, долговечностью конструкции (ресурсом) назначается продолжительность эксплуатации в годах, принимаемая в предыдущем расчете.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2

Тема «РАСЧЕТ УСИЛЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНО-СЖАТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ»

Общие теоретические сведения

Довольно часто применяются усиленные стойки в виде составного сечения из спаренных швеллеров, соединенных полками (рис. 2.1).

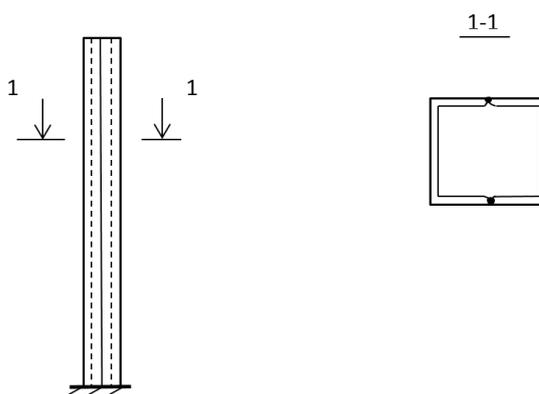


Рис. 2.1. Стойка

Расчет на прочность элементов из стали с нормативным сопротивлением $R_y \leq 440 \text{ Н/мм}^2$ при центральном растяжении или сжатии силой N следует выполнять согласно [1] п. 7.1.1 по формуле:

$$\frac{N}{A_n R_y \gamma_c} \leq 1. \quad (2.1)$$

Расчет на устойчивость элементов сплошного сечения при центральном сжатии силой N следует выполнять согласно [1], п.7.1.3 по формуле:

$$\frac{N}{\varphi A R_y \gamma_c} \leq 1, \quad (2.2)$$

где φ – коэффициент устойчивости при центральном сжатии, значение которого при $\bar{\lambda} \geq 0,4$ следует определять по формуле:

$$\varphi = 0,5 (\delta - \sqrt{\delta^2 - 39,48\bar{\lambda}^2}) / \bar{\lambda}^2. \quad (2.3)$$

Значение коэффициента δ в формуле (2.3) следует вычислять по формуле:

$$\delta = 9,87(1 - \alpha + \beta \bar{\lambda}) + \bar{\lambda}^2, \quad (2.4)$$

где $\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{R_y / E}$ – условная гибкость стержня; E – модуль упругости $2,1 \cdot 10^6$ (кг/см²).

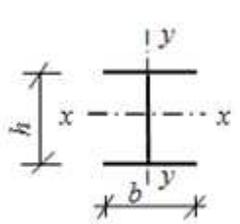
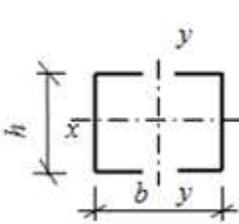
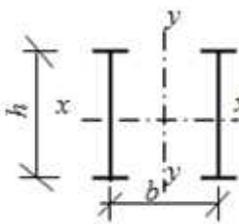
Гибкость стойки определяется по формуле $\lambda = l_0 / i_{min}$ и не должна превышать предельно допустимого по СП [1] значения $[\lambda]=120$, где l_0 – расчетная длина элемента, равная: $l_0 = l \cdot \mu$ (при шарнирном закреплении, $\mu=1$), i_{min} – минимальный радиус инерции сечения элемента.

Радиус инерции – это геометрическая характеристика сечения, равная: $r = \sqrt{J/F}$.

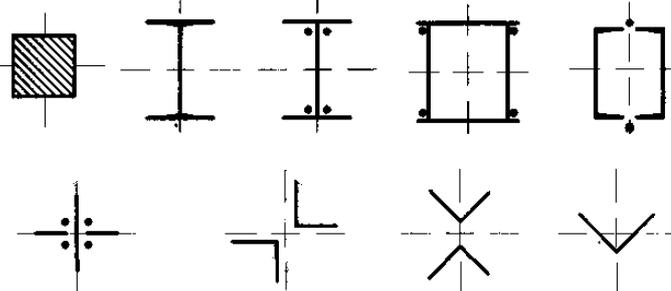
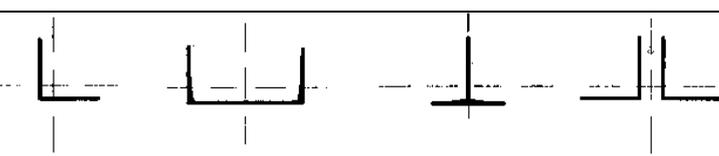
Для составного типа сечения определяем приближенные значения i_x и i_y , воспользовавшись зависимостями радиуса инерции от типа сечения и его габаритов (высоты h и ширины b) из табл. 2.1.

Таблица 2.1

Приближенные значения радиусов инерции i_x и i_y сечений

Сечение			
$i_x = k_1 h$	0,43h	0,38h	0,39h
$i_y = k_2 b$	0,24b	0,44b	0,52b

α и β – коэффициенты, определяемые по [1] (т.2.2 МУ) в зависимости от типов сечений.

Тип сечения		Значения коэффициентов	
Обозначение	Форма	α	β
a		0,03	0,06
b		0,04	0,09
c		0,04	0,14
<p>Примечание. Для прокатных двутавров высотой свыше 500 мм при расчете на устойчивость в плоскости стенки следует принимать тип сечения <i>a</i>.</p>			

Значения коэффициента φ , вычисленные по формуле (2.3), следует принимать не более $7,6/\bar{\lambda}^2$ при значениях условной гибкости свыше 3,8; 4,4 и 5,8 для типов сечений соответственно а, б и с.

При значениях $\bar{\lambda} < 0,4$ для всех типов сечений допускается принимать $\varphi = 1$.

Задача 1 для самостоятельного решения

Требуется подобрать сечение стойки высотой l из одиночного швеллера и усиленное составное сечение из 2 швеллеров из стали класса С, соединенных полками для восприятия сжимающей нагрузки N .

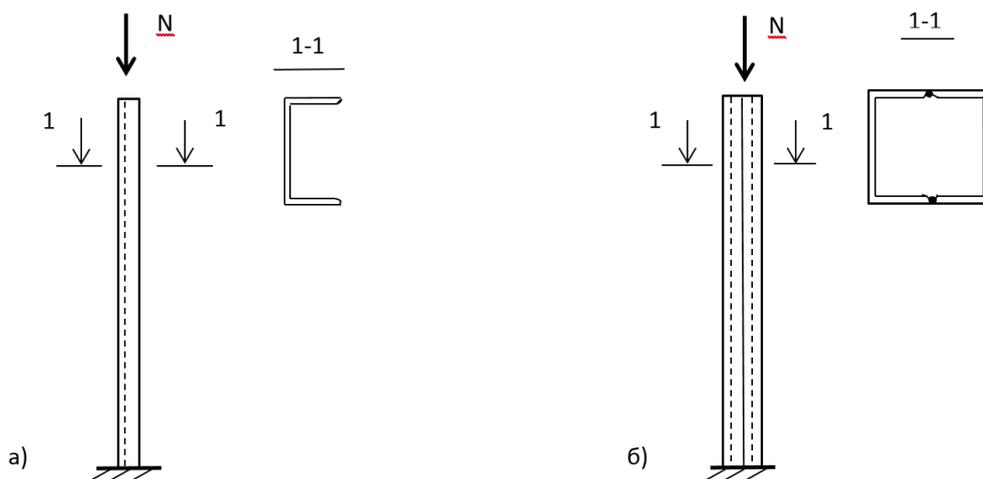


Рис. 2.2. Вид стойки: а) одиночный швеллер; б) составное сечение

Исходные данные для самостоятельного решения к практическому занятию 2

Таблица 2.2

№ варианта	Сжимающая сила N , т	Высота стойки	Класс стали
		l , м	
1	15,0	2,0	235
2	20,0	2,1	245
3	25,0	2,2	275
4	30,0	2,3	235
5	35,0	2,4	245
6	40,0	2,5	275
7	45,0	2,6	235
8	50,0	2,7	245
9	55,0	2,8	275
10	60,0	2,9	235
11	65,0	3,0	245
12	70,0	3,1	275
13	75,0	3,2	235
14	80,0	3,3	245
15	85,0	3,4	275
16	90,0	3,5	235
17	95,0	3,6	245
18	100,0	3,7	275
19	110,0	3,8	235
20	115,0	3,9	245
21	120,0	4,0	275
22	125,0	4,1	235
23	130,0	4,2	245

24	135,0	4,3	275
25	140,0	4,4	235
26	145,0	4,5	245
27	150,0	4,6	275
28	155,0	4,7	235
29	160,0	4,8	245
30	165,0	4,9	275

Рекомендуемая последовательность выполнения задачи 1

А. Расчет стойки из одиночного швеллера

1. Определим в первом приближении требуемую площадь F сечения стойки из одиночного швеллера, исходя из условия прочности (формула 2.1).
2. По ГОСТ 8240-89 принимаем швеллер с соответствующей площадью.
3. Проверяем гибкость швеллера: $\lambda = \mu \cdot l / i_{min} \leq 120$, если $\lambda > 120$, выбираем более развитое сечение и проверяем λ , повторяем операцию, пока не выполнится условие $\lambda \leq 120$.
4. Определяем и проверяем несущую способность стойки из одиночного швеллера из условий прочности и устойчивости, используя формулы 2.1÷2.4 и т.2.2 (оптимальное превышение несущей способности должно быть в пределах 5%).

Б. Расчет усиленной стойки составного сечения из спаренных швеллеров, соединенных полками

1. Определим в первом приближении требуемую общую площадь F сечения усиленной стойки из двух швеллеров, исходя из условия прочности (формула 2.1).
2. По ГОСТ 8240-89 принимаем швеллеры с соответствующей общей площадью.
3. Проверяем гибкость составного сечения: $\lambda = \mu \cdot l / i_{min} \leq 120$.
4. Определяем и проверяем несущую способность стойки из спаренных швеллеров из условий прочности и устойчивости, используя формулы 2.1÷2.4 и т.2.1 и т.2.2 (оптимальное превышение несущей способности должно быть в пределах 5%).
5. Изображаем расчетные схемы и эскизы выбранных сечений по расчетам «А» и «Б».

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3

Тема «КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ УСИЛЕНИЯ (ШВЕЛЛЕРОМ) ОТ ДЕЙСТВИЯ ИЗГИБНЫХ УСИЛИЙ»

Общие теоретические сведения

Расчет на прочность балок 1-го класса следует выполнять по формулам: при действии момента в одной из главных плоскостей

$$\frac{M}{W_{n,min} R_y \gamma_c} \leq 1; \quad (3.1)$$

где M – изгибающий момент;

$W_{n,min}$ – расчетный момент сопротивления;

R_y – расчетное сопротивление металла;

γ_c – коэффициент условий работы.

Задача 1 для самостоятельного решения

Подобрать и рассчитать усиление стальных прокатных двутавровых балок пролетом L за счет подведения снизу швеллера стенкой вверх (рис. 3.1). На балки действует расчетная погонная нагрузка $q_{пог}$. Требуется увеличить несущую способность балок на R %. Показать схему усиления балок покрытия в виде эскиза в 2 проекциях.

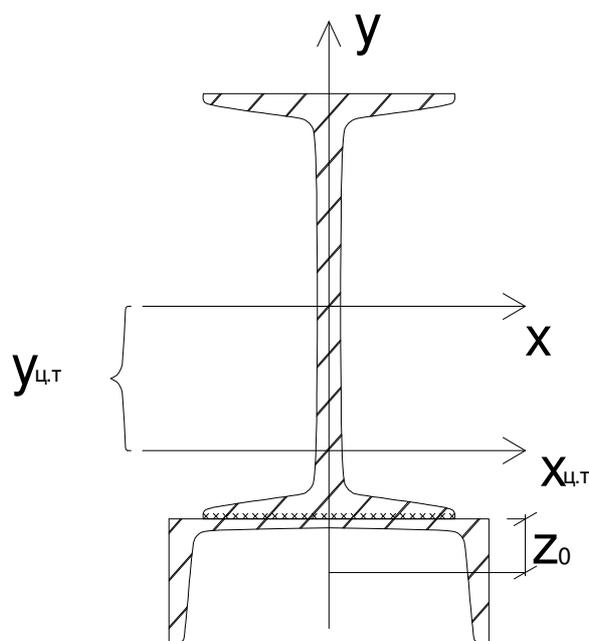


Рис. 3.1. Усиление швеллером двутавра

Исходные данные для самостоятельного решения
к практическому занятию 3

№ варианта	1/2	3/4	5/6	7/8	9/10	11/12	13/14	15/16	17/18	19/20
Расчетная погонная нагрузка $q_{пог}$, кг/м	15000	8000	11500	6500	9500	11500	11000	4500	13500	5500
	10500	8000	10500	9500	17500	12000	9500	8000	18000	9000
Класс стали	C245	C255	C245	C275	C245	C245	C245	C255	C245	C245
Пролет балки L в (м)	6/6,5	5/6	5,5/6,5	7/6,5	6/5	5,5/6	5,0/6,5	7,0/6,0	6,5/5,0	6,0/5,5
Требуемый % усиления несущей способности балок R	30/25	15/20	20/25	15/20	30/25	25/20	25/20	30/25	15/20	30/25
№ двутавра сечения балки по ГОСТ 8239-89	24/22	16/18	20/22	18/20	20/22	20/22	18/20	16/18	24/22	16/18

Рекомендуемая последовательность выполнения задачи 1

1. Определяем максимальный изгибающий момент:

$$M_{max} = q_{пог} \cdot L^2 / 8.$$

2. Определяем несущую способность балки σ_{max} без усиления:

$$\sigma_{max} = M_{max} / W_x \quad (W_x \text{ принимаем по сортаменту для нашего сечения}).$$

3. Проверяем: $\sigma_{max} \leq R_y \cdot \gamma_c$ (R_y принимаем для своей марки стали, $\gamma_c = 1$ – коэффициент условий работы по т.1 СП 16.13330-2012). Делаем вывод о несущей способности балки.

4. Принимаем схему усиления и тип усиливающего профиля.

5. Определяем геометрические характеристики балки с учетом усиливающего профиля:

$$A_{дв}, A_{шв}, Z_0, J_{x_{дв}}, J_{y_{шв}}, \Sigma Sx, u_{цт шв}, \Sigma Jx, Wx.$$

6. Определяем несущую способность балки σ_{max}^{yc} усиленного сечения:

$$\sigma_{max}^{yc} = M_{max} / Wx^{yc}.$$

7. Проверяем: $\sigma_{max} \gamma_c \leq R_y \cdot \gamma_c$. Если условие не выполняется, выбираем больший усиливающий профиль или меняем схему усиления и выполняем пп. 5, 6, 7 до тех пор, пока не выполнится условие п.7.

8. Изображаем окончательную схему усиления и тип усиливающего профиля в виде эскиза.

*ввиду учебного характера расчетов и ограниченности аудиторного времени, расчет по касательным напряжениям, проверка устойчивости и прогиба балки не производится.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4

Тема «КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ УСИЛЕНИЯ (УГОЛКОМ) ОТ ДЕЙСТВИЯ ИЗГИБНЫХ УСИЛИЙ»

Общие теоретические сведения

Расчет на прочность балок 1-го класса следует выполнять по формулам: при действии момента в одной из главных плоскостей

$$\frac{M}{W_{n,min} R_y \gamma_c} \leq 1; \quad (4.1)$$

где M – изгибающий момент;

$W_{n,min}$ – расчетный момент сопротивления;

R_y – расчетное сопротивление металла;

γ_c – коэффициент условий работы.

Задача 1 для самостоятельного решения

Подобрать и рассчитать усиление прогонов из двутавра № N за счет подведения снизу торцами полок спаренных уголков (рис.4.1) пролетом L . На прогон действует расчетная погонная нагрузка $q_{ног}$ кГ/м.

Произвести расчет сварных прерывистых (шпоночных) швов, прикрепляющих элементы усиления к существующему прогону.

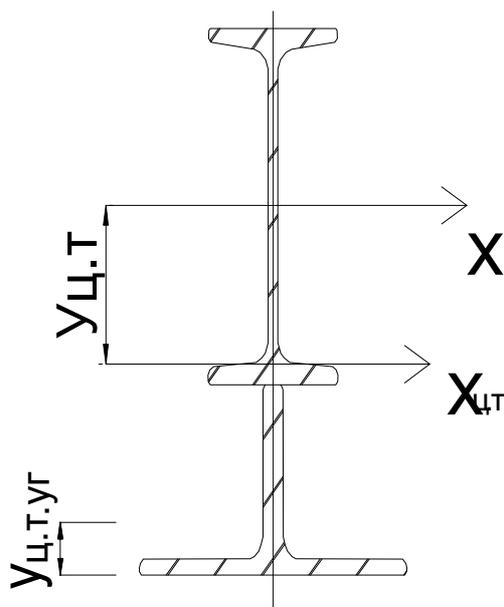


Рис. 4.1. Вид усиления уголком

Исходные данные для самостоятельного решения
к практическому занятию 4

Таблица 4.1

№ варианта	1/2	3/4	5/6	7/8	9/10	11/12	13/14	15/16	17/18	19/20
Расчетная нагрузка q пог кг/м	5500	13500	4500	11000	11500	9500	6500	11500	10500	15000
	9000	18000	80	9500	12000	17500	9000	10500	10500	10500
Класс стали	C245	C245	C255	C245	C245	C245	C275	C245	C255	C245
Пролет прогона L в м	6/6,5	6,5/5	7/6	5/6,5	5,5/6	6/5	7/6,5	5,5/6,5	5/6	6,0/6,5
Шаг прерывистого сварного шва a_w , мм	10	15	10	15	10	15	10	15	10	15
	15	20	15	20	15	20	15	20	15	20
Номер двутавра балки по ГОСТ 8239-89	№ 16/18	№ 24/22	№ 16/18	№ 18/20	№ 20/22	№ 20/22	№ 18/20	№ 20/22	№ 16/18	№ 24/22

Рекомендуемая последовательность выполнения задачи 1

1. Определяем максимальный изгибающий момент:

$$M_{max} = q_{nog} \cdot L^2 / 8.$$

2. Определяем несущую способность не усиленного прогона (W_x принимаем по сортаменту для сечения своего двутавра):

$$\sigma_{max} = M_{max} / W_x.$$

3. Проверяем нормальные напряжения $\sigma_{max} \leq R_y \cdot \gamma_c$ (R_y принимаем для своей марки стали, $\gamma = 1$ – коэффициент условий работы по т.1 СП 16.13330-2012). Делаем вывод о несущей способности элемента.

4. Принимаем заданную схему усиления, и задаемся типом усиливающих профилей – спаренных уголков. Определяем геометрические характеристики балки с учетом усиливающих профилей:

$$A_{дв}, A_{уг}, Z_o, J_x_{дв}, J_{уг}, \Sigma S_x, y_{цт\ уг}, \Sigma J_x, W_x.$$

5. Определяем несущую способность балки σ_{max} усиленного сечения:

$$\sigma_{max}^{\gamma_c} = M_{max} / W_x^{\gamma_c}.$$

6. Проверяем $\sigma_{max}^{\gamma_c}$ по металлу шва: $\sigma_{max}^{\gamma_c} \leq R_y \cdot \gamma_c$. Если условие не выполняется, выбираем больший усиливающий профиль усиливающих уголков или меняем схему усиления и выполняем пп. 4, 5, 6 до тех пор, пока не будет выполняться условие 6.

7. Производим расчет сварных шпоночных швов, прикрепляющих элементы усиления к существующему прогону. Для этого определяем сдвигающее усилие, приходящееся на «рядовую» шпонку:

$$T_r = Q_{max} S_r \cdot a_w / J,$$

где Q_{max} – перерезывающая сила, S_r – статический момент площади поперечного сечения элементов усиления относительно центральной оси усиленного сечения, a_w – шаг шпонок, J – момент инерции сечения усиленного прогона относительно горизонтальной центральной оси.

Требуемую длину «рядовой» шпонки при использовании ручной электродуговой сварки по ГОСТ 5264-80, электродов типа Э42 по ГОСТ 9467-75 и катета 4мм определяем по формуле:

$$l_w \geq T_r / 2 \beta_f k_f R_{wf} \gamma_c + 1 \text{ см},$$

где R_{wf} – расчетное сопротивление условному срезу по металлу шва, R_{wz} – расчетное сопротивление условному срезу по металлу границы сплавления, β_f, β_z – коэффициенты, зависящие от вида сварки и положения шва, соответственно, по металлу шва и по металлу границы сплавления

(т.39 СП 16.13330-2012) $\beta_f = 0,7$; $\beta_z = 1$; k_f - катет углового шва (4мм) $\gamma = 1$ – коэффициент условий работы по т.1 СП 16.13330-2012.

8. Изображаем окончательную схему усиления, тип усиливающего профиля со сварными швами в виде эскиза.

* ввиду учебного характера расчетов и ограниченности аудиторного времени расчет по касательным напряжениям, проверка устойчивости и прогиба не производится.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5

Тема «КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ УСИЛЕНИЯ КАМЕННОЙ КЛАДКИ СТАЛЬНОЙ ОБОЙМОЙ ПРИ ЦЕНТРАЛЬНОМ И ВНЕЦЕНТРЕННОМ СЖАТИИ»

Общие теоретические сведения

При включении в усиливающую обойму кладка работает в условиях всестороннего сжатия. Стальная обойма состоит из вертикальных уголков, устанавливаемых на растворе по углам усиливаемого элемента и горизонтальных хомутов (планок) из полосовой стали, приваренных к уголкам с шагом не более размера меньшей стороны кладки и не свыше 50 см.

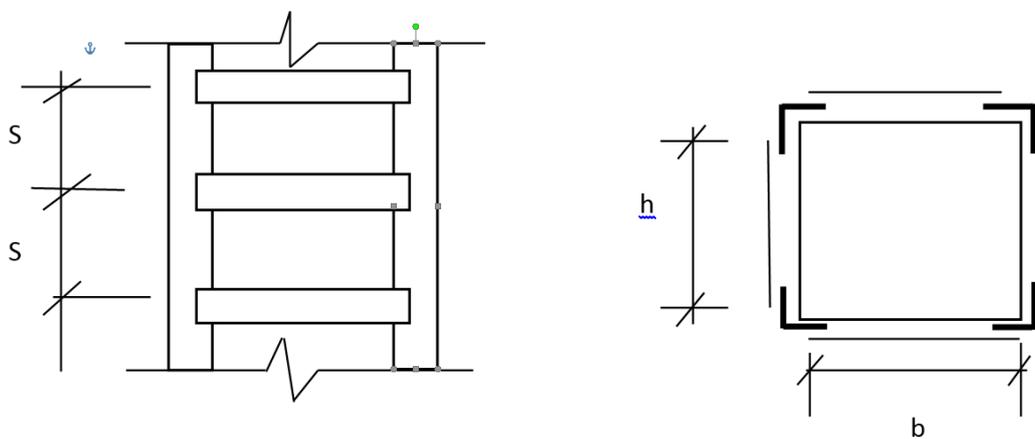


Рис. 5.1. Общий вид обоймы

Расчет конструкций из кирпичной кладки, усиленной стальной обоймой, при центральном сжатии и внецентренном сжатии, с эксцентриситетом, не выходящим за пределы ядра сечения, производится по формуле:

$$N_{yc} = \Psi \cdot \phi \left[\{ m_g \cdot m_k \cdot R_u + \eta' (2,5\mu \cdot R_{sw}) / (1 + 2,5\mu \cdot 100) \} \cdot A_{кл} + R_{sc} \cdot A_s \cdot y^2 \right] \quad (5.1)$$

где N_{yc} – продольная сжимающая сила;

Ψ, η' – коэффициенты вида сжатия кладки:

при центральном $\Psi = 1, \eta' = 1,$

при внецентренном $\Psi = 1 - 2e_0/h, \eta = 1 - 4e_0/h,$

где h – размер стороны усиливаемого элемента в направлении действия эксцентриситета;

$A_{кл}$ – площадь сечения усиливаемой кладки;

A_s^{yz} – площадь сечения усиливающих продольных уголков;

R_{sw} – расчетное сопротивление поперечных планок обоймы;

R_{sc} – расчетное сопротивление продольных уголков;

φ – коэффициент продольного изгиба (для не усиленной кладки определяется по т. 5.2 (т.19 СП 15.13330-2012) в зависимости от гибкости элемента λ_i, λ_h и упругой характеристики кладки α ,

в нашем случае для прямоугольного сплошного сечения при отношении: $\lambda_h = l_0/h,$

где l_0 – расчетная высота элемента; h – меньший размер прямоугольного сечения;

m_g – коэффициент, учитывающий длительное влияние нагрузки (=1);

m_k – коэффициент условий работы кладки (для кладки без повреждений=1, с трещинами=0,75);

μ – процент армирования:

$$\mu = [2A_s(h+b)/h \cdot b \cdot s] \cdot 100,$$

где h и b – стороны усиливаемой кладки;

A_s – площадь поперечного сечения поперечной планки;

S – расстояние между планками;

R_u – предел прочности кладки при кратковременном нагружении:

$$R_u = AR_1 \left(1 - \frac{a}{b + \frac{R_2}{2R_1}} \right) \eta, \quad (5.2)$$

где R_1 – средняя прочность камня; R_2 – средняя прочность раствора;

A – конструктивный коэффициент,

$$A = (100 + R_1) / (m \cdot 100 + n \cdot R_1) \quad (5.3)$$

m, n, a, b – эмпирические коэффициенты, зависящие от вида камня и высоты ряда (табл. 5.1);

η – коэффициент, зависящий от прочности раствора, при $R_2 \geq 0,4$ МПа $\eta = 1$, при $R_2 \leq 0,4$ МПа $\eta = 0,75$.

Таблица 5.1

Эмпирические коэффициенты для расчета прочности кладки

Вид камня и высота ряда кладки	Коэффициент			
	a	b	m	n
Из кирпича с высотой ряда 50...150 мм	0.2	0.3	1.25	3
Из сплошных камней правильной формы с высотой ряда 180...360 мм	0.15	0.3	1.1	2.5
Из сплошных блоков с высотой ряда более 500 мм	0.09	0.3	1.1	2.0
Из рваного бутового камня	0.2	0.25	2.5	8.0

Таблица 5.2

Гибкость		Коэффициент продольного изгиба φ при упругих характеристиках кладки α						
λ_g	λ_z	1500	1000	750	500	350	200	100
4	14	1	1	1	0,98	0,94	0,9	0,82
6	21	0,98	0,96	0,95	0,91	0,88	0,81	0,68
8	28	0,95	0,92	0,9	0,85	0,8	0,7	0,54
10	35	0,92	0,88	0,84	0,79	0,72	0,6	0,43
12	42	0,88	0,84	0,79	0,72	0,64	0,51	0,34
14	49	0,85	0,79	0,73	0,66	0,57	0,43	0,28
16	56	0,81	0,74	0,68	0,59	0,5	0,37	0,23
18	63	0,77	0,7	0,63	0,53	0,45	0,32	–
22	76	0,69	0,61	0,53	0,43	0,35	0,24	–
26	90	0,61	0,52	0,45	0,36	0,29	0,2	–
30	104	0,53	0,45	0,39	0,32	0,25	0,17	–

34	118	0,44	0,38	0,32	0,26	0,21	0,14	–
38	132	0,36	0,31	0,26	0,21	0,17	0,12	–
42	146	0,29	0,25	0,21	0,17	0,14	0,09	–
46	160	0,21	0,18	0,16	0,13	0,1	0,07	–
50	173	0,17	0,15	0,13	0,1	0,08	0,05	–
54	187	0,13	0,12	0,1	0,08	0,06	0,04	–

Примечания.

1. Коэффициент φ при промежуточных величинах гибкостей определяется по интерполяции.
2. Коэффициент φ для отношений λ_n , превышающих предельные (пп. 6.16–6.20), следует принимать при определении φ_* (п. 4.7) в случае расчета на внецентренное сжатие с большими эксцентриситетами.
3. Для кладки с сетчатым армированием величины упругих характеристик, определяемые по формуле (4), могут быть менее 200.

Задача 1 для самостоятельного решения

Требуется запроектировать усиление кирпичного простенка в существующем здании. Кладка кирпичного столба выполнена из глиняного кирпича с пределом прочности R_1 на растворе с пределом прочности R_2 . Размеры простенка: $h \times b$, высота l_0 . На простенок действует вертикальная нагрузка N , приложенная с эксцентриситетом e_0 . Требуется увеличить несущую способность кирпичного простенка в n раз. Расчетное сопротивление усиливающих продольных уголков, поперечных планок обоймы (R_{sc}, R_{sw}) – 235 Мпа (2350 кг/см²). Выполнить эскизы вида и сечения усиленной кладки.

Таблица 5.3

Исходные данные для самостоятельного решения к практическому занятию 5

№ п/п	Марка кирпича R_1	Марка раствора R_2	$h \times b$ (см)	l_0 (м)	e_0 (см)	Требуемый коэффициент увеличения несущей способности, n	Упругая характеристика кладки α
1	50	20	51 x 51	2,0	5	3,3	1500
2	75	25	38 x 51	2,2	6	2,8	1000
3	100	30	51 x 64	2,4	7	3,3	750
4	50	35	38 x 64	2,6	5	3,0	500

5	75	20	64 x 64	2,0	6	3,8	350
6	100	25	51 x 51	2,2	7	4,8	1500
7	50	30	38 x 51	2,4	6	5,3	1000
8	75	35	51 x 51	2,6	5	3,3	750
9	100	20	38 x 51	2,0	6	2,9	500
10	50	25	51 x 64	2,2	7	3,2	350
11	50	35	38 x 51	2,6	6	3,3	1000
12	75	20	51 x 51	2,0	5	3,0	750
13	100	25	38 x 51	2,2	6	3,8	500
14	50	30	51 x 64	2,4	7	3,8	350
15	50	35	38 x 64	2,6	5	3,0	750
16	75	20	64 x 64	2,0	6	3,8	500
17	100	25	51 x 51	2,2	77	4,8	350
18	50	30	38 x 51	2,4	5	5,3	1000
19	75	35	51 x 51	2,6	6	3,3	750
20	50	20	38 x 51	2,4	7	2,8	1000
21	75	25	51 x 51	2,6	5	5,3	750
22	100	30	38 x 51	2,0	6	3,3	500
23	50	30	51 x 64	2,2	7	2,9	350
24	75	25	38 x 64	2,1	6	3,0	1000

Рекомендуемая последовательность выполнения задачи 1

1. Определяем предел прочности не усиленной кладки при кратковременном нагружении R_u .
2. Определяем среднюю прочность не усиленной каменной кладки R , принимая коэффициент безопасности $K=2$: $R= R_u/2$.
3. Определяем несущую способность не усиленной каменной кладки: $N=R \cdot h \times b$
4. Определяем требуемую несущую способность усиленной каменной кладки: $N_{ус}^{треб} = n \cdot N$

5. Задаемся в первом приближении геометрическими характеристиками усиливающих элементов обоймы (вертикальных уголков, хомутов, шагом планок) исходя из раздельной несущей способности кладки и обоймы:

$$N_{yc}^{треб} = n \cdot N \approx N^{разд} yc = N + N_{об}, \text{ где } N_{об} = R_{sc} \cdot A_s^{1/2}.$$

6. Производим расчет N_{yc} по формуле (5.1) с принятыми геометрическими характеристиками усиливающих элементов обоймы.

7. Сравниваем полученное значение N_{yc} с требуемой несущей способностью кладки $N_{yc}^{треб}$.

8. Если $N_{yc} <<$ или $>> N_{yc}^{треб}$, выбираем меньшие или большие усиливающие профили и выполняем пп. 5, 6 до тех пор, пока не выполнится условие п.7; эта операция производится до тех пор, пока несущая способность кладки будет достаточно близка к требуемому значению (отклонение не должно превышать $\pm 5\%$).

9. Изображаем окончательную схему усиления и тип усиливающего профиля в виде эскиза вида и сечения усиленной кладки.

*Для обеспечения лучшей свариваемости усиливающей обоймы материал горизонтальных хомутов (планок) принимать аналогичным материалу уголков. Сечение хомутов назначать равным сечению полков вертикальных уголков.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6

Тема «РАСЧЕТ УСИЛЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНО-РАСТЯНУТЫХ ОСЛАБЛЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ»

Общие теоретические сведения

Проверка несущей способности растянутого элемента согласно п. 6.1 [1] производится по формуле:

$$N/F_{нт} \leq R_p, \quad (6.1)$$

где N – расчетная продольная сила;

R_p – расчетное сопротивление древесины растяжению вдоль волокон;

$F_{нт}$ – площадь поперечного сечения элемента нетто.

При определении $F_{нт}$ ослабления, расположенные на участке длиной до 200 мм, следует принимать в соответствии с [1] совмещенными в одном сечении (рис. 6.1).

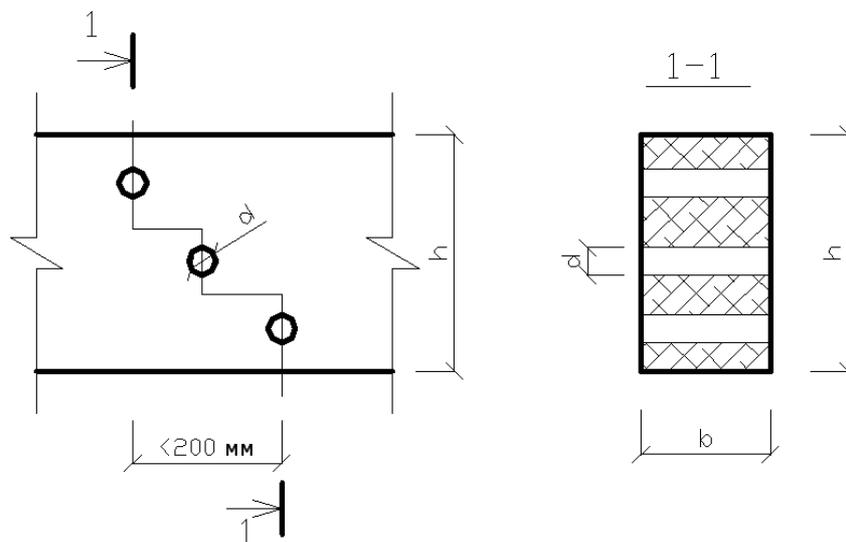


Рис. 6.1. Совмещение ослаблений в сечении растянутого элемента

Площадь сечения за вычетом ослабления $F_{нт}$ может определяться по формуле:

$$F_{нт} = F_{бр} - F_{осл}; \quad F_{бр} = b \cdot h; \quad F_{осл} = n \cdot d \cdot b, \quad (6.2)$$

здесь n – количество ослаблений отверстиями диаметром d , расположенных на участке длиной до 200 мм.

Задача 1 для самостоятельного решения

Проверить несущую способность сечения стойки (рис. 6.2) из бруса сосны 2-го сорта, (базовое расчетное сопротивление растяжению вдоль волокон 7 Мпа) размерами сечения $b \times h$, загруженной растягивающей силой N_p . Ослабления – отверстия диаметром d – просверлены в широких пластьях и не выходят на кромки сечения. Подобрать и рассчитать необходимое усиление стержня в виде 2 сторонних деревянных накладок из типового сортамента пиломатериалов.

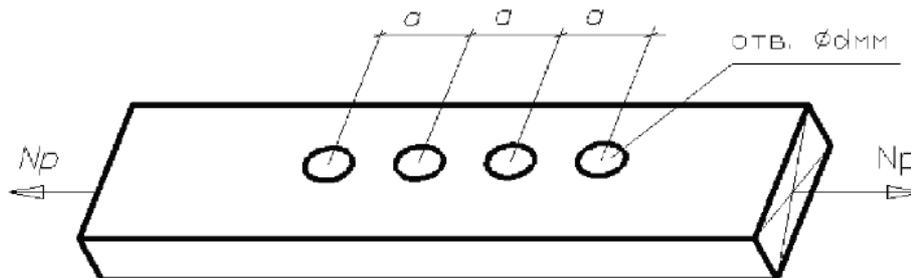


Рис. 6.2. Вид сверху сечения

Исходные данные для самостоятельного решения к практическому занятию 6

№ варианта	Np (кН)	b(см)	h(см)	Ослабления	
				а – шаг отверстий (мм)	d – диаметр (см)
1	2	3	4	5	6
1	135	5,0	22,5	40	1,0
2	150	6,0	17,5	50	1,0
3	145	5,0	25,0	60	2,0
4	180	7,5	15,0	70	1,2
5	130	4,0	27,5	35	1,5
6	140	4,4	22,5	20	1,0
7	100	3,2	25,0	45	1,3
8	110	4,0	25,0	45	1,2
9	120	4,4	27,5	50	1,6
10	135	5,0	22,5	45	1,4
11	155	6,0	25,0	40	1,3
12	165	7,5	15,0	35	1,2
13	170	7,5	17,5	45	1,4
14	180	6,0	20,0	55	1,6
15	175	5,0	22,5	35	1,5
16	155	5,0	25,0	40	1,7
17	140	4,4	27,5	40	1,5
18	145	5,0	25,0	35	1,4
19	165	7,5	20,0	45	1,8
20	170	6,0	20,0	35	1,4
21	140	4,4	25,0	40	1,2
22	155	6,0	25,0	25	1,4
23	140	4,4	27,5	30	1,5
24	150	7,5	20,0	35	1,6

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 6.2

Площади сечений стандартных пиломатериалов по ГОСТ 24454-80*, (см)

Толщина (мм)	Ширина (мм)								
	75	100	125	150	175	200	225	250	275
16	12	16	20	24	-	-	-	-	-
19	14.25	19	23.75	28.5	33.25	-	-	-	-
22	16.5	22	27.5	33	38.5	44	49.5	-	-
25	18.75	25	31.25	37.5	43.75	50	56.25	62.5	68.75
32	24	32	40	48	56	64	72	80	88
40	30	40	50	60	70	80	90	100	110
44	33	44	55	66	77	88	99	110	121
50	37.5	50	62.5	75	87.5	100	112.5	125	137.5
60	45	60	75	90	105	120	135	150	165
75	56.25	75	93.75	112.5	131.25	150	168.75	187.5	206.25
100	-	100	125	150	175	200	225	250	275
125	-	-	156.25	187.5	218.75	250	281.25	312.5	-
150	-	-	-	225	262.5	300	337.5	375	-
175	-	-	-	-	306.25	350	393.75	437.5	-
200	-	-	-	-	-	400	450	500	-
250	-	-	-	-	-	-	-	625	-

Рекомендуемая последовательность выполнения задания 6

1. Определяем расчетное сопротивление древесины растяжению R_p с учетом наличия ослабления сечения (согласно п.5.2 (е) [1] поправочный коэффициент $m_0=0,8$).
2. Определяем площадь сечения $F_{нт}$.

3. Определяем растягивающие напряжения в элементе и проверяем несущую способность сечения элемента $\sigma = N/F_{нм} \leq R_p$.

4. Если несущая способность недостаточна, определяем необходимую расчетную площадь сечения $F_{нм}^{расч} = N/R_p$.

5. В таблице сортамента пиломатериалов подбираем двухсторонние усиливающие накладки, чтобы суммарная площадь сечения была $\geq F_{нм}^{расч}$.

6. Определяем несущую способность усиленного сечения элемента с учетом накладок: $\sigma = N/F_{усил}$.

7. Сравниваем полученное значение с требуемой несущей способностью $\sigma = N/F_{усил} \leq R_p$.

8. Выполняем пп. 4, 5, 6 до тех пор, пока не выполнится условие п.6, эта операция производится до тех пор, пока несущая способность элемента будет достаточно близка к требуемому значению (отклонение не должно превышать $\pm 5\%$).

9. Изображаем окончательную схему усиления и вид усиливающих накладок в виде эскиза.

*Ввиду учебного характера расчетов и ограниченности аудиторного времени учет температурно-влажностных условий эксплуатации конструкции, расчет соединительных элементов (нагелей) и учет влияния податливостей связей не производим.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 7

Тема «РАСЧЕТ ЦЕНТРАЛЬНО-СЖАТЫХ ОСЛАБЛЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ»

Общие теоретические сведения

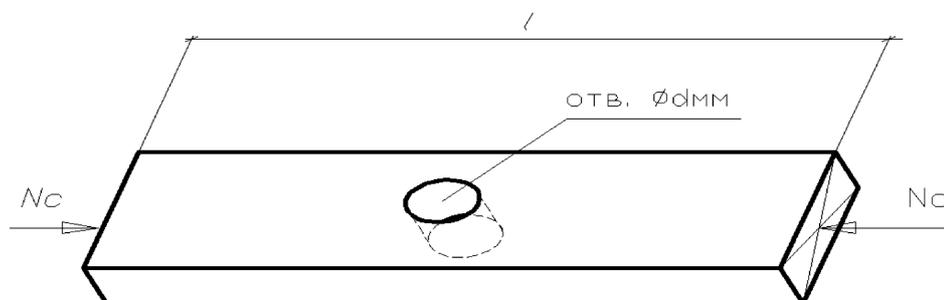


Рис. 7.1. Центально-сжатый элемент деревянной конструкции с ослаблением сечения

Проверка несущей способности сжатого элемента согласно п. 6.2 [1] производится по формулам:

по прочности:

$$\sigma = N/F_{нт} < R_c, \quad (7.1)$$

по устойчивости:

$$\sigma = N/(\varphi \cdot F_{расч}) < R_c, \quad (7.2)$$

где N – действующее усилие сжатия в элементе,

$F_{нт}$ – площадь сечения нетто (площадь сечения за вычетом ослаблений),

$F_{расч}$ – расчетная площадь сечения центрально-сжатого элемента деревянной конструкции с ослаблением сечения (рис. 7.1).

Таблица 7.1

Определение расчетной площади поперечного сечения элемента $F_{расч}$

Если нет ослаблений; если ослабления не выходят на кромку и $F_{осл} \leq 0,25 F_{бр}$	Если ослабления не выходят на кромку и $F_{осл} > 0,25 F_{бр}$	Если ослабления симметричные и выходят на кромку	Если ослабления несимметричные и выходят на кромку
$F_{расч} = F_{бр}$	$F_{расч} = 4/3 F_{нт}$	$F_{расч} = F_{нт}$	Расчет как в偏心ренно-сжатого элемента

φ – коэффициент продольного изгиба, зависящий от гибкости λ сжатого элемента.

Определение коэффициента продольного изгиба φ для элементов из древесины:

при гибкости элемента $\lambda \leq 70$ $\varphi = 1 - 0,8(\lambda / 100)^2$;

при гибкости элемента $\lambda > 70$ $\varphi = 3000 / (\lambda)^2$.

Гибкость элементов цельного сечения определяется по формуле : $\lambda = l_0 / r$. Она не должна превышать предельно допустимое по СП [1] значение $[\lambda] = 120$,

где l_0 – расчетная длина элемента, равная: $l_0 = l \cdot \mu$ (геометрическая длина элемента, умноженная на коэффициент приведения длины; при шарнирном закреплении $\mu = 1$, при других вариантах закрепления концов стержня см. п.6.21 [1]);

r – радиус инерции сечения элемента.

Радиус инерции – это геометрическая характеристика сечения, равная: $r = \sqrt{(J/F)}$.

Для прямоугольного сечения высотой h радиус инерции приближенно равен: $r = 0,289 \cdot h$.

Задача 1 для самостоятельного решения

Проверить несущую способность сечения стойки (рис. 7.2) из бруса сосны 2-го сорта (базовое расчетное сопротивление сжатию вдоль волокон 7МПа) размерами сечения $b \times h$, нагруженной сжимающей силой N_c . Длина элемента l . Стержень имеет ослабления в виде n отверстий, просверленных в широкой пластине в расчетном сечении, не выходящих на кромку сечения. Подобрать и рассчитать необходимое усиление стержня в виде двухсторонних деревянных накладок из типового сортамента пиломатериалов.

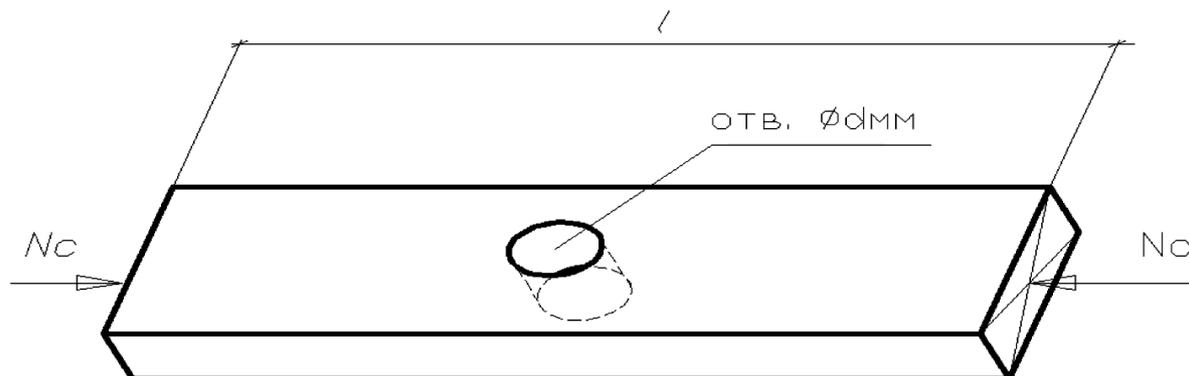


Рис. 7.2. Вид сверху сечения

Таблица 7.2

Исходные данные для самостоятельного решения
к практическому занятию 7

Номер варианта	N_c (кг)	Ослабления		l -длина (м)	Сечение (см)	
		n - число	d - диаметр		b	h
1	2	3	4	5	6	7
1	17500	0	-	5	15	10
2	15000	1	2.8	4.5	15	12.5
3	16500	0	-	4	15	15
4	6500	1	2.6	3.5	15	17.5
5	21000	0	-	3	15	20
6	30000	1	2	5	17.5	12.5
7	35000	0	-	4.5	17.5	15

8	8500	2	1.8	4	20	17.5
9	3000	0	-	3.5	20	20
10	4000	2	3.2	3	10	25
11	15000	2	3	5.5	10	15
12	16500	2	2.4	5	10	17.5
13	6500	0	-	4	10	20
14	21000	2	1.6	3.5	10	25
15	14500	3	2	5	10	17.5
16	18000	2	2.4	4.5	12.5	20
17	18000	1	1.4	4	12.5	25
18	16500	2	3.2	3.5	12.5	20
19	12000	1	1.6	3	12.5	25
20	8500	2	1.2	5	12.5	10
21	3000	1	2.6	5	10	12.5
22	4000	1	1.2	4.5	10	15
23	7000	2	2.4	4	10	17.5
24	12000	1	1.4	3.5	10	20
25	8000	1	1.8	3	12.5	12.5
26	14000	1	2.6	5	12.5	15
27	5000	2	2.6	4	12.5	17.5
28	25000	1	3.2	5	12.5	20
29	47000	2	2.4	3.5	12.5	25
30	25000	1	2	3	15	17.5

Рекомендуемая последовательность выполнения задачи 1

1. Определяем расчетную площадь поперечного сечения элемента $F_{расч}$ с учетом вида ослабления сечения.

2. Проверяем несущую способность сечения по прочности (7.1): $\sigma = N/F_{расч} \leq R_c$. (если расчет по прочности показывает недостаточную несущую способность, переходим к проектированию усиления сечения. В таблице сортамента пиломатериалов подбираем усиливающие накладки и выполняем заново п.2, пока не будет выполняться условие прочности (7.1))

3. Проверяем несущую способность сечения по устойчивости (7.2): $\sigma = N/(\varphi \cdot F_{расч}) \leq R_c$.

Для этого вычисляем и проверяем максимальную гибкость λ и вычисляем коэффициент продольного изгиба φ . Если несущая способность по устойчивости недостаточна, в таблице сортамента пиломатериалов подбираем увеличенные усиливающие накладки и производим расчет по п.3, пока не будет выполняться условие устойчивости (7.2), эта операция производится до тех пор, пока несущая способность элемента будет достаточно близка к требуемому значению (отклонение не должно превышать $\pm 5\%$).

4. Изображаем окончательную схему усиления и вид усиливающих накладок в виде эскиза.

* Ввиду учебного характера расчетов и ограниченности аудиторного времени, учет температурно-влажностных условий эксплуатации конструкции, расчет соединительных элементов (нагелей) и учет влияния податливостей связей не производим.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 8

Тема «ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ БОЛТОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ»

Общие теоретические сведения

Оценка несущей способности болтовых соединений

Расчетное усилие, которое может быть воспринято одним болтом, в зависимости от вида напряженного состояния следует определять по формулам:

при срезе:

$$N_{bs} = R_{bs} A_b n_s \gamma_b \gamma_c ; \quad (8.1)$$

при смятии:

$$N_{bp} = R_{bp} d_b \Sigma t \gamma_b \gamma_c ; \quad (8.2)$$

при растяжении:

$$N_{bt} = R_{bt} A_{bn} \gamma_c, \quad (8.3)$$

где R_{bs} , R_{bp} , R_{bt} – расчетные сопротивления одноболтовых соединений;

A_b и A_{bn} – площади сечений стержня болта брутто и резьбовой части нетто соответственно, принимаемые согласно таблице Г.9 Приложения Г СП 16.13330.2011.

n_s – число расчетных срезов одного болта;

d_b – наружный диаметр стержня болта;

Σt – наименьшая суммарная толщина соединяемых элементов, сминаемых в одном направлении;

γ_c – коэффициент условий работы, определяемый по таблице 1 СП 16.13330.2011;

γ_b – коэффициент условий работы болтового соединения, определяемый по таблице 41 СП 16.13330.2011 и принимаемый не более 1,0.

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:

$$n \geq N / N_{b,\min}, \text{ где } N_{b,\min} \text{ – наименьшее из значений } N_{bs} \text{ или } N_{bp}.$$

Первое число – класс прочности, умноженный на 10. Обозначает временное сопротивление материала болта в кН/см^2 , а произведение первого числа на второе – предел текучести материала болта в кН/см^2 .

Задача 1 для самостоятельного решения

1.1. Оценка несущей способности болтового соединения

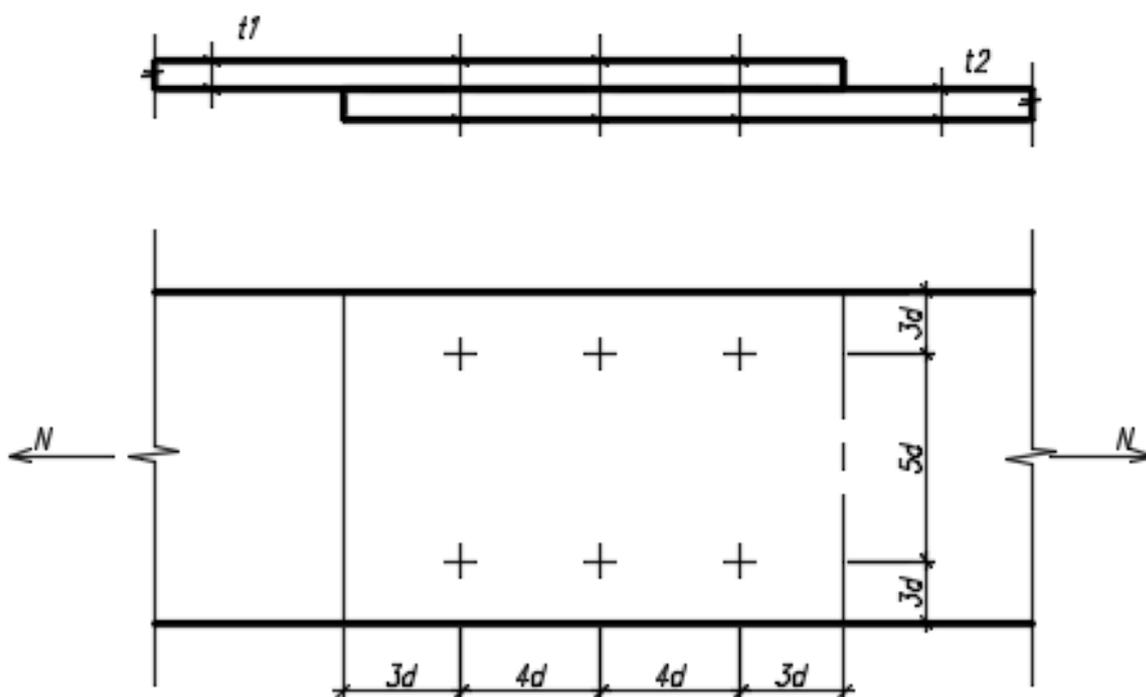
Проведено обследование болтового соединения (см. схему варианта), у которого отсутствует обозначение класса прочности на болтах. Проведен хим. анализ материала болтов и определены по марке стали значения

временного сопротивления и предела текучести материала болта. Требуется оценить несущую способность болтового соединения, предварительно определив класс прочности болта.

Номер варианта	Схема болтового соединения	Материал соединяемых элементов	Толщины соединяемых элементов, мм	Диаметр болта, d, мм	Данные анализа материала болта	
					Временное сопротивление, МПа	Предел текучести, МПа
1	Схема 1	C245	t1= 6 мм t2= 8 мм	24	420	240
2	Схема 2	C345	t1= 14 мм t2= 18 мм	18	395	240
3	Схема 3	C255	t1= 12 мм t2= 16 мм	16	570	410
4	Схема 1	C345	t1= 4 мм t2= 8 мм	20	490	320
5	Схема 2	C345	t1= 14 мм t2= 8 мм	20	490	320
6	Схема 3	C345	t1= 4 мм t2= 8 мм	20	420	240
7	Схема 1	C345	t1= 4 мм t2= 8 мм	20	750	640
8	Схема 2	C345	t1= 4 мм t2= 8 мм	20	430	320
9	Схема 1	C345	t1= 6 мм t2= 8 мм	24	470	250
11	Схема 2	C345	t1= 14 мм t2= 18 мм	18	880	640
12	Схема 3	C440	t1= 12 мм t2= 16 мм	16	670	410
13	Схема 1	C375	t1= 6 мм t2= 8 мм	24	650	430

14	Схема 2	C345	t1= 14 мм t2= 18 мм	20	420	240
15	Схема 3	C345	t1= 12 мм t2= 16 мм	16	570	410
16	Схема 1	C285	t1= 6 мм t2= 8 мм	24	890	650
17	Схема 2	C345	t1= 14 мм t2= 12 мм	18	410	240
18	Схема 3	C440	t1= 12 мм t2= 18 мм	16	570	410
19	Схема 1	C345	t1= 16 мм t2= 20 мм	24	360	230
20	Схема 2	C245	t1= 14 мм t2= 18 мм	18	570	240
21	Схема 3	C375	t1= 18 мм t2= 20 мм	30	590	420
22	Схема 1	C245	t1= 16 мм t2= 16 мм	24	480	340
23	Схема 2	C345	t1= 14 мм t2= 18 мм	27	380	240
24	Схема 3	C285	t1= 12 мм t2= 16 мм	16	570	430
25	Схема 1	C345	t1= 6 мм t2= 8 мм	24	480	340
27	Схема 2	C345	t1= 6 мм t2= 12 мм	20	360	250
28	Схема 3	C275	t1= 12 мм t2= 16 мм	24	570	410

Схема соединения № 3



Рекомендуемая последовательность выполнения задачи 1

1. Оцениваем класс болта по данным анализа материала.
Например, в первом варианте класс прочности болта соответствует 4.6, в 28-м варианте – 5.8.
2. Находим значения R_{bs} и R_{bp} в зависимости от класса прочности болта и временного сопротивления соединяемых элементов (определяется по классу стали соединения) по соответствующим таблицам СП 16.13330.2011 и СНиП II-23-81* (для классов болтов ниже 5.6).
3. Находим расчетное усилие, воспринимаемое одним болтом на срез и смятие, по приведенным выше формулам. Определяем минимальное значение из них.
4. Находим несущую способность соединения своей схемы, используя минимальное расчетное усилие, воспринимаемое одним болтом, умножением его на количество болтов в соединении. Оформляем вывод по задаче № 1.
5. Определяем фактическое расчетное усилие умножением несущей способности соединения на приведенный в задаче № 2 коэффициент ее превышения.
6. Подбираем возможный способ увеличения несущей способности болтового соединения одним из следующих способов:

– увеличения диаметра болта и возможной замены болтов на другие, большего диаметра, по одному;

– увеличения класса прочности болта того же диаметра;

– установкой дополнительных болтов в соединении, например, увеличением размеров накладок или соединяемых элементов, или возможной установкой дополнительных болтов между существующими. Увеличение размеров соединяемых элементов в месте болтового стыка допускается при условии присоединения к существующим элементам дополнительных элементов при помощи стыковых сварных швов.

Оформляем решение задачи № 2 в виде эскизного рисунка с указанием новых параметров и размеров.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 9

Тема «ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ»

Общие теоретические сведения

Основные требования к выполнению угловых сварных соединений изложены в СП 16.13330.2011. Отдельные обязательные требования заключаются в следующем:

Размеры сварных угловых швов и конструкция соединения должны удовлетворять требованиям:

а) катет углового шва k_f не должен превышать $1.2t$, где t – наименьшая из толщин свариваемых элементов;

катет шва, наложенного на закругленную кромку фасонного проката толщиной t , как правило, не должен превышать $0,9t$;

б) катет углового шва k_f должен удовлетворять требованиям расчета и быть, как правило, не меньше указанного в табл. 38; при возможности обеспечения большей глубины провара катет шва (от 5 мм и более) в тавровом двустороннем, а также в нахлесточном и угловом соединениях допускается принимать меньше указанного в табл. 38 СП 16.13330.2011, но не менее 4 мм; при этом дополнительным контролем должно быть установлено отсутствие дефектов, в том числе технологических трещин;

в) расчетная длина углового шва должна быть не менее $4k_f$ и не менее 40 мм;

г) расчетная длина флангового шва должна быть не более $85\beta_f k_f$, за исключением швов, в которых усилие действует на всем протяжении шва (здесь β_f – коэффициент, принимаемый согласно табл. 39 СП16.13330.2011);

д) размер нахлестки должен быть не менее пяти толщин наиболее тонкого из свариваемых элементов;

е) соотношение размеров катетов угловых швов следует принимать, как правило, 1:1; при разных толщинах свариваемых элементов допускается принимать швы с неравными катетами; ж) угловые швы следует выполнять с плавным переходом к основному металлу в конструкциях, возводимых в районах с расчетными температурами ниже минус 45 °С, а также в случаях, когда плавный переход обеспечивает повышение расчетного сопротивления усталости сварных соединений.

Расчет сварного соединения с угловыми швами при действии силы N , проходящей через центр тяжести соединения, следует выполнять на срез (условный) по одному из двух сечений (рисунок) по формулам:

$$\text{при } \frac{\beta_f R_{wf}}{\beta_z R_{wz}} \leq 1 \quad \text{по металлу шва} \quad \frac{N}{\beta_f k_f l_w R_{wf} \gamma_c} \leq 1; \quad (9.1)$$

$$\text{при } \frac{\beta_f R_{wf}}{\beta_z R_{wz}} > 1 \quad \text{по металлу границы сплавления} \quad \frac{N}{\beta_z k_f l_w R_{wz} \gamma_c} \leq 1, \quad (9.2)$$

где l_w – расчетная длина швов в сварном соединении, равная суммарной длине всех его участков, за вычетом по 1 см на каждом непрерывном участке шва;

β_f, β_z – коэффициенты, принимаемые по табл. 39 СП 16.13330.2011.

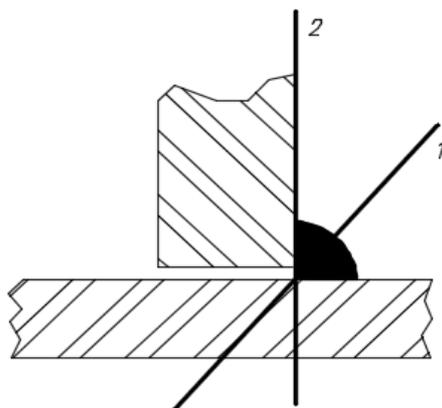


Рис. 9.1. Схема расчетных сечений сварного соединения с угловым швом:
1 – по металлу шва; 2 – по металлу границы сплавления

Таблица 9.1

Значения расчетных сопротивлений угловых сварных швов

С угловыми швами	Срез (условный)	По металлу шва	$R_{wf} = \frac{0,55R_{wun}}{\gamma_{wm}}$
		По металлу границы сплавления	$R_{wz} = 0,45R_{un}$

Значения нормативных (R_{wun}) и расчетных (R_{wf}) сопротивлений металла угловых швов приведены в табл. Г.2 СП 16.13330.2011.

Задача 1 для самостоятельного решения

1.1. Оценка несущей способности сварного соединения

Таблица 9.2

Номер варианта	Схема соединения	Размеры соединяемых элементов, мм	Тип сварочных материалов	Материал свариваемых элементов	Катег сварного соединения, мм
1	Схема 1	t1= 6 мм, t2= 8 мм, B1= 120 мм, B2= 200 мм	Э42	C245	4
2	Схема 2	t1= 14 мм, t2= 18 мм B1= 150 мм, B2= 200 мм	Э46	Данные отсутств.	10
3	Схема 3	t1= 12 мм, t2= 16 мм B1= 160 мм, B2= 120 мм	Э42	C345	6
4	Схема 1	t1= 4 мм, t2= 8 мм B1= 260 мм, B2= 220 мм	Э42	C245	8
5	Схема 2	t1= 14 мм, t2= 8 мм B1= 360 мм, B2= 220 мм	Э60	C345	10
6	Схема 3	t1= 4 мм, t2= 8 мм B1= 180 мм, B2= 150 мм	Э50	C345	8
7	Схема 1	t1= 4 мм, t2= 8 мм B1= 190 мм, B2= 250 мм	Э46	C255	7

8	Схема 2	t1= 4 мм, t2= 8 мм B1= 260 мм, B2= 170 мм	Э46	С345	8
9	Схема 1	t1= 6 мм, t2= 8 мм B1= 190 мм, B2= 120 мм	Данные отсутств.	С245	8
11	Схема 2	t1= 14 мм, t2= 18 мм B1= 160 мм, B2= 220 мм	Данные отсутств.	С345	7
12	Схема 3	t1= 12 мм,t2= 16 мм. B1= 460 мм, B2= 220 мм	Э42	С245	8
13	Схема 1	t1= 12 мм,t2= 16 мм. B1= 350 мм, B2= 320 мм	Э46	Данные отсутств.	8
14	Схема 2	t1= 14 мм, t2= 18 мм B1= 260 мм, B2= 120 мм	Данные отсутств.	С245	6
15	Схема 3	t1= 12 мм, t2= 16 мм B1= 365 мм, B2= 120 мм	Э50	С345	10
16	Схема 1	t1= 6 мм, t2= 8 мм B1= 340 мм, B2= 140 мм	Э50	С345	6
17	Схема 2	t1= 14 мм, t2= 12 мм B1= 160 мм, B2= 150 мм	Данные отсутств.	С255	10
18	Схема 3	t1= 12 мм, t2= 18 мм B1= 180 мм, B2= 160 мм	Э50	Данные отсутств.	8
19	Схема 1	t1= 16 мм, t2= 20 мм B1= 350 мм, B2= 420 мм	Э50	С345	7
20	Схема 2	t1= 14 мм,t2= 18 мм B1= 18 мм, B2= 120 мм	Э50	С345	14
21	Схема 3	t1= 18 мм, t2= 20 мм, B1= 150 мм, B2= 150 мм	Данные отсутств.	Данные отсутств.	12
22	Схема 1	t1= 16 мм, t2= 16 мм, B1= 160 мм, B2= 120 мм	Э50	С235	6

23	Схема 2	$t_1 = 14 \text{ мм}, t_2 = 18 \text{ мм}, B_1 = 190 \text{ мм}, B_2 = 230 \text{ мм}$	Э50	C245	6
24	Схема 3	$t_1 = 12 \text{ мм}, t_2 = 16 \text{ мм}, B_1 = 160 \text{ мм}, B_2 = 190 \text{ мм}$	Э50	C255	5
25	Схема 1	$t_1 = 6 \text{ мм}, t_2 = 8 \text{ мм}, B_1 = 160 \text{ мм}, B_2 = 120 \text{ мм}$	Данные отсутств.	C255	4
27	Схема 2	$t_1 = 6 \text{ мм}, t_2 = 12 \text{ мм}, B_1 = 190 \text{ мм}, B_2 = 150 \text{ мм}$	Э42	C275	8
28	Схема 3	$t_1 = 12 \text{ мм}, t_2 = 16 \text{ мм}, B_1 = 430 \text{ мм}, B_2 = 120 \text{ мм}$	Э50	C345	10

1.2. Разработка усиления несущей способности сварного соединения

Разработать для вашего соединения в задаче 1 рекомендации по его усилению, если фактическое расчетное усилие превышает несущую способность соединения:

для вариантов 1–6 в 1.3 раза, для вариантов 7–15 в 1.4 раза, для вариантов 16–23 в 1.5 раза,

для вариантов 24–28 в 1.2 раза.

Схема соединения № 1

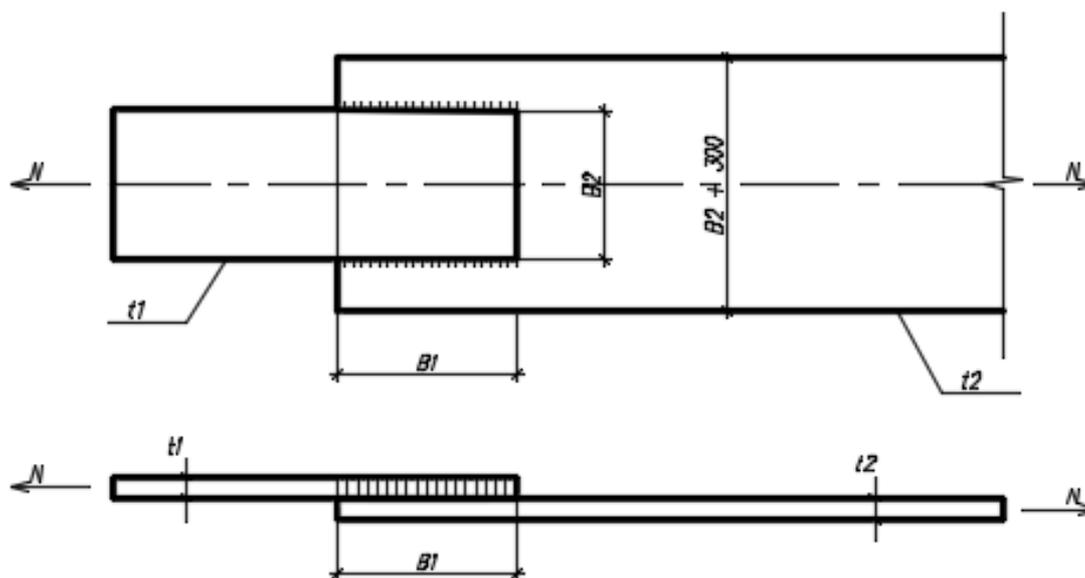


Схема соединения № 2

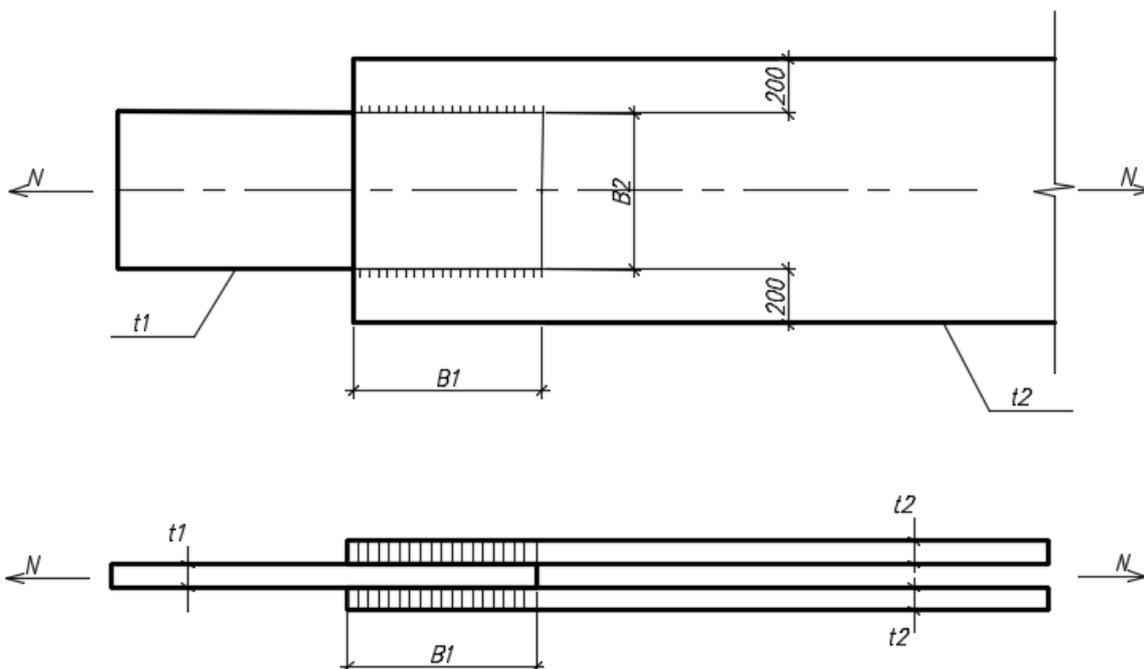
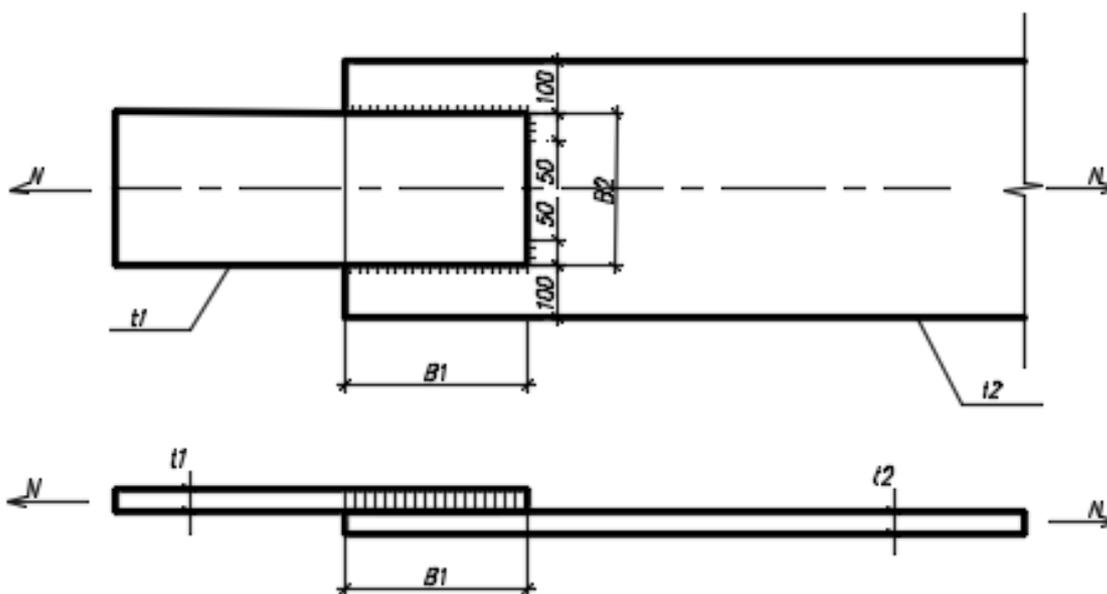


Схема соединения № 3



Рекомендуемая последовательность выполнения задачи 1

1. Выполняем эскизный рисунок соединения своего варианта с нанесением заданных размеров.
2. Определяем значения R_{wf} и R_{wz} по соответствующим таблицам СП 16.13330.2011. При отсутствии данных отдельных параметров принимать их по минимальным возможным параметрам или по согласованию с преподавателем, ведущим занятие.

3. Определяем несущую способность сварного соединения по формулам (9.1), (9.2) (полученное значение оформить выводом по задаче № 1).

4. Определяем фактическое расчетное усилие умножением несущей способности соединения на приведенный в задаче № 2 коэффициент ее превышения.

5. Подбираем варианты увеличения несущей способности сварного соединения с использованием следующих способов:

а – увеличением катета сварного шва на допустимую величину;

б – увеличением длины сварного шва на необходимую величину. (Увеличение длины швов в месте сварного соединения допускается при условии присоединения к существующим элементам дополнительных элементов при помощи стыковых сварных швов).

Также, например, увеличением размеров накладок или соединяемых элементов в соединении.

6. Оформляем решение задачи № 2 в виде эскизного рисунка с указанием новых параметров и размеров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 16.13330-2011. Стальные конструкции. Нормы проектирования.
2. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений.
3. ГОСТ 8510-86*. Сортамент профилей металлических. Уголки стальные горячекатаные.
4. ГОСТ 8239-89. Двутавры стальные горячекатаные.
5. ГОСТ 8240-97. Швеллеры стальные горячекатаные.
6. ГОСТ 8510-86. Уголки стальные горячекатаные неравнополочные.
7. ГОСТ 8509-93. Уголки стальные горячекатаные равнополочные.
8. СП 15.13330.2012. Каменные и армокаменные конструкции. Нормы проектирования.

Хусаинов Д.М., Пеньковцев С.А., Ефимов О.И.,
Вахтель Р.Р., Фахрутдинов А.Э.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
к практическим занятиям по курсу
«Обследование зданий и сооружений»
для студентов направления подготовки 08.03.01 «Строительство»

Редактор В.Н. Слестникова

Издательство

Казанского государственного архитектурно-строительного университета

Подписано в печать

Формат 60×84/16

Заказ №

Печать ризографическая

Усл.-печ. л. 2,75

Тираж 50 экз.

Бумага офсетная № 1

Уч.-изд. л. 2,75

Отпечатано в полиграфическом секторе

Издательства КГАСУ.

420043, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1.