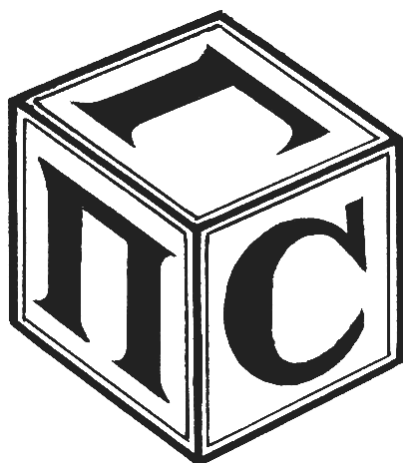


МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Промышленное и гражданское строительство»

# СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

*Методические рекомендации к самостоятельной работе  
для студентов специальности  
1-70 03 01 «Автомобильные дороги»  
заочной формы обучения*



Могилев 2022

УДК 624.04  
ББК 38.5  
С86

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Промышленное и гражданское строительство»  
«18» января 2022 г., протокол № 6

Составитель ст. преподаватель С. В. Алехнович

Рецензент ст. преподаватель Н. В. Курочкин

Методические рекомендации предназначены для студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги» заочной формы обучения. Приведены данные для выполнения аудиторной контрольной работы, обозначены ее объем и содержание, представлены примеры расчета.

Учебно-методическое издание

## СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Ответственный за выпуск	С. В. Данилов
Корректор	И. В. Голубцова
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 81 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/156 от 07.03.2019.  
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский  
университет, 2022

## Содержание

Введение .....	4
1 Задача 1. Расчет центрально-растянутых деревянных элементов.....	5
2 Задача 2. Расчет болтового соединения.....	8
3 Задача 3. Проверка прочности каменной кладки при действии усилий среза (сдвига).....	11
Список литературы.....	16
Приложение А.....	17
Приложение Б.....	20
Приложение В.....	22

## Введение

Целью учебной дисциплины «Строительные конструкции транспортных сооружений» является формирование знаний, умений и навыков у студентов, обучающихся по специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги», позволяющих применять конкретные решения в практической работе с решением задач в области проектирования и возведения зданий и сооружений на автомобильных дорогах, объемно-планировочных и конструктивных устройств зданий и сооружений, методику их расчетов, запроектированных из бетона, железобетона, стали, каменной кладки и дерева.

Целью выполнения аудиторной контрольной работы по дисциплине «Строительные конструкции транспортных сооружений» является получения студентами навыков проведения расчета каменных и сталедревянных конструкций.

Контрольной работой предусмотрено решение следующих задач:

- расчет центрально-растянутых деревянных элементов;
- расчет болтового соединения;
- проверка прочности каменной кладки при действии усилий среза (сдвига).

Исходные данные для решения задач берутся из таблиц согласно номеру зачетной книжки. Контрольная работа выполняется на бланке установленного образца, который выдается преподавателем. Выполнение и оформление контрольной работы производится в течение двух академических часов.

## 1 Задача 1. Расчет центрально-растянутых деревянных элементов

При проверке центрально-растянутых элементов (рисунок 1) должно соблюдаться условие

$$N_{t,Ed} \leq N_{t,Rd},$$

где  $N_{t,Ed}$  – расчетное значение растягивающего усилия, действующего в элементе, обусловленного внешними воздействиями;

$$N_{t,Ed} = G_k \cdot \gamma_G + Q_k \cdot \gamma_Q,$$

где  $\gamma_G$  – частный коэффициент для постоянного воздействия, равный 1,35, учитывающий возможность неблагоприятных отклонений их значений от характеристического значения;

$G_k$  – характеристическое значение постоянного воздействия;

$\gamma_Q$  – частный коэффициент для переменного воздействия, равный 1,5, учитывающий возможность неблагоприятных отклонений их значений от характеристического значения;

$Q_k$  – характеристическое значение переменного воздействия;

$N_{t,Rd}$  – расчетное значение сопротивления элемента растяжению вдоль волокон в наиболее нагруженном сечении; определяют по формуле

$$N_{t,Rd} = f_{t0d} \cdot A_{net},$$

где  $f_{t0d}$  – расчетное значение прочности древесины или материала на ее основе при растяжении вдоль волокон; определяют по формуле

$$f_{t0d} = \frac{f_{t0k} \cdot k_{mod} \cdot k_{sys} \cdot k_h}{\gamma_m},$$

где  $f_{t0k}$  – характеристическое значение прочности древесины или материала на ее основе при растяжении вдоль волокон; принимают по таблице А.1 для соответствующего материала;

$k_{mod}$  – коэффициент модификации; принимают по таблице А.2;

$k_{sys}$  – коэффициент, учитывающий перераспределение усилий в системе или материале; принимают равным 1,0;

$k_h$  – коэффициент; определяют по формуле

$$k_h = \min \left\{ \left( \frac{150}{h} \right)^{0,2}, 1,3 \right\},$$

где  $h$  – высота сечения элемента при изгибе (при растяжении вместо  $h$  подставляют ширину  $b$ ), мм; при  $h \geq 150$  мм (или  $b \geq 150$  мм)  $k_h = 1$ ;

$\gamma_m$  – частный коэффициент свойств материала или изделий; принимают по таблице А.3;

$A_{net}$  – площадь нетто поперечного сечения элемента; при определении  $A_{net}$  ослабления, расположенные на участке длиной не более 200 мм, следует принимать совмещенными в одном сечении.

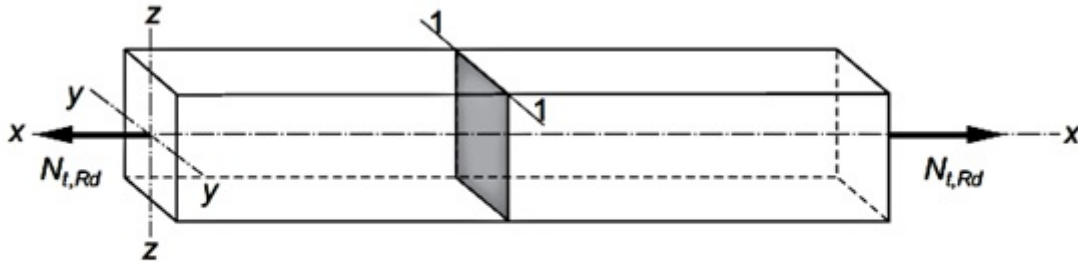


Рисунок 1 – Схема центрально-растянутого элемента

$$A_{net} = A - A_{осл},$$

где  $A$  – площадь поперечного сечения,  $A = b \cdot h$ ;

$A_{осл}$  – площадь ослаблений,

$$A_{осл} = n \cdot d \cdot b,$$

где  $n$  – количество ослаблений;

$d$  – диаметр ослаблений.

### 1.1 Условия задачи

*Дано:* постоянная нагрузка, вызванная собственным весом конструкции покрытия. Характеристическое значение постоянной нагрузки  $G_k =$  (по таблице 1) кН; переменная среднесрочная нагрузка, вызванная воздействием снега, ветра,  $Q_k =$  (по таблице 1) кН. Сечение элемента из цельной древесины  $b \times h =$  (по таблице 1) мм. Площадь поперечного сечения ослаблена двумя отверстиями диаметром 4 мм. Класс прочности древесины (по таблице 1) – в соответствии с СТБ EN 338. Класс условий эксплуатации – 2.

Проверить предельное состояние несущей способности раскоса деревянной фермы на действие осевого растягивающего усилия.

Таблица 1 – Исходные данные

Последняя цифра суммы трех последних цифр шифра										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Цифра шифра
13,2	13,8	14,0	14,5	14,9	15,3	15,6	16,1	17,4	17,8	Постоянные воздействия $G_k$ , кН
Последняя цифра шифра										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Цифра шифра
19,2	19,8	20,1	20,6	21,5	21,9	22,0	22,4	23,5	24,0	Переменные воздействия $Q_k$ , кН
Предпоследняя цифра шифра										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Цифра шифра
19	25	40	50	100	40	100	50	150	175	Высота сечения $h$ , мм
100	125	150	175	100	125	150	175	100	150	Ширина сечения $b$ , мм
Последняя цифра шифра										
C14	C16	C18	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	Класс прочности древесины

## 1.2 Пример решения задачи

Характеристические значения усилий: от постоянной нагрузки  $G_k = 11,0$  кН, от среднесрочной нагрузки  $Q_k = 17,2$  кН. Сечение элемента из цельной древесины  $100 \times 25$  мм. Класс прочности древесины – C20 в соответствии с СТБ EN 338. Класс условий эксплуатации – 2.

Для решения данной задачи используем следующий алгоритм.

**Определение геометрических характеристик поперечного сечения элемента.**

Площадь поперечного сечения

$$A = b \cdot h = 100 \cdot 25 = 2500 \text{ мм}^2;$$

$$A_{\text{осл}} = n \cdot d \cdot b = 2 \cdot 4 \cdot 100 = 800 \text{ мм}^2;$$

$$A_{\text{нет}} = A - A_{\text{осл}} = 2500 - 800 = 1700 \text{ мм}^2.$$

**Определение характеристик древесины.**

В соответствии с таблицей А.1 для класса прочности C20 характеристическое значение прочности древесины при растяжении вдоль волокон  $f_{t,0,k} = 12$  Н/мм<sup>2</sup>.

**Определение значений частных коэффициентов для воздействий и свойств материала.**

В соответствии с таблицей А.3 для древесины значение частного коэффициента свойств материала  $u_m = 1,30$ .

**Определение расчетного значения растягивающего усилия в элементе.**

Расчетное значение растягивающего усилия от постоянного и переменного воздействий определяем на основании сочетания

$$N_{t,Ed} = 11 \cdot 1,35 + 17,2 \cdot 1,5 = 40,65 \text{ кН.}$$

### Определение значений поправочных коэффициентов.

Значение коэффициента  $k_{mod}$  определяем по таблице А.2. Наиболее непродолжительным является усилие от среднесрочного воздействия. Следовательно, для класса эксплуатации 2 и среднесрочного воздействия  $k_{mod} = 0,80$ .

Для данного случая  $k_h = 1,3$ .

Значение коэффициента прочности системы в данном случае не учитывают, т. е.  $k_{sys} = 1$ .

### Проверка прочности центрально-растянутого элемента.

Расчетное значение прочности древесины при растяжении вдоль волокон

$$f_{t0d} = \frac{12 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1,3}{1,3} = 9,6 \text{ Н/мм}^2.$$

Расчетное значение сопротивления элемента растяжению вдоль волокон в наиболее нагруженном сечении

$$N_{t,Rd} = 9,6 \cdot 1700 = 16,32 \text{ кН.}$$

Так как условие не выполняется:

$$N_{t,Ed} \leq N_{t,Rd},$$

поперечное сечение размерами 100 x 25 мм с классом прочности древесины С20 элемента фермы в предельном состоянии несущей способности не соответствует требованиям ТКП EN 1995-1-1. Необходимо увеличение сечения.

## 2 Задача 2. Расчет болтового соединения

Болтовые соединения рассчитываем по категории А: срезное соединение.

В данной категории следует применять болты классов прочности 4.6–12.9. Предварительное натяжение и особые условия для контактных поверхностей не требуются.

Количество болтов  $n$  для крепления пояса стропильной фермы к колонне определяется по формуле

$$n \geq \frac{N_{Ed}}{N_{b,min}},$$

где  $N_{Ed}$  – расчетное осевое усилие;



$N_{b,\min}$  – наименьшее из значений  $N_{bs}$ ,  $N_{bp}$  и  $N_{bt}$ .

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

– при работе на срез

$$N_{bs} = f_{bs} \cdot A_b \cdot n_s \cdot \gamma_b \cdot \gamma_c;$$

– при работе на смятие

$$N_{bp} = f_{bp} \cdot d_b \cdot \sum t \cdot \gamma_b \cdot \gamma_c;$$

– при работе на растяжение

$$N_{bt} = f_{bt} \cdot A_{b,n} \cdot \gamma_c,$$

где  $f_{bs}$ ,  $f_{bp}$ ,  $f_{bt}$  – расчетные значения прочности одноболтовых соединений; принимают по таблицам Б.2–Б.4;

$A_b$ ,  $A_{b,n}$  – соответственно площадь сечения стержня болта брутто и резьбовой части нетто; принимают по таблице Б.5;

$n_s$  – число расчетных срезов одного болта; если болт соединяет две пластины, то число срезов – один (рисунок 3);

$d_b$  – наружный диаметр стержня болта;

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

$\gamma_c$  – коэффициент условий работы конструкций и элементов; определяют по таблице Б.1;

$\gamma_b$  – коэффициент условий работы болтового соединения; принимают не более 1,0.

### 2.1 Условия задачи

*Дано:* болтовое соединение пояса стропильной фермы к колонне (рисунок 2). Болты в соединении работают на срез. Класс прочности болта, диаметр болта – выбирается из таблицы 2. Класс точности элементов, соединяемых болтами, – А. Растягивающее расчетное усилие в поясе фермы  $N$ , т (выбирается из таблицы 2).

Рассчитать необходимое количество болтов для крепления пояса стропильной фермы к колонне.

Таблица 2 – Исходные данные

Последняя цифра суммы трех последних цифр шифра										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Цифра шифра
12,0	13,0	14,0	14,5	14,9	15,3	15,6	16,1	17,4	17,8	Усилие в поясе фермы $N$ , т
Последняя цифра шифра										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Цифра шифра
4,6	5,6	8,8	5,8	10,9	8,8	10,9	4,6	12,9	5,6	Класс прочности болта
16	18	20	22	24	30	32	36	42	48	Диаметр болта $d$ , мм
4	6	8	10	12	16	20	24	32	40	Толщина соединяемых элементов $t$ , мм

## 2.2 Пример решения задачи

При условии, что класс прочности болта 5, 6, плоскость среза болта проходит через резьбовую часть болта, диаметр болта 16 мм. Растягивающее расчетное усилие в поясе фермы  $N = 10$  т. Необходимое количество болтов для соединения пояса фермы к колонне определяется следующим образом.

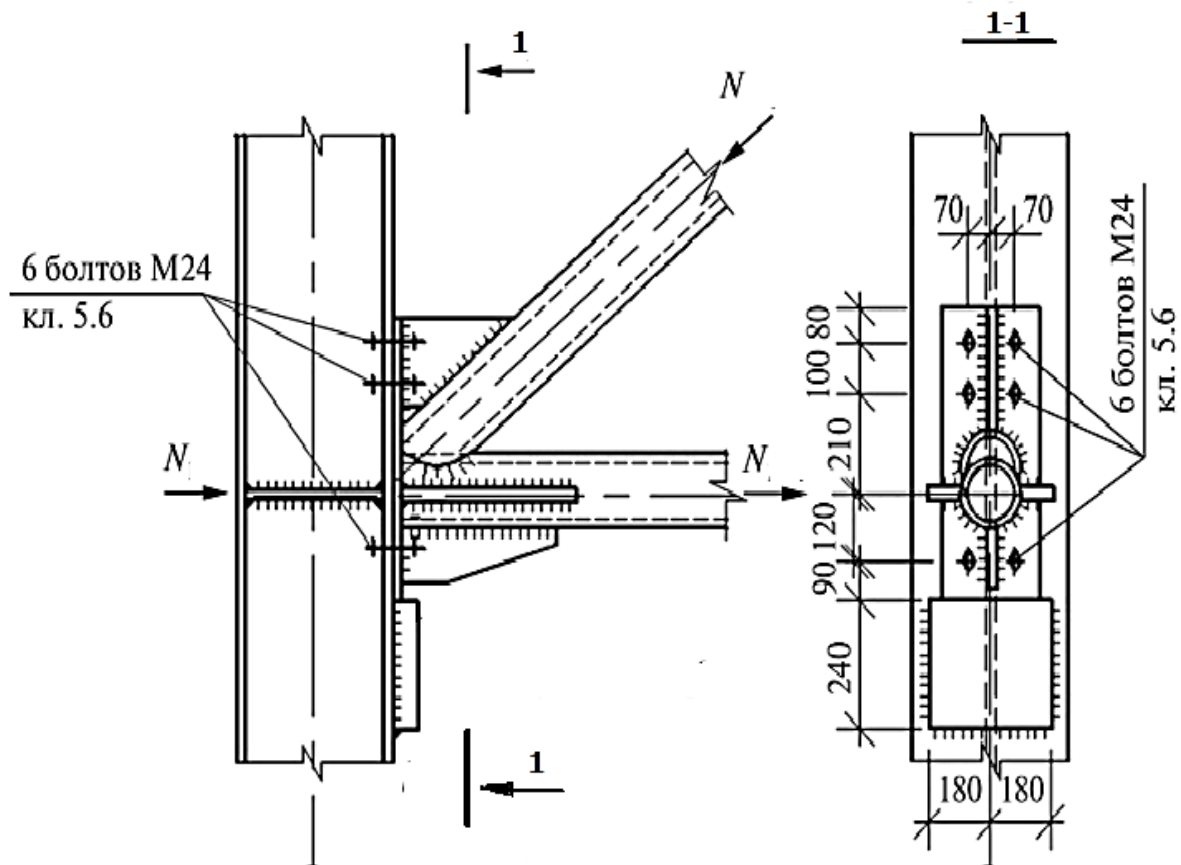
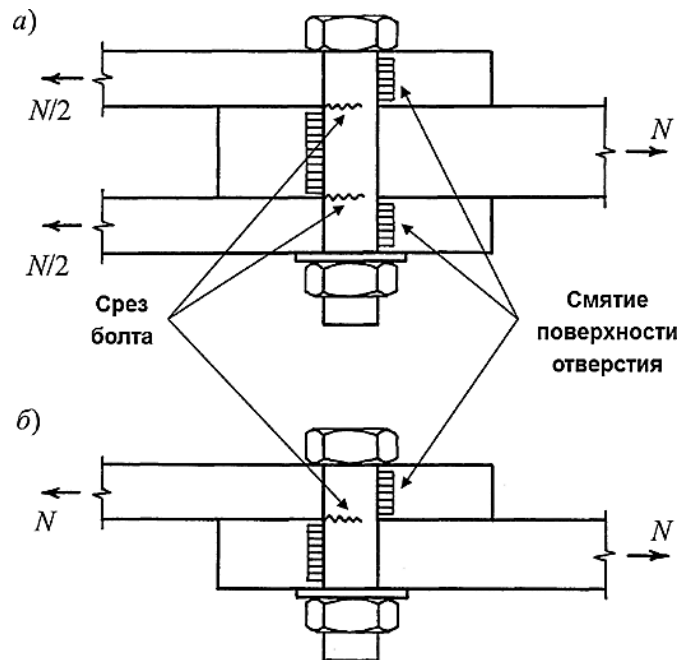


Рисунок 2 – Соединение пояса фермы к колонне



*a* – соединение трех пластин; *б* – соединение двух пластин

Рисунок 3 – Число расчетных срезов одного болта

$$N_{bs} = 210 \cdot 201 \cdot 1 \cdot 1,0 \cdot 1,1 = 46431 \text{ Н};$$

$$N_{bp} = 580 \cdot 16 \cdot 8 \cdot 1,0 \cdot 1,1 = 81664 \text{ Н};$$

$$N_{bt} = 225 \cdot 157 \cdot 1,1 = 38857,5 \text{ Н};$$

$$n = \frac{10}{38857,5} = 2,57 \text{ шт.}$$

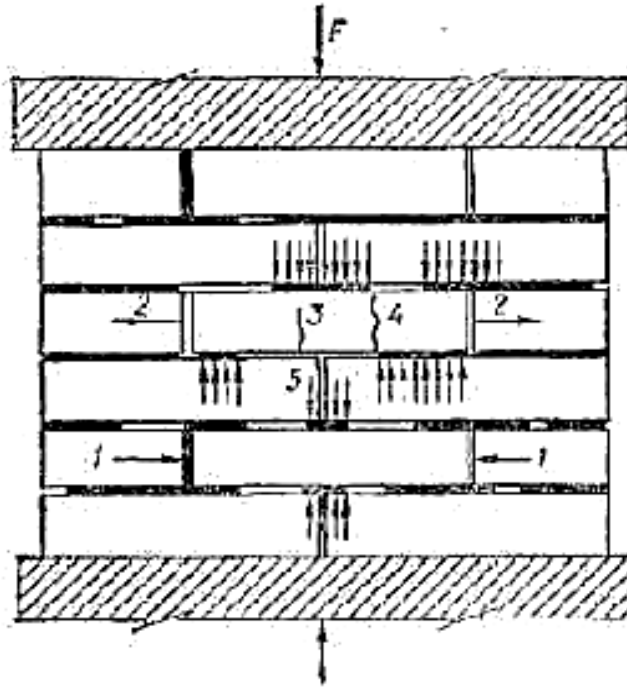
Принимаем шесть болтов диаметром 16 мм (для симметричной конструкции).

### 3 Задача 3. Проверка прочности каменной кладки при действии усилий среза (сдвига)

Камень и раствор в кладке одновременно подвержены внецентренному и местному сжатию, игибу, срезу, растяжению (рисунок 4).

Проверку предельного состояния несущей способности стен из неармированной каменной кладки при действии поперечных сил производят из условия, согласно которому расчетное значение усилия среза  $V_{Ed}$  не должно превышать расчетное значение сопротивления срезу  $V_{Rd}$  каменной кладки стены:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd}.$$



1 – сжатие; 2 – растяжение; 3 – изгиб; 4 – срез; 5 – местное сжатие

Рисунок 4 – Напряженное состояние камня в кладке

Расчетное значение усилия среза  $V_{Ed}$  определяем по формуле

$$V_{Ed} = \frac{H \cdot (\sigma_{\gamma h} + \sigma_{\gamma v})}{2},$$

где  $H$  – высота, м;

$\sigma_{\gamma h}$  – горизонтальная составляющая давления грунта, кПа;

$\sigma_{\gamma v}$  – вертикальная составляющая давления грунта, кПа;

$$\sigma_{\gamma v} = \gamma \cdot h;$$

$$\sigma_{\gamma h} = K_a \cdot \sigma_{\gamma v},$$

где  $\gamma$  – удельный вес грунта, кН/м<sup>3</sup>;

$$h \text{ – толщина, м; } h = \frac{q}{\gamma};$$

$K_a$  – коэффициент активного давления (принимают по таблице В.2);

$q$  – приведенная эквивалентная временная нагрузка от транспортных средств, кН/м<sup>2</sup>.

Расчетное значение сопротивления срезу  $V_{Rd}$  прямоугольного сечения стены из каменной кладки при действии поперечной силы определяют по формуле

$$V_{Rd} = c_v \cdot \left( \frac{l}{2} - e_{Ed} \right) \cdot t \cdot f_{vdo} + 0,4 \cdot \frac{N_{Ed}}{\gamma_m} \leq 3 \cdot \left( \frac{l}{2} - e_{Ed} \right) \cdot t \cdot f_{vd},$$

где  $c_v$  – коэффициент; принимают равным: 3 – для каменной кладки с заполненными вертикальными растворными швами; 1,5 – для каменной кладки с незаполненными вертикальными растворными швами;

$l$  – длина участка стены в направлении изгиба;

$\gamma_m$  – коэффициент (принимают по таблице В.1);

$f_{vdo}$  – расчетное значение начальной прочности на срез (при сдвиге) неармированной каменной кладки по неперевязанному сечению (горизонтальному растворному шву);

$f_{vd}$  – расчетное значение прочности на срез (при сдвиге) каменной кладки по неперевязанному сечению (горизонтальному растворному шву);

$e_{Ed}$  – эксцентриситет сжимающей вертикальной силы от действующей нагрузки в рассматриваемом поперечном сечении; определяют по формуле

$$e_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} \geq \frac{t}{6},$$

где  $M_{Ed}$  – расчетное значение изгибающего момента от действующей нагрузки в рассматриваемом поперечном сечении;

$N_{Ed}$  – расчетное значение сжимающей вертикальной силы от действующей нагрузки в рассматриваемом поперечном сечении;

$$N_{Ed} = k \cdot t \cdot b \cdot f_d,$$

где  $t$  – толщина стены;

$b$  – расчетная ширина, на которой действует полезная вертикальная нагрузка;

$f_d$  – расчетное сопротивление сжатию каменной кладки (таблица В.5);

$k$  – коэффициент (принимают по таблице В.4).

### 3.1 Условия задачи

*Дано:* береговая опора однопролетного моста из кирпича на растворе марки 20, высотой  $H$ , м (по таблице 3), толщиной  $t = 0,51$  м,  $l$  – длина стены по направлению вертикальной плоскости среза,  $l = H$ , м. Объемная масса грунта  $\gamma$ , кН/м<sup>3</sup> (по таблице 3). Расчетный угол внутреннего трения грунта  $\varphi$  в градусах (по таблице 3). Нормативное значение приведенной эквивалентной временной нагрузки от транспортных средств  $q = 40$  кН/м<sup>2</sup>, расчетное значение действующего изгибающего момента в рассматриваемом поперечном сечении  $M_{Ed}$  (по таблице 3).

Проверить береговую опору моста на прочность каменной кладки при действии усилий среза (сдвига).

Таблица 3 – Исходные данные

Последняя цифра суммы трех последних цифр шифра										Цифры шифра
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$H$ , м
2,0	2,1	2,2	2,3	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	$\gamma$ , кН/м <sup>3</sup>
17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
Последняя цифра шифра										Цифры шифра
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$\varphi$ в градусах
25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	$M_{Ed}$ , кНм
105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	

### 3.2 Пример решения задачи

Стена береговой опоры моста работает как подпорная стена. Проверить береговую опору моста на прочность каменной кладки при действии усилий среза (сдвига). Раствор кладки марки 20, высотой  $H = 2,4$  м, толщиной  $t = 0,51$  м,  $l$  – длина стены по направлению вертикальной плоскости среза,  $l = H$ , м. Объемная масса грунта  $\gamma = 16$  кН/м<sup>3</sup>. Расчетный угол внутреннего грунта трения  $\varphi = 36^\circ$ . Нормативное значение приведенной эквивалентной временной нагрузки от транспортных средств  $q = 40$  кН/м<sup>2</sup>, расчетное значение действующего изгибающего момента в рассматриваемом поперечном сечении  $M_{Ed} = 100$  кН.

Определяем приведенную толщину грунта от временной нагрузки, действующую на опору:

$$h = \frac{q}{\gamma} = \frac{40}{16} = 2,5 \text{ м.}$$

Горизонтальную и вертикальную составляющие давления грунта на 1 п. м определяем следующим образом:

$$\sigma_{\gamma v} = 2,5 \cdot 16 = 40 \text{ кН/м;}$$

$$\sigma_{\gamma h} = 0,26 \cdot 40 = 10,4 \text{ кН/м.}$$

Равнодействующая активного давления

$$V_{Ed} = \frac{2,4 \cdot (10,4 + 40)}{2} = 60,48 \text{ кН.}$$

Расчетное значение сжимающей вертикальной силы от действующей нагрузки в рассматриваемом поперечном сечении

$$N_{Ed} = 0,2 \cdot 0,51 \cdot 1 \cdot 1300 = 132,6 \text{ кН.}$$

Эксцентриситет сжимающей вертикальной силы от действующей нагрузки в рассматриваемом поперечном сечении

$$e_{Ed} = \frac{100}{132,6} = 0,75 \geq \frac{0,51}{6}.$$

Прочность расчетного прямоугольного сечения стены из кладки при действии поперечной силы  $V_{Rd}$ :

$$V_{Rd} = 3 \cdot \left( \frac{2,4}{2} - 0,75 \right) \cdot 0,51 \cdot 73,3 + 0,4 \cdot \frac{132,6}{1,5} = 85,83 \text{ кН.}$$

$f_{vdo} = 73,3$  – начальное расчетное сопротивление срезу (сдвигу) каменной кладки, равное  $f_{vko}$ , деленному на  $\gamma$ , м, в соответствии с таблицами В.1 и В.3.

Проверка прочности при действии усилий среза (сдвига). В предельном состоянии по прочности проверяют условие

$$V_{Ed} \leq V_{Rd};$$

$$60,48 \text{ кН} \leq 85,83 \text{ кН.}$$

Условие выполняется, стена выдерживает нагрузку на срез.

## Список литературы

1 **СП 5.05.01–2021**. Деревянные конструкции. Строительные правила Республики Беларусь. – Минск: М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2021. – 115 с.

2 **СП 5.04.01–2021**. Стальные конструкции. Строительные правила Республики Беларусь. – Минск: М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2021. – 152 с.

3 **СП 5.02.01–2021**. Каменные и армокаменные конструкции. Строительные правила Республики Беларусь. – Минск: М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2021. – 123 с.

4 **ТКП EN 1993-1-8–2009 (02250)**. Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Ч. 1–8: Расчет соединений. – Минск: М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2010. – 133 с.

5 **ТКП EN 1996-3–2009**. Еврокод 6. Проектирование каменных конструкций. Ч. 3: Упрощенные методы расчета для неармированных каменных конструкций. – М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2009. – 37 с.

6 **Малбиев, С. А.** Строительные конструкции: металлические конструкции, железобетонные и каменные конструкции, конструкции из дерева и пластмасс. Контроль знаний студентов: учебное пособие / С. А. Малбиев. – Москва: БАСТЕТ, 2016. – 176 с.



## Приложение А (обязательное)

Таблица А.1 – Характеристические значения прочности, жесткости и плотности цельной древесины. Классы прочности пиломатериалов

Наименование показателя	Характеристическое значение показателя для класса прочности																	
	тополя и древесины хвойных пород										древесины лиственных пород							
	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50	D30	D35	D40	D50	D60	D70
Прочности, Н/мм <sup>2</sup>																		
Изгиб $f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50	30	35	40	50	60	70
Растяжение вдоль волокон $f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30	18	21	24	30	36	42
Растяжение поперек волокон $f_{t,90,k}$	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,9
Сжатие вдоль волокон $f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29	23	25	26	29	32	34
Сжатие поперек волокон $f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	8,0	8,4	8,8	9,7	10,5	13,5
Сдвиг $f_{v,k}$	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8	3,8	3,8	3,0	3,4	3,8	4,6	5,3	6,0
Жесткости, кН/мм <sup>2</sup>																		
Среднее значение модуля упругости вдоль волокон $E_{0,mean}$	7	8	9	9,5	10	11	11	12	13	14	15	16	10	10	11	14	17	20
5-процентный квантиль модуля упругости вдоль волокон $E_{0,05}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	8,0	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7	8,0	8,7	9,4	11,8	14,3	16,8
Среднее значение модуля упругости поперек волокон $E_{90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53	0,64	0,69	0,75	0,93	1,13	1,33
Среднее значение модуля сдвига $G_{mean}$	0,44	0,50	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00	0,60	0,65	0,70	0,88	1,06	1,25

Окончание таблицы А.1

Наименование показателя	Характеристическое значение показателя для класса прочности																	
	тополя и древесины хвойных пород							древесины лиственных пород										
	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50	D30	D35	D40	D50	D60	D70
<b>Плотности, кг/м<sup>3</sup></b>																		
Плотность $\rho_k$	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460	530	560	590	650	700	900
Среднее значение плотности $\rho_{mean}$	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550	640	670	700	780	840	1080
<b>Примечания</b>																		
1	Значения прочности при растяжении, сжатии и сдвиге, 5-процентный квантиль модуля упругости, среднее значение модуля упругости поперек волокон и среднее значение модуля сдвига рассчитаны с применением формул, приведенных в СТБ EN 338 (приложение А).																	
2	Значения показателей распространяются на древесину с влажностью при температуре воздуха 20 °С и относительной влажности воздуха 65 %																	

Таблица А.2 – Значения коэффициента модификации  $k_{mod}$ 

Материал	Стандарт	Класс условий эксплуатации	Значение $k_{mod}$ для класса длительности действия нагрузки				
			Постоянная	Длительная	Среднесрочная	Кратковременная	Мгновенная
Цельная древесина	СТ5EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Клееная древесина	СТВЕН 14080	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
LVL	СТБ EN 14374	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Фанера	СТБ EN 636	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
OSB: OSB/2 OSB/3, OSB/4 OSB/3, OSB/4	СТБ EN 300	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
		2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
ДСП: P4, P5 P5 P6, P7 P7	СТБ EN 312	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
		1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
		2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
ДВП (плотные): НВ.LA, НВ. HLA1, НВ. HLA2	СТБ EN 622-2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
ДВП (средней плотности): МВН.LA1, МВН.LA2 МВН.HLS1, МВН.HLS2	СТБ EN 622-3	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		2				0,45	0,80
МДФ: MDF.LA, MDF.HLS	СТБ EN 622-5	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
						0,45	0,80
Примечание – Для материалов, выпускаемых по другим стандартам, значения $k_{mod}$ должны быть определены отдельно							

Таблица А.3 – Частные коэффициенты свойств материала  $u_m$  и сопротивлений

Основное сочетание	$u_m$
Цельная древесина	1,3
Клееная древесина	1,25
LVL, фанера, OSB	1,20
ДСП, ДВП (твердые), ДВП (средней плотности), ДВП (мягкие), MDF, соединения	1,30

## Приложение Б (обязательное)

Таблица Б.1 – Коэффициент условий работы конструкций и элементов  $\gamma_c$

Элемент конструкций	Значение коэффициента условий работы конструкций и элементов $\gamma_c$
1 Балки сплошного сечения и сжатые элементы ферм перекрытий под залами театров, клубов, кинотеатров, под трибунами, под помещениями магазинов, книгохранилищ и архивов и т. п. при переменной нагрузке, не превышающей вес перекрытий	0,9
2 Элементы конструкций из стали с пределом текучести до 440 Н/мм <sup>2</sup> , несущие статическую нагрузку, при расчете на прочность по сечению, ослабленному отверстиями для болтов (кроме фрикционных соединений)	1,1
3 Опорные плиты из стали с пределом текучести до 390 Н/мм <sup>2</sup> , несущие статическую нагрузку, толщиной, мм: до 40 включ. св. 40 “ 60 “ “ 60 “ 80 “	1,2 1,15 1,1

Таблица Б.2 – Расчетные значения прочности на смятие элементов, соединяемых болтами

Характеристическое значение предела прочности стали соединяемых элементов $f_{uk}$ , Н/мм <sup>2</sup>	Расчетные значения прочности $f_{br}$ на смятие элементов, Н/мм <sup>2</sup> , соединяемых болтами класса точности	
	А	В
360	560	475
370	580	485
380	590	500
390	610	515
430	670	565
440	685	580
450	700	595
460	720	605
470	735	620
480	750	630
490	765	645
510	795	670
540	845	710
570	890	750
590	920	775

*Примечание* – Расчетные значения прочности, указанные в таблице, вычислены по формулам раздела 6 и указаны с точностью до 5 Н/мм<sup>2</sup>

Таблица Б.3 – Характеристические и расчетные значения предела текучести и предела прочности при растяжении, сжатии и изгибе листового, широкополосного универсального, сортового проката и труб

Марка стали	Толщина проката, мм	$f_{yk}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$f_{uk}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$f_{yd}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$f_{ud}$ , Н/мм <sup>2</sup>
C235	От 2,0 до 4,0 включ.	235	360	230/225	350/345
C245	От 2,0 до 3,9 включ.	245	370	240/235	360/350
	“ 4,0 “ 30 “	235	370	230/225	360/350
C255	От 2,0 до 3,9 включ.	255	380	250/245	370/360
	“ 4,0 “ 10 “	245	380	240/235	370/360
	Св. 10 “ 20 “	245	370	240/235	360/350
	“ 20 “ 40 “	235	370	230/225	360/350
C345	От 2,0 до 10 включ.	345	490	340/330	480/470
	Св. 10 “ 20 “	325	470	320/310	460/450
	“ 20 “ 40 “	305	460	300/290	450/440
	“ 40 “ 60 “	285	450	280/270	440/430
	“ 60 “ 80 “	275	440	270/260	430/420
	“ 80 “ 160 “	265	430	260/250	420/410
C345K	От 4,0 до 10 включ.	345	470	340/330	460/450
C355	От 8,0 до 16 включ.	355	470	350/340	460/450
	Св. 16 “ 40 “	345	470	340/330	460/450
	“ 40 “ 60 “	335	470	330/320	460/450
	“ 60 “ 80 “	325	470	320/310	460/450
C355	Св. 80 до 100 включ.	315	470	310/300	460/450
	“ 100 “ 160 “	295	470	285/280	460/450

Таблица Б.4 – Характеристические значения предела прочности и предела текучести стали болтов и расчетные значения прочности одноболтовых соединений на срез и растяжение

Класс прочности болтов	$f_{buk}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$f_{byk}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$f_{bs}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$f_{bt}$ , Н/мм <sup>2</sup>
4,6	400	240	150	170
5,6	500	300	210	225
5,8	500	400	210	–
8,8	830	664	332	451
10,9	1040	936	416	561
12,9	1220	1098	4427	–

Таблица Б.5 – Площадь поперечного сечения стержня болта  $A$  и площадь сечения болта нетто  $A_{bn}$

$d$ , мм	16	18	20	22	24	27	30	36	42	48
$A$ , см <sup>2</sup>	2,01	2,54	3,14	3,80	4,52	5,72	7,06	10,17	13,85	18,09
$A_{bn}$ , см <sup>2</sup>	1,57	1,92	2,45	3,03	3,53	4,59	5,61	8,16	11,20	14,72

## Приложение В (обязательное)

Таблица В.1 – Значения частного коэффициента  $\gamma_m$  для характеристик свойств материалов

Материал	Коэффициент $\gamma_m$ для класса контроля производства работ	
	1	2
Кладочные изделия I категории для каменной кладки: на кладочном растворе заданного качества <sup>1</sup> на кладочном растворе заданного состава <sup>1</sup>	1,7	2,2
	2,0	2,5
Кладочные изделия II категории <sup>2</sup> для каменной кладки	2,2	2,7
Анкеровка арматурных стержней	2,0	2,5
Арматурная сталь	1,15	1,15
Вспомогательные изделия для каменной кладки <sup>3</sup>	2,0	2,5
Перемычки согласно СТБ EN 845-2	2,0	2,0
<p>1 Требования к кладочным растворам заданного качества и заданного состава – в соответствии с СТБ EN 998-2, СТБ 1307 и ТКП EN 1996-2.</p> <p>2 При коэффициенте вариации прочности на сжатие кладочных изделий II категории не более 25 %.</p> <p>3 Декларируемые значения являются средними значениями. Коэффициент <math>\gamma_m</math> также применяют для гидроизоляционных слоев</p>		
<p style="text-align: center;"><i>Примечание</i> – В особых расчетных ситуациях применяют значения частного коэффициента <math>\gamma_m</math>, равные: 1,3 – для каменной кладки; 1,15 – для анкерования арматурных стержней; 1,0 – для арматурной стали</p>		

Таблица В.2 – Значения коэффициента  $K_a$  для каменной кладки

$\varphi$ , град	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
$K_a$	0,41	0,39	0,38	0,36	0,36	0,33	0,32	0,31	0,30	0,28

Таблица В.3 – Характеристические значения прочности на срез (при сдвиге)  $f_{vk0}$  и предельные значения  $f_{vlt}$  каменной кладки

Вид кладочных изделий	$f_{vk0}$ , МПа, для кладочного раствора				$f_{vlt}$ , МПа	
	стандартного		тонкослойного	легкого	для кладочных изделий	
	$f_m$ , МПа	$f_{vk0}$ , МПа			1-й группы	2-й группы
Керамические	10; 15	0,35	–	0,1	1,9	1,6
	6; 8	0,2			1,8	1,4
	3; 5	0,1			1,0	0,9
	1; 2,5	0,05			0,065 $f_b$ , но не менее $f_{vk0}$	
Силикатные	10; 15	0,2	0,25	–	0,065 $f_b$ , но не менее $f_{vk0}$	
	6; 8	0,1				
	3; 5	0,05				
Из бетона на плотных и пористых заполнителях	10; 20	0,25	0,15*	0,1		
Из ячеистого бетона автоклавного твердения при $\rho_d \geq 400$ кг/м <sup>3</sup>	1,0; 2,5; 5; 10	0,1; 0,15	0,2	0,1	–	
<i>Примечание</i> –*– для керамзитобетонных кладочных изделий						

Таблица В.4 – Значения коэффициента  $K$  для каменной кладки на стандартном, тонкослойном и легком кладочных растворах

Вид изделий для каменной кладки		Коэффициент $K$ для кладочного раствора		
		стандартного	тонкослойного	легкого
Керамические	1-я группа	0,4	–	0,3
	2-я группа	0,35	–	0,25
Силикатные	1-я группа	0,4	0,5	–
	2-я группа	0,35	–	–
Из бетона на плотных и пористых заполнителях	1-я группа	0,55	0,8*	0,45
	2-я группа	0,45	–	0,45
Из ячеистого бетона автоклавного твердения	1-я группа	0,55	0,7	–
Из плотного бетона	1-я группа	0,45	–	–
Из природного камня	1-я группа	0,45	–	–
<i>Примечание</i> –*– для керамзитобетонных кладочных изделий				

Таблица В.5 – Расчетное сопротивление сжатию каменной кладки

Марка кирпича или камня	Расчетные сопротивления $f_d$ , МПа, сжатию кладки из кирпича всех видов и керамических камней со щелевидными вертикальными пустотами шириной до 12 мм при высоте ряда кладки 50...150 мм									
	при марке раствора								при прочности раствора	
	200	150	100	75	50	25	10	4	0,2	нулевой
300	3,9	3,6	3,3	3,0	2,8	2,5	2,2	1,8	1,7	1,5
250	3,6	3,3	3,0	2,8	2,5	2,2	1,9	1,6	1,5	1,3
200	3,2	3,0	2,7	2,5	2,2	1,8	1,6	1,4	1,3	1,0
150	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	1,5	1,3	1,2	1,0	0,8
125	–	2,2	2,0	1,9	1,7	1,4	1,2	1,1	0,9	0,7
100	–	2,0	1,8	1,7	1,5	1,3	1,0	0,9	0,8	0,6
75	–	–	1,5	1,4	1,3	1,1	0,9	0,7	0,6	0,5
50	–	–	–	1,1	1,0	0,9	0,7	0,6	0,5	0,35
35	–	–	–	0,9	0,8	0,7	0,6	0,45	0,4	0,25