

Государственное бюджетное профессиональное  
образовательное учреждение Республики Марий Эл

## **«ЙОШКАР-ОЛИНСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ТЕХНИКУМ»**



УТВЕРЖДАЮ  
Заместитель директора по  
учебной работе

Н.В. Щеглова  
«05» сентября 2023 г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ИЗДАНИЯ**

### **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ по выполнению практических работ по теме 2.1 Основы проектирования строительных конструкций ПМ.01 УЧАСТИЕ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ для студентов специальности среднего профессионального образования 08.02.01 СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЗДАНИЙ СООРУЖЕНИЙ (базовой подготовки)**

Йошкар-Ола  
2023

Составитель: Зыбина Е.А., преподаватель высшей квалификационной категории ГБПОУ РМЭ «ЙОСТ»

Рецензент: Васенева Е.К., преподаватель высшей квалификационной категории ГБПОУ РМЭ «ЙОСТ»

**Методические указания по выполнению практических работ темы 2.1 Основы проектирования строительных конструкций, профессионального модуля ПМ.01 Участие в проектировании зданий и сооружений для студентов специальности 08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений**

**Рассмотрена**

на заседании МЦК профессий и специальностей строительного профиля  
ГБПОУ Республики Марий Эл «Йошкар-Олинский строительный техникум»

Протокол № 1 от «05» сентября 2023 г.

Председатель МЦК \_\_\_\_\_ Е.К. Васенева

© ГБПОУ Республики Марий Эл «Йошкар-Олинский строительный техникум», 2023

# Содержание

<b>Введение</b> .....	4
Правила выполнения практических работ.....	5
Состав практических работ .....	8
Практическая работа 1.....	9
Практическая работа 2.....	11
Практическая работа 3.....	17
Практическая работа 4.....	23
Практическая работа 5.....	26
Практическая работа 6.....	30
Практическая работа 7.....	36
Практическая работа 8.....	41
Практическая работа 9.....	45
Практическая работа 10.....	52
Практическая работа 11.....	57
Практическая работа 12.....	62
Практическая работа 13.....	66
Практическая работа 14.....	71
Практическая работа 15.....	72
Список литературы .....	73
<b>Приложения</b> .....	73
<i>Приложение А</i> .....	73
<i>Приложение Б</i> .....	78
<i>Приложение В</i> .....	82
<i>Приложение Г</i> .....	83
<i>Приложение Ж</i> .....	86
<i>Приложение З</i> .....	86
<i>Приложение Е, Д</i> .....	89
<i>Приложение И</i> .....	90

## **ВВЕДЕНИЕ**

Методические указания разработаны в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС) и предназначены для организации аудиторной и самостоятельной работы студентов среднего профессионального образования специальности 08.02.01 **Строительство и эксплуатация зданий и сооружений** базовой подготовки на практических занятиях. Методические указания содержат: состав и правила выполнения практических работ, задания для студентов, указания по выполнению работы, тестовые задания для зачета и примеры выполнения работ по теме 2.1 **Основы проектирования строительных конструкций** профессионального модуля ПМ.01 **Участие в проектировании зданий и сооружений**.

Данные указания являются составной частью учебно-методического комплекса, включающего также учебник и тетрадь для решения задач.

Задания направлены на углубление, систематизацию, закрепление полученных знаний и умений, на формирование у студентов навыков самостоятельной работы, самоконтроля и могут быть использованы для проверки усвоения учебного материала.

Практические задания сопровождаются справочным материалом.

## ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

О предстоящем практическом занятии студенты узнают накануне. Они должны строго выполнить весь объем домашней подготовки, указанный в описаниях соответствующих практических работ. Выполнению работы предшествует проверка готовности студента, которая производится преподавателем.

Практические занятия всегда проводятся после изучения темы и являются элементом закрепления полученных знаний.

Перед выполнением практической работы преподаватель говорит о целях и задачах, которые стоят перед студентами. Если требуется повторение основных понятий, по изучаемой теме проводится фронтальный опрос или технический диктант. Результаты опроса анализируются, и характерные ошибки рассматриваются у доски.

К каждой практической работе приведены исходные данные, указания по выполнению работы (краткое пояснение выполнения каждого пункта). Студенты изучают указания и выполняют работу в соответствии с приведенным образцом.

Преподаватель исполняет роль консультанта. Работа считается законченной, если выполнены все пункты задания, сделаны необходимые расчеты и чертежи. Завершается работа ответом студентов на контрольные вопросы. Если они даны в виде тестовых заданий, преподаватель не проводит дополнительного собеседования, а оценивает, исходя из качества работы и правильности приведенных ответов.

При оценке практической работы учитывается:

- аккуратность графического и текстового материала;
- правильность выполнения работы и ответов на контрольные или тестовые вопросы;
- соблюдение пропорциональности и масштабности при выполнении чертежей;
- своевременную сдачу работы на проверку.

Отдельные практические работы студенты не успевают завершить на занятиях, поэтому они их заканчивают дома или в учебном кабинете во внеурочное время, или в читальном зале.

Выполненные работы сдаются на проверку на следующем занятии (через 1-2 дня). Студенты, пропустившие практические занятия, выполняют работы во внеурочное время самостоятельно по методическим указаниям.

В результате изучения темы 2.1 Основы проектирования строительных конструкций и выполнения практических работ студент должен:

иметь практический опыт:

- выполнения расчетов по проектированию строительных конструкций, оснований;

уметь:

- строить расчетную схему конструкции по конструктивной схеме;
- выполнять статический расчет;

- проверять несущую способность конструкций;
- подбирать сечение элемента от приложенных нагрузок;
- выполнять расчеты соединений элементов конструкции;
- пользоваться компьютером с применением специализированного программного обеспечения;
- знать:
  - международные стандарты по проектированию строительных конструкций, в том числе информационное моделирование зданий (BIM-технологии);
  - особенности выполнения строительных чертежей;
  - графические обозначения материалов и элементов конструкций;
  - требования нормативно-технической документации на оформление строительных чертежей;

### Критерии оценки практических работ

Оцениваемые навыки	Метод оценки	Граничные критерии оценки			
		«отлично»	«хорошо»	«удовлетворительно»	«неудовлетворительно»
Отношение к работе, организованность, дисциплина труда, плановость выполнения проекта.	Наблюдение, оценка результатов за деятельностью обучающегося в процессе выполнения чертежей. Оценка самостоятельной работы с техническими источниками. Оценка эффективности и качества выполнения профессиональных задач при реализации самостоятельной деятельности в работе над чертежами	Работа выполнена по графику, самостоятельно, с выполнением необходимых объемов, с самопроверкой.	Работа выполнена по графику, самостоятельно, с выполнением недостаточных объемов, с самопроверкой, допущены незначительные отклонения от требований стандартов СПДС и ЕСКД.	Работа выполнена с нарушением графика, с дополнительными консультациями, с выполнением недостаточных объемов, допущены незначительные отклонения от требований стандартов.	Нарушение графика проектирования, не выполнение объемов работы, отвлечения во время работы, безразличие к работе.
Навыки строить расчетную схему конструкции и по конструктивной схеме;	Оценка соответствия принятых расчетных схем конструкции, правильности выполнения статических	Отличная выбрана расчетная схема и последовательность решения задачи	Четко выбрана расчетная схема, последовательность решения задачи с	Расчетная схема выбрана с существенными ошибками последовательность	Расчетная схема выбрана с существенными ошибками последовательность

выполнять статический расчет	расчетов. Наблюдение преподавателя за ходом решения задач.		незначительными отклонениями.	решения задачи с незначительными отклонениями.	решения задачи со значительными отклонениями.
Навыки работы с учебной, нормативно-справочной литературой	Работа со СНиПами и СП, стандартами на конструкции зданий. Применение новых нормативных данных	Самостоятельность работы с указанной литературой, навыки поиска информации, использование знаний других дисциплин.	Навыки самостоятельной работы с указанной литературой, навыки поиска информации и требуют дополнительной корректировки.	Недостаточные навыки самостоятельной работы с указанной литературой, требующие дополнительных консультаций	Нет или слабые навыки работы с литературой, неумение найти необходимую информацию.
Умение обобщать, делать выводы, использовать дополнительную литературу, достижения науки и современное строительство.	Выбор, обоснованность и применение строительных конструкций в решении профессиональных задач при проектировании и строительстве зданий и сооружений. Оценка эффективности и качества выполнения профессиональных задач.	Обучающийся грамотен, использует свои знания и достижения науки при расчете строительных конструкций	Обучающийся использует свои знания и достижения науки при расчете строительных конструкций	Обучающийся испытывает недостаток знаний, не владеет достаточной информацией о достижениях науки при расчете строительных конструкций	Обучающийся не обладает достаточным объемом знаний, не умеет применить достижения науки при расчете строительных конструкций
	Эффективный поиск необходимой информации. Использование различных источников, включая электронные. Устойчивость навыков эффективного использования современных ИКТв профессиональной деятельности.	Использует новые конструкции строительные материалы в проекте, умеет изложить материал, применяя технические термины, эффективно использует современные ИКТ.	Использует новые конструкции, строительные материалы в проекте, испытывает затруднения в изложении материала, применении технических терминов	Недостаточно использует современные технологии, испытывает затруднения в изложении материала, применении технических терминов, использует современные ИКТ.	Ошибки в тексте по неграмотности, отсутствие технических терминов, незнание новых технологий, использование устаревшей информации

## СОСТАВ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

При разработке инструкционных карт для выполнения практических работ за основу были приняты рекомендации рабочей программы темы 2.1 Основы проектирования строительных конструкций модуля ПМ.01 **Участие в проектировании зданий и сооружений** 2018 года.

Полные сведения о практических работах приведены в таблице 1.

Таблица 1 - **Перечень практических работ**

Тема	Наименование работы	Количество часов
Тема 2.1.1. Основы расчета строительных конструкций	№1.Технические характеристики строительных материалов конструкций: нормативные, расчётные.	2
Тема 2.1.2. Расчёт нагрузок, действующих на конструкции	№2.Сбор нагрузок на конструкции зданий: плит покрытия и перекрытия.	2
	№3.Сбор нагрузок на конструкции зданий: фундамент.	2
Тема 2.1.3 Расчет строительных конструкций, работающих на сжатие	№4. Расчёт и конструирование центрально – сжатой стальной колонны. Конструирование узлов соединения.	4
	№5. Расчёт и конструирование деревянных стоек.	2
	№6. Расчёт и конструирование центрально – сжатой железобетонной колонны. Конструирование узлов соединения	2
	№7. Подбор сечения, проверка несущей способности каменных столбов и армокаменных столбов	4
Тема 2.1.4. Расчет строительных конструкций, работающих на изгиб	№8. Расчет стальной прокатной балки.	2
	№9. Расчёт и конструирование многопустотной железобетонной плиты перекрытия.	6
	№10. Расчет и конструирование ребристой железобетонной плиты таврового сечения	2
Тема 2.1.5. Основные принципы расчёта фундаментов	№11. Расчет и конструирование ленточного фундамента	8
	№12. Расчет и конструирование свайных фундаментов	6
	№13. Расчет осадки оснований	2
Тема 2.1.6. Расчёт и конструирование соединений элементов строительных конструкций	№14. Расчёт сварных швов, болтовых соединений стальных конструкций.	4
	Итого:	48

# ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 1

## Тема 2.1.1. Основы расчета строительных конструкций

**Наименование работы:** Технические характеристики строительных материалов конструкций: нормативные, расчётные.

**Цель работы:** научиться определять нормативные и расчетные сопротивления материалов по таблицам СП.

**Продолжительность работы:** 2 ч.

**Оснащение:** ноутбук, проектор, презентация, «Практическая работа № 1 Технические характеристики строительных материалов конструкций: нормативные, расчётные», чертёжные принадлежности, тетрадь для практических работ. Таблицы СП (СНиП).

В результате выполнения практической работы студент **должен:**

- **уметь** определять нормативные и расчетные сопротивления материалов по таблицам СП;

### Литература:

1. СП 63.13330.2018 Актуализированная редакция «СНиП 52-01-2003. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» [Текст]. — Утв. Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ 19.12.2018 г. Введен в действие с 20.06.2019 г.

2. СП 15.13330.2020 Актуализированная редакция «СНиП II-22-81\*. Каменные и армокаменные конструкции» [Текст]. — Утв. Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ 30.12.2020 г. Введен в действие с 01.07.2021 г.

3. СП 16.13330.2017 Актуализированная редакция «СНиП II-23-81\* Стальные конструкции» [Текст]. — Утв. Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ 27.02.2017 г. Введен в действие с 28.08.2017 г.

4. СП 64.13330.2017 Актуализированная редакция «СНиП II-25-80 Деревянные конструкции» [Текст]. — Утв. Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ 27.02.2017 г. Введен в действие с 28.08.2017 г.

5. Сетков В.И., Сербин Е.П. Строительные конструкции. Расчет и проектирование: Учебник. – 4-е изд., испр. и доп. – Москва: ИНФРА-М, 2023. – 447 с.

**Задание:** Найти расчетные сопротивления сжатию следующих материалов

Таблица 1 - Исходные данные

1 вариант	2 вариант
1.Сталь С 235 листовая толщиной проката 20-40мм	1.Сталь С 245 фасонная толщиной проката 2-20 мм
2.Цельная древесина, брус из пихты 1-го сорта шириной 11-13см	2.Цельная древесина, брус из дуба 2-го сорта высотой до 50 см

3.Тяжелый бетон класса В10 при нормальных условиях твердения	3.Тяжелый бетон класса В12,5 при нормальных условиях твердения
4.Стержневая горячекатаная арматура класса А-II	4.Стержневая горячекатаная арматура класса А-IV
5.Кладка из кирпича глиняного пластического прессования М150 на растворе марки 50	5.Кладка из керамических камней со щелевидными пустотами М150 на растворе марки 25
<b>3 вариант</b>	<b>4 вариант</b>
1.Сталь С 275 листовая толщиной проката 10-20мм	1.Сталь С 345 фасонная толщиной проката 20-40мм
2.Цельная древесина, бревно из ели 2-го сорта	2.Цельная древесина, брус из лиственницы 2-го сорта сечением 13*15 см
3.Тяжелый бетон класса В15 при нормальных условиях твердения	3.Тяжелый бетон класса В20 при нормальных условиях твердения
4.Стержневая горячекатаная арматура класса А-I 225	4.Стержневая горячекатаная арматура класса А-III, d=25мм 365
5.Кладка из кирпича силикатного М75 на растворе марки 50	5.Кладка из кирпича глиняногопластического прессования М75 на растворе марки 25
<b>5 вариант</b>	<b>6 вариант</b>
1.Сталь С 345фасонная толщиной проката 40-60мм	1.Сталь С 245листовая толщиной проката 20-30мм
2.Цельная древесина, бревно из клена 3-го сорта	2.Цельная древесина, брус из березы 1-го сорта сечением 13*40 см
3.Тяжелый бетон класса В25 при нормальных условиях твердения	3.Тяжелый бетон класса В30 при нормальных условиях твердения
4.Стержневая горячекатаная арматура класса А-IV	4.Стержневая горячекатаная арматура класса А-V
5.Кладка из кирпича глиняного пластического прессования М100 на растворе марки 50	5.Кладка из керамических камней со щелевидными пустотами М50 на растворе марки 25
<b>7 вариант</b>	<b>8 вариант</b>
1.Сталь С 275 листовая толщиной проката 2-10мм	1.Сталь С 345 фасонная толщиной проката 20-40мм
2.Цельная древесина, брус из акации 3-го сорта шириной 15см	2.Цельная древесина, брус из вяза 1-го сорта сечением 20*20 см 16*1.6
3.Тяжелый бетон класса В35 при нормальных условиях твердения	3. Бетон мелкозернистый класса В15 при нормальных условиях твердения
4.Проволочная арматура класса В <sub>p</sub> -I, d=5мм	4.Стержневая горячекатаная арматура класса А-III, d=8 мм
5.Кладка из кирпича силикатного М100 на растворе марки 75	5.Кладка из кирпича глиняного пластического прессования М50 на растворе марки 25
<b>9 вариант</b>	<b>10 вариант</b>
1.Сталь С 245 фасонная толщиной проката 20-30 мм	1.Сталь С 235 листовая толщиной проката 40-100мм
2.Цельная древесина, брус из граба 3-го сорта высотой 10см	2.Цельная древесина, брус из ясеня 1-го сорта сечением 10*30 см
3. Бетон мелкозернистый класса В20	3. Бетон мелкозернистый класса В25
4.Стержневая горячекатаная арматура класса А-III, d=16мм	4.Стержневая горячекатаная арматура класса А-II

5.Кладка из кирпича глиняного полусухого прессования М150 на растворе марки 50	5.Кладка из кирпича глиняного пластического прессования М200 на растворе марки 150
--	--

### Варианты ответов

1 вариант	2 вариант	3 вариант	4 вариант
1. $R_y = 220 \text{ МПа}$	1. $R_y = 240 \text{ МПа}$	1. $R_y = 260 \text{ МПа}$	1. $R_y = 300 \text{ МПа}$
2. $R_c = 15 * 0.8$	2. $R_c = 13 * 2$	2. $R_c = 16 \text{ МПа}$	2. $R_c = 13 * 2 \text{ МПа}$
3. $R_b = 6.0 \text{ МПа}$	3. $R_b = 7.5 \text{ МПа}$	3. $R_b = 8.5 \text{ МПа}$	3. $R_b = 11.5 \text{ МПа}$
4. $R_s = 280 \text{ МПа}$	4. $R_s = 450 \text{ МПа}$	4. $R_s = 225 \text{ МПа}$	4. $R_s = 365 \text{ МПа}$
5. $R = 1.8 \text{ МПа}$	5. $R = 1.7 \text{ МПа}$	5. $R = 1.3 \text{ МПа}$	5. $R = 1.1 \text{ МПа}$
5 вариант	6 вариант	7 вариант	8 вариант
1. $R_y = 280 \text{ МПа}$	1. $R_y = \text{нет}$	1. $R_y = 270 \text{ МПа}$	1. $R_y = 315 \text{ МПа}$
2. $R_c = 16 \text{ МПа}$	2. $R_c = 11 * 1.6 \text{ МПа}$	2. $R_c = 10 * 2.2$	2. $R_c = 16 * 1.6$
3. $R_b = 14.5 \text{ МПа}$	3. $R_b = 17 \text{ МПа}$	3. $R_b = 19.5 \text{ МПа}$	3. $R_b = 8.5 \text{ МПа}$
4. $R_s = 450 \text{ МПа}$	4. $R_s = 500 \text{ МПа}$	4. $R_s = 375 \text{ МПа}$	4. $R_s = 355 \text{ МПа}$
5. $R = 1.5 \text{ МПа}$	5. $R = 0.9 \text{ МПа}$	5. $R = 1.7 \text{ МПа}$	5. $R = 0.9 \text{ МПа}$
9 вариант	10 вариант	Критерии оценки	
1. $R_y = 360 \text{ МПа}$	1. $R_y = 350 \text{ МПа}$	5 правильных ответов - «5»	
2. $R_c = 8.5 * 2 \text{ МПа}$	2. $R_c = 16 * 2 \text{ МПа}$	4 правильных ответа - «4»	
3. $R_b = 11.5 \text{ МПа}$	3. $R_b = 14.5 \text{ МПа}$	3 правильных ответа - «3»	
4. $R_s = 365 \text{ МПа}$	4. $R_s = 280 \text{ МПа}$	2 правильных ответа - «2»	
5. $R = 1.8 \text{ МПа}$	5. $R = 3.0 \text{ МПа}$		

**Пример 1:** Найти расчетные сопротивления следующих материалов:

Дано:

- Сталь С 235 толщиной проката 2-20мм
- Цельная древесина, брус из сосны 2-го сорта размером 20x20см
- Тяжелый бетон класса В20 при нормальных условиях твердения
- Стержневая горячекатаная арматура класса А-II
- Кладка из кирпича глиняного пластического прессования М100 на цементно-известковом растворе марки 75

Решение:

Находим расчетные сопротивления сжатию:

- для стали, извлечение из табл. 51\* СП 16.13330.2011, (Приложение А, табл.1)
  - $R_y = 240 \text{ МПа}$ ;
- для бруса, извлечение из табл. 3 СП 64.13330.2011 (Приложение А, табл.4,5)
  - $R_c = 15 \text{ МПа}$ ;
- для бетона, извлечение из табл. 13 СП 63.13330.2012 (Приложение А, табл.2)
  - $R_b = 11,5 \text{ МПа}$ ;
- для стержневой арматуры, извлечение из табл. 22\* СП 63.13330.2012 (Приложение А, табл.3) -  $R_s = 365 \text{ МПа}$ ;

- для кирпичной кладки, извлечение из табл. 2 СП 15.13330.2012 (Приложение А, табл.6) -  $R = 1,7\text{МПа}$ ;

### Условия выполнения задания

1. Максимальное время выполнения задания: 30 мин.
2. Вариант для ответа определяется случайным образом. Необходимо найти расчетные сопротивления материалов по табл. СНиП (приложение А).
3. Вы можете воспользоваться: СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции»; СП 15.13330.2020 «Каменные и армокаменные конструкции»; СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции»; СП 64.13330.2017 «Деревянные конструкции»; Сетков В.И., Сербин Е.П. «Строительные конструкции. Расчет и проектирование: Учебник. – 4-е изд., испр. и доп. – Москва: ИНФРА-М, 2023. – 447 с. (с.32-47).

### Тестовые задания для зачета

1. При определении расчетного сопротивления листовой стали  $R$  буквами  $y$ ;  $u$  обозначается...

#### Выберите один правильный ответ

- а) расчетное сопротивление по пределу текучести.
- б) расчетное сопротивление по временному сопротивлению.
- в) расчетное сопротивление по временному сопротивлению и по пределу текучести.
- г) расчетное сопротивление по пределу текучести и по временному сопротивлению.

Ответ: \_\_\_\_\_

2. Проставьте линиями связи между объектами:

1. $R_y$	Кирпичная кладка
2. $R_c$	Бетон
3. $R$	Сталь
4. $R_b$	Древесина
5. $R_s$	Арматура

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2

### Тема 2.1.2. Расчёт нагрузок, действующих на конструкции.

**Наименование работы:** Сбор нагрузок на конструкции зданий: плит покрытия и перекрытия.

**Цель работы:**

- научиться определять массу материала по нормативным данным;
- получить практические навыки по составлению таблиц ;
- получить практические навыки по сбору нагрузки .

**Продолжительность работы:** 2 ч.

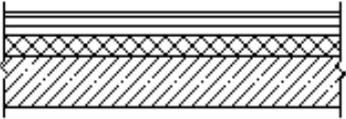
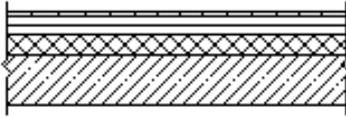
**Оснащение:** ноутбук, проектор, интерактивная доска, «Практическая работа № 2. Сбор нагрузок на плиту перекрытия», чертёжные принадлежности, тетрадь для практических работ.

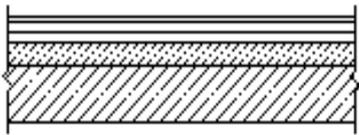
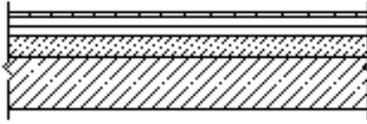
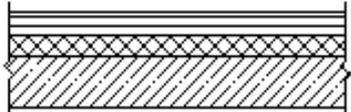
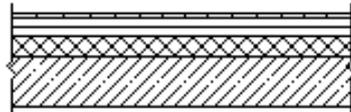
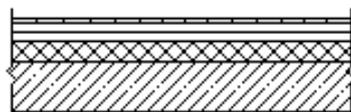
В результате выполнения практической работы студент **должен:**

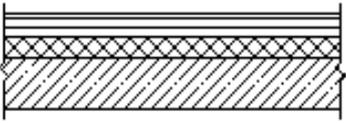
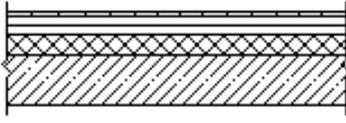
- **иметь** практический **опыт** выполнения расчетов по проектированию строительных конструкций, оснований;
- **уметь** выполнять расчеты нагрузок, действующих на конструкции;
- **знать** международные стандарты по проектированию строительных конструкций.

**Литература:** Сетков В.И., Сербин Е.П. Строительные конструкции. Расчет и проектирование: Учебник. – 4-е изд., испр. и доп. – Москва: ИНФРА-М, 2023. – 447 с.

**Исходные данные:** Схемы полов

Тип пола	Схема пола или тип пола по серии	Данные элементов пола (наименование, толщина и др.)
1		1. Линолеум ГОСТ 7251-77 – 5 мм 2. Стяжка из цементно-песчаного раствора М150 20 мм 3. Керамзитобетон М75 50мм 4. 2 слоя полиэтиленовой пленки 5. Пенополистирол ПСБ-С 35 Ф ГОСТ 15588-86 80 мм 6. железобетонное перекрытие ПК
2		1. Керамическая плитка на цементно-песчаном растворе М150 20 мм 2. Стяжка из цементно-песчаного раствора М150 20 мм 3. Керамзитобетон М75 50мм 4. 2 слоя полиэтиленовой пленки 5. Пенополистирол ПСБ-С 35 Ф ГОСТ 15588-86 80 мм

		6. Железобетонное перекрытие – 220 мм
3		1. Линолеум ГОСТ 7251-77 – 5 мм 2. Стяжка из цементно-песчаного раствора М150 t=20 мм; p= 3. Керамзитобетон М75 t= 50мм; p= 4. Железобетонное перекрытие ПК
4		1. Керамическая плитка на цементно-песчаном растворе М150 t=20 мм; p= 2. Стяжка из цементно-песчаного раствора М150 t= 20 мм; p= 3. 2 слоя полиэтиленовой пленки 4. Керамзитобетон М75 t=60мм; p= 5. Железобетонное перекрытие – 220 мм
5		1. Линолеум ГОСТ 7251-77 – 5 мм 2. Стяжка из цементно-песчаного раствора М150 t=20 мм; p= 3. Керамзитобетон М75, t= 50мм; p= 4. Один слой рубероида 5. Пенополистирол ПСБ-С 35 Ф ГОСТ 15588-86 t=80 мм; p=35 кг/м <sup>3</sup> 6. железобетонное перекрытие ПК
6		1. Керамическая плитка на цементно-песчаном растворе М150 t= 20 мм; p = 2. Стяжка из цементно-песчаного раствора М150 t= 30 мм; p = 3. Керамзитобетон М75 t=60мм; p = 4. Пенополистирол ПБС-С 35Ф ГОСТ 15588-86 t=100 мм; p=35 кг/м <sup>3</sup> 5. Железобетонное перекрытие ПК
7		1. Линолеум ГОСТ 7251-77 – 5 мм 2. Стяжка из цементно-песчаного раствора М150 t=20 мм; p = 3. Керамзитобетон М75, t= 50мм; p = 4. Один слой рубероида 5. Пенополистирол ПСБ-С 35 Ф ГОСТ 15588-86 t=80 мм; p=35 кг/м <sup>3</sup> 6. железобетонное перекрытие ПК
8		1. Керамическая плитка на цементно-песчаном растворе М150 t= 20 мм; p= 2. Стяжка из цементно-песчаного раствора М150 t= 30 мм; p= 3. Керамзитобетон М75 t=60мм; p= 4. Пенополистирол ПБС-С 35Ф ГОСТ 15588-86

		t=100 мм; p=35 кг/м <sup>3</sup> 5. Железобетонное перекрытие ПК
9		1. Линолеум ГОСТ 7251-77 – 5 мм 2. Стяжка из цементно-песчаного раствора М150 t=20 мм; p= 3. Керамзитобетон М75, t= 50мм; p= 4. Один слой рубероида 5. Пенополистирол ПСБ-С 35 Ф ГОСТ 15588-86 t=80 мм; p=35 кг/м <sup>3</sup> 6. железобетонное перекрытие ПК
10		1. Керамическая плитка на цементно-песчаном растворе М150 t= 20 мм; p= 2. Стяжка из цементно-песчаного раствора М150 t= 30 мм; p= 3. Керамзитобетон М75 t=60мм; p= 4. Пенополистирол ПБС-С 35Ф ГОСТ 15588-86 t=100 мм; p=35 кг/м <sup>3</sup> 5. Железобетонное перекрытие ПК

### Указания по выполнению работы:

1. Переписать информацию со схемы полов в первую колонку таблицы 2 с указанием материала, толщины слоя, плотности (Приложение Б, табл.1).
2. Выбрать формулу подсчета ( $m \cdot g$  или  $t \cdot p \cdot g$ ) колонка 2, подставить данные, посчитать, ответ записать в колонку 3 «Нормативная нагрузка».
3. Установить коэффициент надежности по нагрузке  $\gamma_f$  (Приложение Б, табл.3)
4. Найти расчетную нагрузку, колонка 5, умножив нормативную нагрузку на коэффициент надежности по нагрузке  $\gamma_f$ .
5. Определить сумму постоянных нормативных нагрузок -  $q_n$  и расчетных -  $q$  (Па)
6. Установить временную полезную нагрузку на перекрытие ( Приложение Б, табл.2)
7. Установить коэффициент надежности по нагрузке  $\gamma_f$  (Приложение Б, табл.4)
8. Определить полную расчетную нагрузку на перекрытие (Всего)  $q_{\text{перекрытия}}$

Таблица 2 - Сбор нагрузки на один квадратный метр перекрытия

Наименование нагрузки	Подсчет нагрузки	Нормативная нагрузка (Па)	$\gamma_f$	Расчетная нагрузка (Па)
1	2	3	4	5
<b>1. Постоянные нагрузки</b>				
	$tpg =$			
	$mg =$			
Итого		$q_n =$	-	$q =$
<b>2. Временные нагрузки</b>				
Полезная нагрузка на перекрытие	-	$p_n =$		$p =$
Всего		$q^n_{\text{перекрытия}} = q_n + p_n$ (Па)		$q_{\text{перекрытия}} = q + p$ (Па)

**Пример:** Определить нагрузку на плиту перекрытия жилого дома

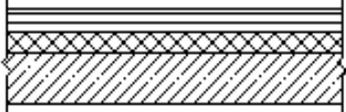
Варианты	Схема пола	Данные элементов пола (наименование, толщина и др.)
1		1.Бетонные плитки t = 35 мм p = 2.Цементно-песчаный раствор t = 30 мм p = 3.Пустотная плита ПК

Таблица 2 - Сбор нагрузки на один квадратный метр перекрытия

Наименование нагрузки	Подсчет нагрузки	Нормативная нагрузка (Па)	$\gamma_f$	Расчетная нагрузка (Па)
<b>1.Постоянные нагрузки</b>				
1.Бетонные плитки t = 0.035 м p = 2400 кг /м <sup>3</sup>	t p'g = 0, 035*2400*10=	840	1,2	1010
2.Цементно-песчаный раствор t = 0.030 мм p = 1800 кг /м <sup>3</sup>	t p'g = 0, 030*1800*10=	540	1,3	700
3.Пустотная плита ПК	m'g = 250*10=	2500	1,1	2750
Итого		$q_n = 3880$	-	$q = 4460$
<b>2.Временные нагрузки</b>				
Полезная нагрузка на перекрытие	-	p <sub>n</sub> = 1500	1,3	p = 1950
Всего		$q^n_{\text{перекрытия}} = 5380\text{Па}$		$q_{\text{перекрытия}} = 6410\text{Па}$

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3

### Тема 2.1.2. Расчёт нагрузок, действующих на конструкции.

**Наименование работы:** Сбор нагрузок на конструкции зданий: фундамент.

**Цель работы:** - научиться определять массу материала по нормативным данным;

- получить практические навыки по составлению таблиц;
- получить практические навыки по сбору нагрузки.

**Продолжительность работы:** 2 ч.

**Оснащение:** ноутбук, проектор, интерактивная доска, «Практическая работа № 3. Сбор нагрузок на ленточный фундамент», чертёжные принадлежности, тетрадь для практических работ.

В результате выполнения практической работы студент **должен:**

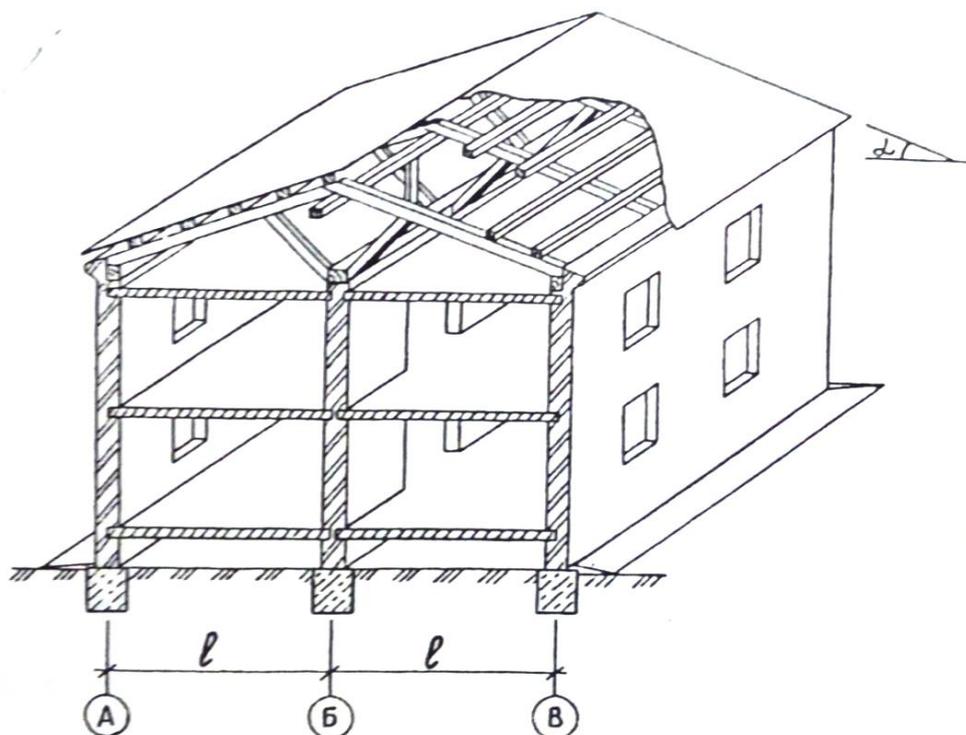
- **иметь** практический **опыт** выполнения расчетов по проектированию строительных конструкций, оснований;
- **уметь** выполнять расчеты нагрузок, действующих на конструкции;
- **знать** международные стандарты по проектированию строительных конструкций.

**Литература:** Сетков В.И., Сербин Е.П. Строительные конструкции. Расчет и проектирование: Учебник. – 4-е изд., испр. и доп. – Москва: ИНФРА-М, 2023. – 447 с.

**Исходные данные:** курсовой проект по темы 1.3 Архитектура зданий.

### Указания по выполнению работы:

Сбор нагрузок на 1 м длины ленточного фундамента под внутреннюю стену по оси Б.



Грузовая площадь покрытия и перекрытия составляет  $A = l \cdot 1 \text{ м}$

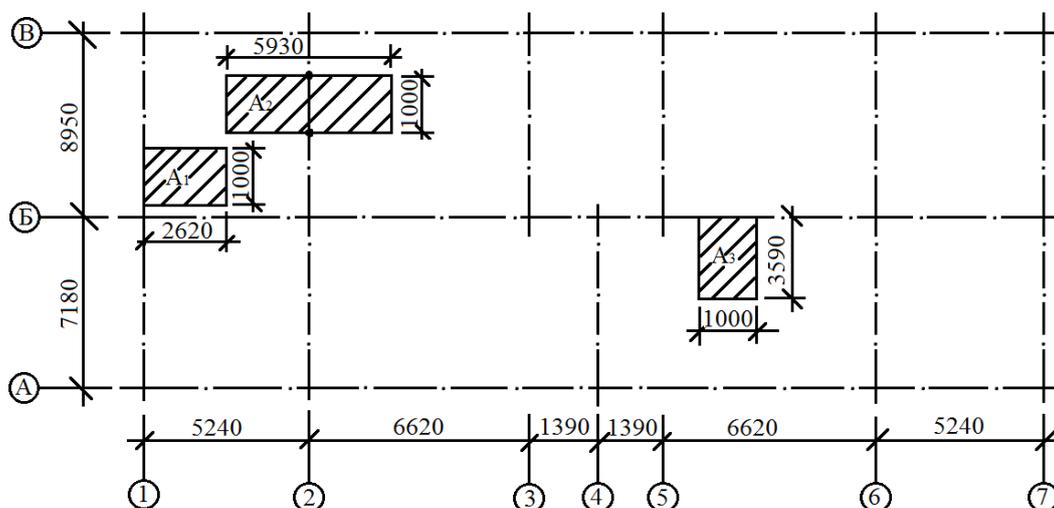
Вид нагрузки	Подсчет	Нормативная нагрузка, Н	Коэффициент надежности по нагрузке, $\gamma_f$	Расчетная нагрузка, Н
<b>Постоянные нагрузки</b>				
<b>I. От покрытия</b>				
1. Асбестоцементные листы	$(m \cdot A \cdot 10) / \cos \alpha$ , где m - масса $1 \text{ м}^2$ слоя / см. приложение Б, табл.1/ A - грузовая площадь покрытия, $\text{м}^2$ $\alpha$ - уклон кровли 10 - ускорение свободного падения	$g_1^n$	Значения коэффициентов см. приложение Б, табл.3	$g_1$
2. Обрешетка сечением $b \cdot h$ и шагом $\alpha$	$(b \cdot h \cdot p \cdot 10 \cdot A) / (a \cdot \cos \alpha)$ P – плотность, $\text{кг} / \text{м}^3$ , / см. приложение Б, табл.1/	$g_2^n$		$g_2$
3. Стропильные ноги сечением $A_1$ и шагом $\alpha$	$(A_1 \cdot p \cdot 10 \cdot A) / (a \cdot \cos \alpha)$ $A_1$ - площадь сечения стропильной ноги, $\text{м}^2$	$g_3^n$		$g_3$
4. Коньковый прогон сечением $A_1$	$A_1 \cdot p \cdot 1 \text{ м} \cdot 10$	$g_4^n$		$g_4$
5. Стойки сечением $A_1$ , длиной $l$ и шагом $\alpha$	$(A_1 \cdot p \cdot 1 \text{ м} \cdot 1 \cdot 10) / \alpha$	$g_5^n$		$g_5$
6. Лежень сечением $A_1$	$A_1 \cdot p \cdot 1 \text{ м} \cdot 10$	$g_6^n$		$g_6$
Итого:	$N_I^n = g_1^n + g_2^n + g_3^n + g_4^n + g_5^n + g_6^n$		$N_I = g_1 + g_2 + g_3 + g_4 + g_5 + g_6$	
<b>II. От чердачного перекрытия</b>				
1. Стяжка/корка/	$t \cdot A \cdot p \cdot 10$ t - толщина слоя, м	$g_1^n$	Значения коэффициентов см. приложение Б, табл.3	$g_1$
2. Утеплитель	$t \cdot A \cdot p \cdot 10$	$g_2^n$		$g_2$
3. Пароизоляция	$n \cdot m \cdot A \cdot 10$ n - количество слоев	$g_3^n$		$g_3$
4. Плита перекрытия	$m \cdot A \cdot 10$	$g_4^n$		$g_4$
Итого:	$N_{II}^n = g_1^n + g_2^n + g_3^n + g_4^n$		$N_{II} = g_1 + g_2 + g_3 + g_4$	
<b>III. От междуэтажного перекрытия</b>				
1. Покрытие поверхностное	$m \cdot A \cdot 10$ A - грузовая площадь, $\text{м}^2$	$g_1^n$	Значения коэффициентов см. приложение Б, табл.3	$g_1$
2. Прослойка связующая	$t \cdot A \cdot p \cdot 10$	$g_2^n$		$g_2$
3. Выравнивающий слой	$t \cdot A \cdot p \cdot 10$	$g_3^n$		$g_3$
4. Звуко-	$t \cdot A \cdot p \cdot 10$	$g_4^n$		$g_4$

теплоизолирующий слой				
5.Плита перекрытия	$m \cdot A \cdot 10$	$g_5^n$		$g_5$
Итого	$N_{III}^n = g_1^n + g_2^n + g_3^n + g_4^n + g_5^n$		$N_{III} = g_1 + g_2 + g_3 + g_4 + g_5$	
IV.От стены Из штучных материалов (кирпич)	$t \cdot H \cdot p \cdot 10$ t-толщина стены, м; H- высота стены, м	$N_{IV}^n$		$N_{IV}$
Всего постоянные	$N_g^n = N_I^n + N_{II}^n + n \cdot N_{III}^n + N_{IV}^n$ $N_g = N_I + N_{II} + n \cdot N_{III} + N_{IV}$ где n- количество перекрытий			
<b>Временные нагрузки</b>				
V. Снеговая		-		-
Va/ при полном значении		$N_{V(a)}^n = S \cdot A \cdot 0,7$	-	$N_{V(a)} = S \cdot A$
Vб/ при пониженном значении	где S-см приложение 3	$N_{V(б)}^n = S \cdot A \cdot 0,7$	-	$N_{V(б)} = S \cdot A$
VI. Полезная на чердачном перекрытии	$P \cdot A$ где P- см. приложение Б, табл.2	$N_{VI(a)}^n$	Значение коэффициентов см. приложение Б, табл.4	$N_{VI(a)}$
VII. Полезная на перекрытии		-		-
VIIa/при полном значении	$P \cdot A$	$N_{VII(a)}^n$		$N_{VII(a)}$
VIIб/ при пониженном значении	$P \cdot A$	$N_{VII(б)}^n$		$N_{VII(б)}$
Полная нагрузка на участок фундамента длиной 1 м:				
нормативная при пониженном значении временных нагрузок ( для определения размеров подошвы фундамента и осадки основания )		$N^n = N_g^n + (N_{V(б)}^n + n \cdot N_{VII(б)}^n) : \varphi_1$		
расчетная при полном значении временных нагрузок (для расчетов на прочность)		$N = ( N_g + ( N_{4(a)} + N_{VI} + n \cdot N_{VII(a)} ) ) : \varphi_2$		
$\varphi_1, \varphi_2$ - коэффициенты сочетания нагрузок; $\varphi_1 = 0.95$ $\varphi_2 = 0.9$ n- количество перекрытий				

## Пример расчета

### Сбор нагрузок на фундамент.

#### Определение грузовых площадей по осям фундаментов



Сбор нагрузок на один метр длины ленточного фундамента под внутреннюю стену по оси 2.

Грузовая площадь покрытия и перекрытия:  $A_2 = \ell \times 1i = 5,93 \times 1 = 5,93i^2$

Грузовая площадь стены:  $A = 1 \times 15 = 15m^2$

Таблица 1 – Сбор нагрузок на один метр фундамента по оси 2

Вид нагрузки	Подсчет	Нормативная нагрузка, Н	Коэффициент надежности и по нагрузке	Расчетная нагрузка, Н
Постоянные I. От покрытия 1. Металлочерепица	$\frac{m \times A \times 10}{\cos \alpha} = \frac{7,5 \times 5,93 \times 10}{0,9}$	$q_1^n = 494,17$	1,05	$q_1 = 518,88$
2. Обрешетка сечением 0,05 × 0,05 м и шагом 0,35 м	$\frac{b \times h \times \rho \times 10 \times A}{a \times \cos \alpha} = \frac{0,05 \times 0,05 \times 600 \times 10 \times 5,93}{0,35 \times 0,9}$	$q_2^n = 288,73$	1,1	$q_2 = 251,60$
3. Стропильные ноги сечением $A_1 = 0,1 \times 0,15$ м и шагом $a = 1,2$ м	$\frac{A_1 \times \rho \times 10 \times A}{a \times \cos \alpha} = \frac{0,1 \times 0,15 \times 600 \times 10 \times 5,93}{1,2 \times 0,9}$	$q_3^n = 400,28$	1,1	$q_3 = 440,31$
4. Коньковый прогон сечением $A_1 = 0,2 \times 0,15$ м	$A_1 \times \rho \times 1m \times 10 = 0,2 \times 0,15 \times 600 \times 1 \times 10$	$q_4^n = 180$	1,1	$q_4 = 198$

5. Стойки сечением $A_1=0,1 \times 0,1$ , длиной $\ell=6\text{м}$ и шагом $a=1,2\text{м}$	$\frac{A_1 \times \ell \times \rho \times 1\text{м} \times 10}{a} =$ $\frac{0,1 \times 0,1 \times 6 \times 600 \times 1 \times 10}{1,2}$	$q_5^n=300$	1,1	$q_5=330$
6. Лежень сечением $A_1=0,1 \times 0,15\text{м}$	$A_1 \times 1\text{м} \times \rho \times 10 =$ $0,1 \times 0,15 \times 1 \times 600 \times 10$	$q_6^n=90$	1,1	$q_6=99$
Итого:	$N_I^n = \sum_1^6 q^n == 1693,18$			$N_I = \sum_1^6 q == 1837,79$
II. От чердачного перекрытия				
1. Стяжка из цементно-песчаного раствора $t=0,03\text{м}$	$t \times A \times \rho \times 10 =$ $0,03 \times 5,93 \times 2000 \times 10$	$q_1^n=3558$	1,2	$q_1=4269,6$
2. Утеплитель пенополистирол $t=0,25\text{м}$ , $\rho=2500\text{кг/м}^3$	$t \times A \times \rho \times 10 =$ $0,25 \times 5,93 \times 80 \times 10$	$q_2^n=1186$	1,2	$q_2=1423,2$
3. Пароизоляция 1 слой рубероида $n=1$	$n \times m \times A \times 10 =$ $1 \times 1,7 \times 5,93 \times 10$	$q_3^n=100,81$	1,2	$q_3=120,97$
4. Плита перекрытия	$m \times A \times 10 = 250 \times 5,93 \times 10$	$q_4^n=14825$	1,2	$q_4=17790$
Итого:	$N_{II}^n = \sum_1^4 q^n == 19669,81$			$N_{II} = \sum_1^4 q == 23603,77$
III. От междуэтажного перекрытия				
1. Линолеум	$m \times A \times 10 = 6 \times 5,93 \times 10$	$q_1^n=355,8$	1,2	$q_1^n=426,96$
2. Стяжка из цементно-песчаного раствора М150-20мм	$t \times A \times \rho \times 10 =$ $0,02 \times 5,93 \times 2000 \times 10$	$q_2^n=2372$	1,2	$q_2^n=2846,4$
3. Керамзитобетон $\gamma = 1100\text{ кг/м}^3$ М75-0,05м	$t \times A \times \rho \times 10 =$ $0,05 \times 5,93 \times 900 \times 10$	$q_3^n=2668,5$	1,2	$q_3^n=3202,2$
4. Пенополистирол $t=0,08\text{м}$	$t \times A \times \rho \times 10 =$ $0,08 \times 5,93 \times 20 \times 10$	$q_4^n=94,88$	1,2	$q_4^n=113,86$
5. Железобетонное перекрытие 0,22м.	$m \times A \times 10 =$ $250 \times 5,93 \times 10$	$q_5^n=14825$	1,2	$q_5^n=17790$
IV. От стены внутренний слой 380мм	$t \times A \times \rho \times 10 =$ $0,38 \times 15 \times 1900 \times 10$	$q_6^n=108300$	1,1	$q_6^n=119130$
утеплитель пенополистирол 130мм	$t \times A \times \rho \times 10 =$ $0,13 \times 15 \times 20 \times 10$	$q_7^n=390$	1,2	$q_7^n=468$
наружный слой 120мм	$t \times A \times \rho \times 10 =$ $0,12 \times 15 \times 1900 \times 10$	$q_8^n=34200$	1,1	$q_8^n=37620$
Всего постоянные:	$N_q^n = N_I^n + N_{II}^n + N_{III}^n \times n + N_{IV}^n =$ $= 184568,54$			$N_q = N_I + N_{II} + N_{III} \times n + N_{IV} =$ $= 207038,98$

V. Временные Снеговая а) при полном значении	$S \times A \times 0,7 =$ $1800 \times 5,93 \times 0,7$	$q_1^n = 7471,8$		$q_1^n = 8966,16$
б) при пониженном значении	$S \times A \times 0,7 =$ $900 \times 5,93 \times 0,7$	$q_2^n = 3735,9$		$q_2^n = 4483,08$
VI. Полезная на чердачном перекрытии	$\rho \times A = 700 \times 5,93$	$q_3^n = 4151$	1,2	$q_3^n = 4981,2$
VII. Полезная на перекрытии а) при полном значении	$\rho \times A = 1500 \times 5,93$	$q_4^n = 8895$	1,3	$q_4^n = 11563,5$
б) при пониженном значении	$\rho \times A = 300 \times 5,93$	$q_5^n = 1779$	1,3	$q_5^n = 2312,7$

Полная на участке фундамента длиной 1м:

**нормативная** при пониженном значении временных нагрузок (для определения размеров подошвы и осадки основания).

$$N^n = N_g^n + (N_{V(\sigma)}^n + n \times N_{VII(\sigma)}^n) \times \psi_1 = 184568,54 + (3735,9 + 5 \times 1779) \times 0,95 = 196567,89H$$

**расчетная** при полном значении временных нагрузок (для расчетов на прочность).

$$N = N_g + (N_{V(a)} + N_{VI} + n \times N_{VII(a)} \times \psi_{A,n}) \times \psi_2 =$$

$$207038,98 + (8966,16 + 4981,2 + 5 \times 11563,5 \times 1) \times 0,9 = 271627,35H$$

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4

### Тема 2.1.3 Расчет строительных конструкций, работающих на сжатие

**Наименование работы:** Расчёт и конструирование центрально – сжатой стальной колонны. Конструирование узлов соединения.

**Цель работы:** - научиться выбирать сжатые элементы по конструктивным признакам;

- получить практические навыки по выбору расчетных характеристик по таблицам СП;

- получить практические навыки по расчету колонн и умению пользоваться формулами.

- получить практические навыки по конструированию узлов соединений колонн.

**Продолжительность работы:** 4 ч

**Оснащение:** ноутбук, проектор, экран, презентация «Практическая работа № 4. Расчёт и конструирование центрально – сжатой стальной колонны», чертёжные принадлежности, тетрадь для практических работ.

В результате выполнения практической работы студент должен:

– **иметь** практический **опыт** выполнения расчетов по проектированию строительных конструкций, оснований;

– **уметь** строить расчетную схему конструкции по конструктивной схеме; выполнять статический расчет; проверять несущую способность конструкций; подбирать сечение элемента от приложенных нагрузок; выполнять расчеты соединений элементов конструкции; пользоваться компьютером с применением специализированного программного обеспечения;

– **знать** международные стандарты по проектированию строительных конструкций,

**Литература:** Сетков В.И., Сербин Е.П. Строительные конструкции. Расчет и проектирование: Учебник. – 4-е изд., испр. и доп. – Москва: ИНФРА-М, 2023. – 447 с.

#### **Исходные данные:**

Подобрать сечение стальной колонны, выполненной из прокатного двутавра. Конструирование узлов соединения. Данные для расчета принять по вариантам таблицы 1.

Таблица 1- Данные для расчета колонны

№ варианта	Марка стали	Нагрузка, действующая на колонну N, кН	Расчетная длина колонны $l_{ef}$ мм	Толщина фанки мм
1	C245	100	3000	8
2	C345	120	3200	10
3	C245	140	3300	12
4	C345	150	3400	14
5	C245	160	3500	16
6	C345	170	3600	12
7	C245	180	3700	14

8	C345	200	3800	16
9	C245	210	3900	12
10	C345	220	4000	10
11	C245	230	4100	14
12	C345	240	4050	15
13	C245	250	4150	10
14	C345	260	4200	12
15	C245	270	3950	14
16	C345	280	4250	16
17	C245	290	4300	10
18	C345	300	5350	12
19	C245	310	4400	14
20	C345	320	4450	16
21	C245	330	4500	10
22	C345	340	4520	12
23	C245	350	4530	14
24	C345	360	4540	16
25	C245	370	4550	10
26	C345	380	4560	12
27	C245	290	4570	14
28	C345	400	4580	16
29	C245	410	4590	10
30	C345	420	4600	12

### Указания по выполнению работы:

1. Определяют нагрузку на колонну; нагрузка может быть задана.
2. Устанавливают расчётную схему.
3. В зависимости от расчётной схемы находят расчётную длину колонны по формуле:

$$l_{ef} = \mu l$$

где

- коэффициент расчётной длины (Приложение В, таблица1)

$l$ - геометрическая длина колонны

4. Назначают тип поперечного сечения стержня колонны: трубы, прокатный двутавр, составное сечение из прокатных профилей и т.п.

5. Принимают сталь для колонны: С325, С245, С275, С345.

6. Для принятой стали определяют расчётное сопротивление по пределу текучести  $R_y$  (Приложение А табл.1).

7. Определяют коэффициент условия работы колонны  $\gamma_c=1$

8. Определяют требуемую площадь поперечного сечения стержня:

$$A \geq \frac{N}{\varphi R_y \gamma_c}$$

где  $N$ ,  $R_y$  и  $\gamma_c$  уже определены

Поскольку в формуле два неизвестных –  $A$  и  $\varphi$ , то одной из величин необходимо задаться, то есть принять предварительно, а затем выполнить проверочный расчёт. Рекомендуется задаваться гибкостью  $\lambda$ , величина которой не должна превышать  $\lambda_{\text{пред}}$  (гибкость колонн обычно находится в пределах от 100 до 70, по принятой гибкости устанавливают коэффициент  $\varphi$  ( Приложение В табл. 2).

9. Определяют требуемый радиус инерции, подставляя в уравнение принятую гибкость:

$$i = \frac{l_{ef}}{\lambda}$$

10. По найденным площади и радиусу инерции, пользуясь сортаментом прокатных элементов (Приложение И), принимают сечение стержня колонны и выписывают фактические характеристики принятого сечения ( $A, i_x, i_y$ )

11. Проводят проверку **принятого** сечения и при необходимости выполняют уточнение его размеров.

Проверку устойчивости производят по формуле

$$N \leq \varphi R_y \gamma_c A,$$

где  $R_y$  и  $\gamma_c$  остались теми же, что в пунктах 6 и 7;

$A$  - **принятая площадь сечения стержня**. Сортамент прокатных профилей не позволяет, за редким исключением, подобрать площадь, в точности равную требуемой, поэтому коэффициент продольного изгиба  $\varphi$  определяется заново по наибольшей фактической гибкости подобранного сечения колонны.

Наибольшую гибкость колонны находят по формуле

$$\lambda_{\max} = \frac{l_{ef}}{i_{\min}},$$

где  $i_{\min}$  - меньший радиус инерции принятого сечения ( $i_x, i_y$ )

По (приложению В, табл.2) в зависимости от  $R_y$  и  $\lambda_{\max}$  находят действительный коэффициент продольного изгиба  $\varphi$ .

*Несущая способность колонны обеспечена.*

### Пример:

Рассчитать стальную колонну для здания магазина. Колонна выполнена из прокатного двутавра с параллельными гранями полок. Нагрузка  $N = 566,48$  кН Коэффициент надёжности по ответственности принимаем  $\gamma_n = 0,95$ ; нагрузка с учётом коэффициента надёжности по ответственности  $N = 566,48 * 0,95 = 538,16$  кН. Колонна фактически выполняется высотой в два этажа, но расчётная длина принимается равной высоте одного этажа, так как учитывается ее закрепление в перекрытии  $l_{ef} = 3,6$  м.

### Решение.

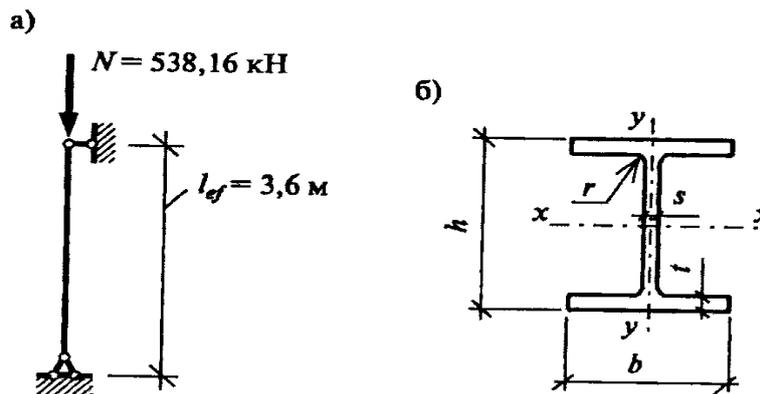


Рисунок 1

1. Определяем группу конструкций по табл. 50\* СНиП II-23-81\*; колонны относятся к группе конструкций 3. Принимаем сталь С245 по ГОСТ 27772-88 (принимая сталь, следует учитывать, выполняется из этой стали данный прокат или нет, так как зачастую определенный вид проката производится из ограниченных типов сталей (см. Приложение И).

2. Определяем расчётное сопротивление стали по (Приложение А, табл.1), учитывая, что двутавр относится к фасонному прокату, и предварительно задавшись его толщиной  $t$  до 20 мм,  $R_y = 240$  МПа =  $24$  кН/см<sup>2</sup>.

3. При расчётах на устойчивость принимаем коэффициент условия работы  $\gamma_c = 1$ . Задаемся гибкостью колонны  $\lambda_1 = 100$ , что соответствует коэффициенту продольного изгиба  $\varphi \approx 0,542$  (Приложение В, табл. 2). Определяем требуемую площадь:

$$A = \frac{N}{\varphi R_y \gamma_c} = \frac{538,16}{0,542 * 24 * 1} = 41,37 \text{ см}^2$$

4. Определяем требуемый минимальный радиус инерции ( по заданной гибкости  $\lambda_1 = 100$ .  $i = l_{ef} / \lambda_1 = 360 / 100 = 3,6$  см.

5. По требуемой площади и радиусу инерции подбираем двутавр по сортименту двутавров с параллельными гранями полок (Приложение И). Ближе всего подходит двутавр 23Ш1, который имеет следующие характеристики:  $A = 46.08 \text{ см}^2$ ;  $i_x = 9.62 \text{ см}$ ;  $i_y = 3.67 \text{ см}$ .

6. Проверяем выбранное сечение :

- определяем наибольшую фактическую гибкость (наибольшая гибкость будет относительно оси у-у, так как радиус инерции относительно оси у-у меньше радиуса инерции относительно оси х-х, а расчетные длины относительно этих осей одинаковы):

$$\lambda_y = l_{ef} / i_y = 360 / 3.67 = 98.09;$$

- по наибольшей гибкости определяем фактическое значение коэффициента продольного изгиба, с интерполяцией  $\varphi = 0,556$  (см. Приложение В, табл. 2);

- проверяем условие, чтобы гибкость была не больше предельной гибкости, установленной СНиП II-23-81\*. Для основных колонн предельная гибкость определяется по формуле  $\lambda_{пред} = 180 - 60\alpha$ ,

$$\text{где } \alpha = N / \varphi A R_y \gamma_c = 538.16 / 0.556 * 46.08 * 24 * 1 = 0.875 > 0.5;$$

$$\lambda_{пред} = 180 - 60 \alpha = 180 - 60 * 0.875 = 127.5;$$

$$\lambda_y = 98.09 < \lambda_{пред} = 127.5, \text{ гибкость в пределах нормы};$$

- проверяем устойчивость :

$$\frac{N}{\varphi A} = \frac{538.16}{0.556 * 46.08} = 21.00 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} \leq R_y \gamma_c = 24 * 1 = 24 \text{ кН/см}^2$$

**Вывод.** Несущая способность стержня колонны обеспечена.

Принимаем в качестве стержня двутавр 23Ш1.

**Выбрать крепление колонны к фундаменту согласно условию задачи (рис 1 или рис.2).**

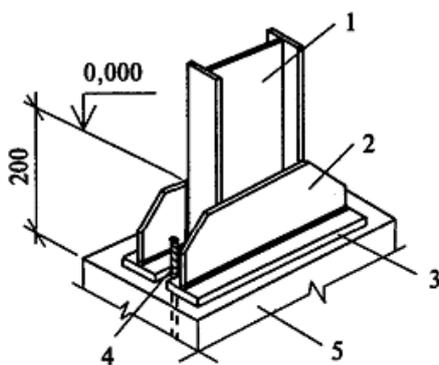


Рисунок 1

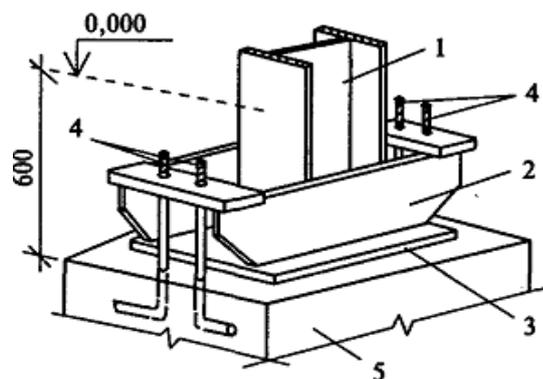


Рисунок 2

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 5

**Тема 2.1.3 Расчет строительных конструкций, работающих на сжатие.**

**Наименование работы:** Расчёт и конструирование деревянной стойки.

**Цель работы:** - научиться выбирать сжатые элементы по конструктивным признакам;

- получить практические навыки по выбору расчетных характеристик по таблицам СП;

- получить практические навыки по расчету колонн и умению пользоваться формулами .

- получить практические навыки по конструированию узлов соединений колонн.

**Продолжительность работы:** 2 ч

**Оснащение:** ноутбук, проектор, экран, презентация «Практическая работа № 5. Расчёт и конструирование центрально – сжатой деревянной стойки. Конструирование узлов соединения », чертёжные принадлежности, тетрадь для практических работ.

В результате выполнения практической работы студент **должен:**

- **иметь** практический **опыт** выполнения расчетов по проектированию строительных конструкций, оснований;
- **уметь** строить расчетную схему конструкции по конструктивной схеме; выполнять статический расчет; проверять несущую способность конструкций; подбирать сечение элемента от приложенных нагрузок; выполнять расчеты соединений элементов конструкции; пользоваться компьютером с применением специализированного программного обеспечения;
- **знать** международные стандарты по проектированию строительных конструкций,

**Литература:** Сетков В.И., Сербин Е.П. Строительные конструкции. Расчет и проектирование: Учебник. – 4-е изд., испр. и доп. – Москва: ИНФРА-М, 2023. – 447 с.

### Исходные данные:

№ варианта	Задача 1		Задача 2		
	Нагрузка N, кН	Длина стойки l, м	Нагрузка N, кН	Длина стойки l, м	Диаметр бревна D, мм
1	15	2,0	150	3,0	180
2	16	1,8	100	2,2	100
3	17	2,2	110	2,4	110
4	18	2,4	120	2,5	120
5	20	2,3	116	2,6	130
6	19	2,5	115	2,7	140
7	21	1,9	118	2,8	150
8	22	1,7	122	3,0	160

9	23	2,1	132	3,2	180
10	24	2,0	134	3,3	190
11	25	1,8	136	3,4	200
12	26	2,4	140	3,5	100
13	27	2,3	142	3,6	110
14	28	2,2	144	3,7	120
15	29	2,6	145	3,8	130
16	30	2,7	146	3,9	140
17	31	2,8	148	4,0	150
18	32	2,9	152	2,9	160
19	33	3,0	154	2,8	170
20	34	2,4	156	2,7	180
21	35	2,5	158	2,6	200
22	36	2,6	160	2,5	140
23	37	2,7	162	3,0	150
24	38	2,8	164	3,1	180
25	39	2,9	166	3,2	160
26	40	3,0	168	3,3	170
27	41	3,1	170	3,4	180
28	42	3,2	172	3,5	150
29	43	3,3	174	3,7	160
30	44	3,4	175	2,8	200

### Указания по выполнению работы:

1. Определяют нагрузку, приходящуюся на стойку.
2. Устанавливают расчётную схему стойки.
3. Определяют расчётную длину стойки  $l_0 = \mu l$ .
4. Принимают породу древесины и её сорт (обычно принимается сосна и ель).
5. Определяют расчётное сопротивление древесины на сжатие  $R_c$ .
6. Задаются коэффициентом продольного изгиба в пределах  $\varphi \approx 0,6-0,7$ .
7. Определяют требуемую площадь поперечного сечения стойки:

$$F_{расч.} \geq N/\varphi R_c$$

8. По найденной площади назначают размеры поперечного сечения:

- а) требуемые размеры сторон для квадратного сечения

$$a = \sqrt{F_{расч.}}$$

- б) требуемый диаметр для элемента круглого сечения (бревна):

$$d = \sqrt{4F_{расч.}/\pi}$$

Полученные размеры округляют в большую сторону с учётом сортамента пиломатериалов (Приложение Д табл.2).

9. Определяют радиусы инерции  $r$  (Приложение Д, табл. 1) и проверяют условие, ограничивающее гибкость:

$$\lambda = l_0/r \leq \lambda_{пред.},$$

где  $\lambda_{пред.} = 120$  для стоек; если условие не удовлетворяется, то размеры сечения увеличиваются и снова проверяют гибкость.

10. Проверяют устойчивость принятого сечения, для этого определяют фактические значения расчётной площади  $F_{расч.}$  и коэффициента продольного изгиба  $\varphi$ .

$$N/\varphi F_{расч.} \leq R_c$$

Если условие устойчивости удовлетворено и сечение не имеет ослаблений, расчёт заканчивается; если есть ослабления, переходим к п. 11.

11. Проверяют прочность деревянной стойки:

$$N/F_{нт} \leq R_c,$$

где  $F_{нт}$  – площадь сечения нетто, определяется по принятым размерам с учётом размеров ослабления.

12. Если устойчивость или прочность стойки не обеспечена, то размеры сечения увеличивают и снова проводят проверку сечения на устойчивость или прочность.

*Проверка несущей способности* (тип 2) является составной частью решения задачи по подбору сечения (необходимо выполнить пп. 2, 3, 5, 9, 10, 11 порядка расчёта).

**Пример 1.** Подобрать сечение центрально-сжатой стойки (колонны), выполненной из цельной древесины. Материал: сосна, сорт 1. Сечение колонны – брус.

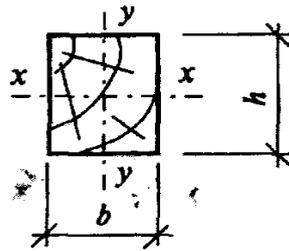


Рисунок 1

$N = 566,48 \text{ кН}$ , с учётом  $j_n = 0,95$  нагрузка  $N = 566,48 \cdot 0,95 = 538,16 \text{ кН}$ .

Расчётная схема принята с опиранием концов стержня колонны на шарнирные опоры. Расчетная длина стержня  $l_0 = 3,6 \text{ м}$ . Температурно-влажностные условия эксплуатации А2 (элемент работает внутри отапливаемого помещения с относительной влажностью воздуха свыше 60% и до 75%).

**Решение.**

1. Определяем расчётное сопротивление древесины сжатию:

$R_c = 16 \text{ МПа} = 1,6 \text{ кН/см}^2$  (Приложение А табл.4, предварительно принимая ширину и высоту сечения больше 13см).

2. Коэффициенты условия работы в соответствии с требованиями п. 3.2 СНиП II-25-80 принимаем равными единице.

3. Задаёмся коэффициентом продольного изгиба  $\varphi = 0,8$  и определяем требуемую площадь сечения из формулы устойчивости

$$F_{расч.} = N/\varphi R_c = 538,16/0,8 \cdot 1,6 = 420,4 \text{ см}^2$$

4. Принимаем с учётом сортамента (Приложение Д табл.2) сечение бруса  $bh = 200 \times 250 \text{ см}$ , фактическая площадь сечения  $F = 500 \text{ см}^2$ .

5. Определяем радиусы инерции относительно главных осей :

$$r_x = 0,289h = 0,289 \cdot 25 = 7,23 \text{ см}$$

$$r_y = 0,289b = 0,289 \cdot 20 = 5,78 \text{ см}$$

(см. Приложение Д, табл1)

6. Находим гибкость и коэффициент продольного изгиба, используя меньший по величине радиус инерции, получаем большее значение гибкости:  $\lambda = l_0/r = 360/5,78 = 62,3$ ; определяем предельную гибкость: для колонн  $\lambda_{max} = 120$  (табл. 14 СНиП II-25-80). Гибкость колонны в пределах нормы; так как фактическая гибкость колонны меньше  $\lambda = 70$ , коэффициент продольного изгиба определяем по формуле

$$\varphi = 1 - 0,8 \cdot (\lambda/100)^2 = 1 - 0,8 \cdot (62,3/100)^2 = 0,689$$

7. Проверяем устойчивость

$$\sigma = N/\varphi A = 538,16/0,689 \cdot 500 = 1,56 \text{ кН/см}^2 < R_c = 1,6 \text{ кН/см}^2$$

**Вывод.** Напряжения при расчёте на устойчивость меньше расчётного сопротивления древесины сжатию:

$$\sigma = 15,6 < R_c = 16,0 \text{ МПа,}$$

Следовательно, несущая способность обеспечена.

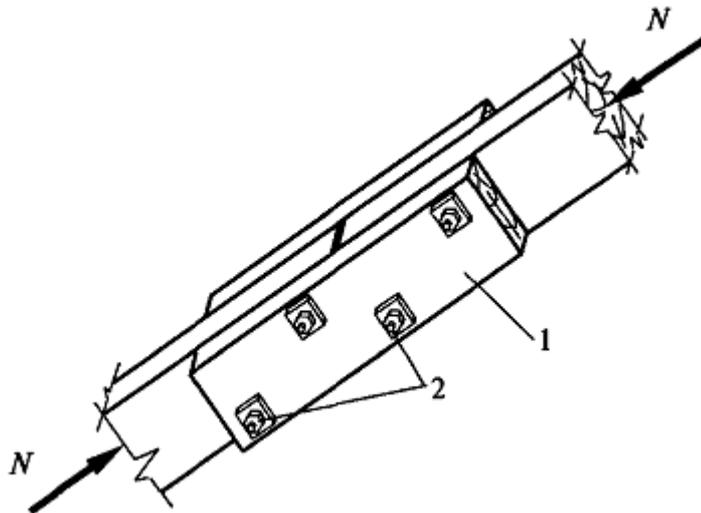
Принимаем сечение стойки 200x250мм. Древесина – сосна, сорт 1.

### **Конструирование узлов соединения сжатых элементов.**

а) врубка- лобовой упор:

1-

2-



## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 6

### Тема 2.1.3 Расчет строительных конструкций, работающих на сжатие.

**Наименование работы:** Расчёт и конструирование центрально –сжатой железобетонной колонны. Конструирование узлов соединения.

**Цель работы:** - научиться выбирать сжатые элементы по конструктивным признакам;

- получить практические навыки по выбору расчетных характеристик по таблицам СНиП;

- получить практические навыки по расчету колонн и умению пользоваться формулами .

- получить практические навыки по конструированию узлов соединений колонн.

**Продолжительность работы:** 2 ч

**Оснащение:** ноутбук, проектор, экран, презентация «Практическая работа № 6. Расчёт и конструирование центрально – сжатой железобетонной колонны. Конструирование узлов соединения», чертёжные принадлежности, тетрадь для практических работ.

В результате выполнения практической работы студент должен:

- **иметь** практический **опыт** выполнения расчетов по проектированию строительных конструкций, оснований;
- **уметь** выполнять расчеты нагрузок, действующих на конструкции; строить расчетную схему конструкции по конструктивной схеме; выполнять статический расчет; проверять несущую способность конструкций; подбирать сечение элемента от приложенных нагрузок; выполнять расчеты соединений элементов конструкции; пользоваться компьютером с применением специализированного программного обеспечения;
- **знать** международные стандарты по проектированию строительных конструкций,

**Литература:** Сетков В.И., Сербин Е.П. Строительные конструкции. Расчет и проектирование: Учебник. – 4-е изд., испр. и доп. – Москва: ИНФРА-М, 2023. – 447 с.

### Исходные данные:

№ варианта	Расчётная длина $l_0$ , м	Сечение колонны $b \times h$ , см	Полная нагрузка $N$ , кН	Длительная нагрузка $N_l$ , кН	Класс бетона	Продольная арматура	Поперечная арматура
1	4,8	30x30	920	92	B15	A-II(A300)	A-I(A240)
2	5,2	40x40	1200	140	B25	A-II(A300)	B <sub>p</sub> -I(B500)
3	6,0	50x50	1200	200	B30	A-III(A400)	A-I(A240)
4	3,6	30x30	1400	240	B20	A-I(A240)	B <sub>p</sub> -I(B500)
5	4,5	60x60	2500	400	B30	A-II(A300)	A-I(A240)
6	6,2	40x40	2000	120	B15	A-II(A300)	B <sub>p</sub> -I(B500)

7	5,6	30x30	840	60	B25	A-I(A240)	A-I(A240)
8	6,4	50x50	1000	100	B25	A-I(A240)	B <sub>p</sub> -I(B500)
9	4,0	50x50	1900	300	B30	A-III(A400)	A-I(A240)
10	7,1	60x60	1700	250	B30	A-II(A300)	B <sub>p</sub> -I(B500)
11	5,8	40x40	900	160	B15	A-I(A240)	A-I(A240)
12	5,5	30x30	730	80	B20	A-II(A300)	B <sub>p</sub> -I(B500)
13	3,5	50x50	1500	260	B30	A-I(A240)	A-I(A240)
14	5,3	40x40	1800	180	B25	A-II(A300)	B <sub>p</sub> -I(B500)
15	6,8	60x60	2500	340	B30	A-III(A400)	A-I(A240)
16	3,6	30x60	620	84	B25	A-III(A400)	B <sub>p</sub> -I(B500)
17	4,2	40x60	900	120	B15	A-I(A240)	A-I(A240)
18	3,4	40x70	940	160	B30	A-II(A300)	B <sub>p</sub> -I(B500)
19	4,0	30x60	580	64	B25	A-III(A400)	A-I(A240)
20	5,0	50x70	640	52	B30	A-III(A400)	B <sub>p</sub> -I(B500)
21	4,5	40x80	1000	180	B15	A-II(A300)	A-I(A240)
22	3,1	60x80	1300	220	B25	A-II(A300)	B <sub>p</sub> -I(B500)
23	5,2	30x60	850	94	B30	A-III(A400)	A-I(A240)
24	4,8	50x70	1400	170	B15	A-I(A240)	B <sub>p</sub> -I(B500)
25	3,5	40x60	860	200	B30	A-I(A240)	A-I(A240)
26	5,5	20x60	920	80	B25	A-III(A400)	B <sub>p</sub> -I(B500)
27	3,7	20x50	800	70	B25	A-III(A400)	A-I(A240)
28	4,6	25x60	1400	260	B30	A-I(A240)	B <sub>p</sub> -I(B500)
29	6,0	50x70	1100	240	B15	A-II(A300)	A-I(A240)
30	6,3	40x70	1060	160	B30	A-I(A240)	B <sub>p</sub> -I(B500)

### Указания по выполнению работы:

1. Определяют нагрузку, если она не задана по условию задачи (полное значение нагрузки  $N$  и её длительную часть  $N_l$ ).

2. Устанавливают расчётную схему.

3. Принимают расчётную длину колонны  $l_0$ .

4. Задаются следующими значениями:

а) принимают размеры поперечного сечения  $b$ ,  $h$  (рекомендуется размеры сечения принимать не менее 30см и далее кратно 5,0см);

б) принимают материалы для колонны:

- обычно принимают тяжёлый бетон классов прочности B20–B35 и находят расчётное сопротивление бетона сжатию  $R_b$ ;
- принимают класс арматуры, обычно А-III, А-II, и находят расчётное сопротивление арматуры сжатию  $R_{sc}$ ;
- принимают коэффициент армирования  $\mu = 0,01 - 0,02$ .

5. Определяют коэффициент  $\alpha_s$ .

6. Определяют коэффициент продольного изгиба  $\varphi$ : если значения  $l_0/h$  и  $N_l/N$  не совпали с табличными, необходимо провести интерполирование.

7. Определяют требуемую площадь арматуры по формуле

$$(A_s + A_s') = (N / \varphi - R_b \gamma_{b2} b h) / R_s$$

- если в результате получают отрицательное значение, это говорит о том, что бетон один (без арматуры) справляется с нагрузкой (в этом случае

иногда возможно уменьшить размеры поперечного сечения колонны и заново произвести расчёт или колонна армируется конструктивно, учитывая, что арматуру необходимо ставить обязательно, чтобы обеспечить минимальный процент армирования);

- если получают положительное значение требуемой площади арматуры, то назначаем диаметр арматуры (Приложение Е);
- для армирования принимают 4 стержня арматуры (при  $h \leq 400$  мм) и располагают их по углам колонны (возможно армировать и большим количеством стержней);
- при подборе арматуры следует учитывать, что диаметр продольных стержней монолитных колонн должен быть не менее 12мм; в колоннах с размером меньшей стороны сечения  $\geq 250$  мм диаметр продольных стержней рекомендуется назначать не менее 16 мм; диаметр продольных стержней обычно принимают не более 40мм.

8. Проверяют действительный процент армирования:

$$\mu = A_s + A_s' / bh \cdot 100\%$$

Если действительный процент армирования находится в пределах от  $\mu_{min}$  до 3%, то на этом заканчивается подбор арматуры, в противном случае необходимо скорректировать принятую арматуру или сечение элемента.

9. Назначают диаметр поперечных стержней  $d_{sw}$  по условию свариваемости. Это означает, что к продольному стержню арматуры большего диаметра  $d_s$  можно приварить поперечный стержень меньшего диаметра  $d_{sw}$ , который должен быть не менее  $1/4 d_s$ :

$$d_{sw} \geq 0,25 d_s$$

10. Назначают шаг поперечных стержней  $s$ :

$$s \leq 20 d_s \text{ в сварных каркасах, но не более 500мм;}$$

$$s \leq 15 d_s \text{ в вязаных каркасах, но не более 500мм.}$$

11. Конструируют каркас колонны.

**Проверка несущей способности колонны (тип 2)** сводится к проверке условия

$$N \leq \varphi [R_{sc} (A_s + A_s') + R_b \gamma_{b2} bh]$$

**Пример.** Рассчитать железобетонную колонну. Нагрузка на колонну: полное значение  $N = 563,7$  кН; длительная часть нагрузки  $N_1 = 451,1$  кН. Принимаем сечение колонны  $b \times h = 300 \cdot 300$  мм, армирование симметричное, т.е. площади сечений арматуры равны  $A_s = A_s'$ . Высота колонны  $H = 7,25$  м. Коэффициент надёжности по ответственности  $\gamma_n = 0,95$ .

**Решение.**

1. Нагрузка (её полное значение  $N$  и длительную часть нагрузки  $N_1$ ):

с учётом коэффициента  $\gamma_n = 0,95$  нагрузка равна:

$$N = 563,7 \cdot 0,95 = 535,52 \text{ кН;}$$

$$N_1 = 451,1 \cdot 0,95 = 428,55 \text{ кН}$$

2. Задаёмся материалами колонны: бетон тяжёлый класса В20;  $\gamma_{b2} = 0,9$ ; продольная арматура класса А-III; поперечная арматура класса Вр-I; расчётные сопротивления:  $R_b = 11,5$  МПа;  $R_{sc} = 365$  МПа. (см. приложение А, табл.3)

3. Определяем расчётную длину колонны; расчётная длина колонны при шарнирном креплении принимается равной высоте этажа:  $l_0 = 3,6\text{м}$ .

4. Находим отношения:

$$l_0/h = 360/30 = 12 < 20;$$

$$N_l/N = 428,55/535,52 = 0,8.$$

5. По табл. 5.6 определяем значение коэффициентов  $\varphi_b$  и  $\varphi_{sb}$ ; с учётом интерполяции

$$\varphi_b = 0,868; \varphi_{sb} = 0,888$$

6. Задавшись коэффициентом армирования  $\mu$ , вычисляем значение коэффициента  $\alpha$ , принимаем  $\mu = 0,01$ :

$$\alpha = R_{sc}\mu/(R_b\gamma_{b2}) = 36,5 \cdot 0,01/1,15 \cdot 0,9 = 0,353$$

7. Вычисляем коэффициент продольного изгиба

$$\varphi = \varphi_b + 2(\varphi_{sb} - \varphi_b)\alpha = 0,868 + 2(0,888 - 0,868)0,353 = 0,882 < \varphi_{sb} = 0,888$$

7. Определяем требуемую площадь арматуры:

$$(A_s + A_s') = \frac{N/\varphi - R\gamma_{b2}bh}{R_{sc}} = \frac{535,52/0,882 - 1,15 \cdot 0,9 \cdot 30 \cdot 30}{36,5} \leq 0$$

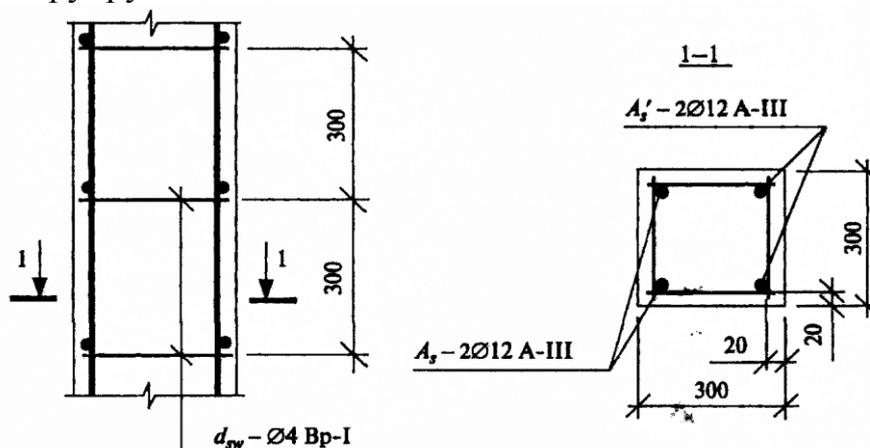
9. Так как требуемая площадь арматуры получилась отрицательной, это значит, что бетон один (без арматуры) справляется с нагрузкой и арматуру следует принимать по конструктивным требованиям; учитывая, что необходимо обеспечить минимальный процент армирования колонны и что при меньшей стороне сечения  $> 250\text{мм}$  диаметр продольных стержней рекомендуется назначать не менее 16мм, принимаем  $4\text{Ø}16$  А-III,  $A_s = 8,04 \text{ см}^2$ .

10. Проверяем процент армирования:

$\mu = (A_s + A_s')100/bh = 8,04 \cdot 100/30 \cdot 30 = 0,893\%$ , что больше минимального значения  $\mu_{min} = 0,4\%$  и меньше максимального значения  $\mu_{max} = 3,0\%$ ; принятая арматура обеспечивает необходимый процент армирования.

11. Назначаем диаметры и шаг постановки поперечных стержней:  $d_{sw} \geq 0,25d_s = 0,25 \cdot 16 = 4\text{мм}$ ; принимаем поперечную арматуру  $\text{Ø}4$  Вр-I; шаг поперечных стержней  $s:s \leq 20d_s = 20 \cdot 16 = 320\text{мм}$ , округляем и принимаем шаг  $s = 300\text{мм}$ .

12. Конструируем сечение колонны.



Рисунок

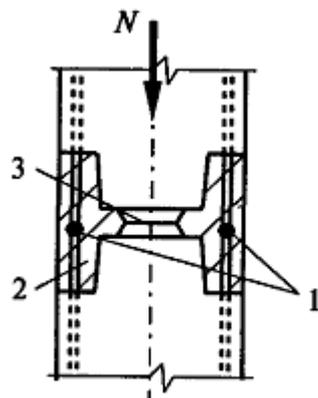
**Конструирование узлов соединения:**

**Стык колонн :**

1-

2-

3-



Рисунок

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 7

**Тема 2.1.3 Расчет строительных конструкций, работающих на сжатие.**

**Наименование работы:** Подбор сечения, проверка несущей способности каменных конструкций.

**Цель работы:** - научиться выбирать сжатые элементы по конструктивным признакам;

- получить практические навыки по выбору расчетных характеристик по таблицам СП;

- получить практические навыки по расчету столбов и умению пользоваться формулами .

- получить практические навыки по конструированию столбов с арматурными сетками.

**Продолжительность работы:** 4 ч

**Оснащение:** ноутбук, проектор, экран, презентация «Практическая работа № 7 Подбор сечения, проверка несущей способности каменных конструкций», чертёжные принадлежности, тетрадь для практических работ.

В результате выполнения практической работы студент **должен:**

- **иметь** практический опыт выполнения расчетов по проектированию строительных конструкций, оснований;

- **уметь** выполнять расчеты нагрузок, действующих на конструкции; строить расчетную схему конструкции по конструктивной схеме; выполнять статический расчет; проверять несущую способность конструкций; подбирать сечение элемента от приложенных нагрузок; выполнять расчеты соединений элементов конструкции; пользоваться компьютером с применением специализированного программного обеспечения;

- **знать** международные стандарты по проектированию строительных конструкций,

**Литература:** Сетков В.И., Сербин Е.П. Строительные конструкции. Расчет и проектирование: Учебник. – 4-е изд., испр. и доп. – Москва: ИНФРА-М, 2023. – 447 с.

**Исходные данные:**

№ варианта	Полная нагрузка N, кН	Длительная нагрузка N <sub>л</sub> , кН	Марка кирпича М	Марка раствора М	Расчётная длина l <sub>0</sub> , м
1	120	100	75	75	2,8
2	100	80	50	50	2,4
3	140	120	100	50	3,2
4	160	140	125	75	3,6
5	180	160	75	50	3,4
6	200	180	150	100	4,0
7	170	150	50	25	2,5
8	150	140	75	25	3,0
9	190	170	125	50	3,7

10	130	110	50	25	2,6
11	150	100	75	75	3,0
12	210	200	100	50	3,1
13	300	250	100	75	4,2
14	250	220	125	75	3,8
15	220	200	125	50	3,8
16	230	200	50	50	3,6
17	240	220	75	50	3,8
18	250	230	50	25	3,5
19	260	240	100	75	3,9
20	270	250	50	75	3,8
21	280	260	75	50	3,2
22	290	270	100	75	4,1
23	300	260	75	50	3,4
24	320	270	50	25	3,0
25	310	280	75	25	2,8
26	330	300	50	50	3,0
27	350	320	150	75	4,0
28	360	320	150	50	4,2
29	380	350	150	75	4,4
30	400	450	100	75	4,6

### Указания по выполнению работы:

1. Определяют нагрузку на кирпичный столб (в простейших задачах она может быть задана).
2. Устанавливают (если она не задана) расчетную схему столба.
3. Задаются следующими параметрами:
  - а) наименованием и маркой кирпича, обычно марка кирпича принимается от М50 до М150;
  - б) наименованием и маркой раствора, обычно марки раствора принимаются от М25 до М75.
4. Расчетное сопротивление сжатию кладки  $R$  (Приложение А, табл.6).
5. Определяют упругую характеристику кладки  $\alpha$  (Приложение Г, табл. 1)
6. Предварительно принимают значение коэффициента  $\varphi = 0,8-0,9$  и, предполагая, что размеры сечения будут больше 30 см, принимают значение коэффициента  $m_g = 1$ .
7. Пользуясь формулой, определяют требуемую площадь сечения ( $\text{см}^2$ ):

$$A \geq \frac{N}{m_g \varphi R}$$

8. Назначают размеры сечения столба, при этом следует учитывать размеры кирпичей (камней); сечение колонн из кирпича принимают не менее 380 x 380 мм и далее, добавляя по 130 мм (ширина кирпича 120 мм + 10 мм шов).

9. Проверяют принятое сечение:

а) определяют коэффициент  $m_g$ . Обычно колонны имеют меньший размер сечения больше 30 см, тогда коэффициент  $m_g = 1$ . Вместе с тем при проектировании возможны случаи, когда меньший размер сечения менее 30 см или

радиус инерции для элементов прямоугольного сечения меньше 8,5 см, тогда необходимо определять значение коэффициента

$$m_g = 1 - \eta (N_g/N);$$

б) определяют гибкость  $\lambda_{hi} = l_0/h$ ; ( $\lambda_i = l_0/i$ ) и коэффициент продольного изгиба  $\varphi$  (Приложение Г, таблица 2);

в) определяют площадь принятого сечения столба; в случае если принятое сечение столба меньше  $0,3 \text{ м}^2$ , расчетное сопротивление необходимо умножать на коэффициент условия работы  $\gamma_c = 0,8$  (см. п. 3.ПСНиП П-22-81).

10. Проверяют несущую способность колонны из условия

$$N \leq m_g \varphi R A.$$

Если условие удовлетворено, то расчет закончен, если нет, то изменяют марки кирпича, раствора или увеличивают размеры колонны с учетом размеров кирпича (камня) и расчет повторяют до тех пор, пока не будет удовлетворено условие.

В сущности, проверка принятого сечения (пп. 9, 10 порядка расчета) и является проверкой несущей способности (задача 2-го типа).

### **1. Правила конструирования неармированных столбов**

-Размеры поперечного сечения колонн принимают с учётом размеров кирпича. Обычно не менее 380х380мм (1,5 кирпича х1,5 кирпича) и далее 510х510мм (2х2), 640х640мм (2,5х2,5) и т.д.

-На верхнюю часть кирпичной колонны могут укладываться железобетонные подушки, которые способствуют распределению напряжений от балок по кирпичной кладке толщиной 14-22см.

-В нижней части, между кирпичной кладкой и фундаментом выполняется гидроизоляция.

### **2. Некоторые правила конструирования кирпичных (каменных) столбов с сетчатым армированием**

1. Количество сетчатой арматуры (процент армирования) должно составлять не менее 0,1% .

2. Диаметр сетчатой арматуры обычно назначается 3, 4, 5 мм.

3. Расстояние между стержнями сетки должно быть не более 12 см и не менее 3 см.

4. Материалы для кирпичной кладки:

- марка кирпича, как правило, не менее М50;
- марка раствора не ниже М50;
- класс арматуры, как правило, Вр-I.

5. Швы кладки должны иметь толщину, превышающую толщину сетки не менее чем на 4 мм.

6. Арматурные сетки ставятся не больше чем через пять рядов кирпичной кладки (40 см).

7. Для проверки наличия арматурных сеток в кладке и контроля правильности их укладки они должны быть уложены так, чтобы концы стержней выступали на 3–10 мм за поверхность кладки.

8. Сетчатое армирование эффективно только при гибкости столбов  $l_0/h \leq 15$ , при больших значениях гибкости сетчатое армирование практически не повышает прочность кладки.

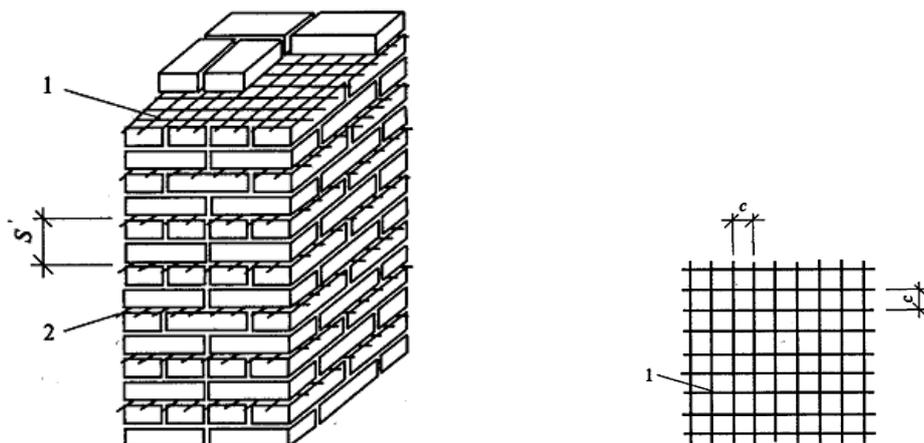


Рисунок 1 - Поперечное (сетчатое) армирование каменных конструкций  
1-арматурная сетка; 2-выпуски арматурной сетки для контроля ее укладки; с-размер ячейки арматурной сетки; S – шаг арматурных сеток

**Пример:** Подобрать сечение центрально-сжатой колонны, выполненной из кирпича. Расчетное продольное сжимающее усилие  $N = 566,48$  кН. Коэффициент надежности по ответственности  $\gamma_n = 0,95$ . С учетом коэффициента  $N = 566,48 \cdot 0,95 = 538,16$  кН. Расчетная схема с шарнирным опиранием концов стержня колонны. При такой расчетной схеме расчетная длина равна высоте этажа  $l_0 = H = 3,6$  м.

Выполнить армирование кирпичного столба арматурной сеткой по конструктивным требованиям.

**Решение:**

1. Задаемся материалами. Принимаем: полнотельный глиняный кирпич пластического прессования марки М100; раствор цементно-известковый М75. По табл. 2.10 находим расчетное сопротивление сжатию кладки  $R = 1,7$  МПа =  $0,17$  кН/см<sup>2</sup>.

2. Определяем упругую характеристику,  $\alpha = 1000$ .

3. Задаемся коэффициентом продольного изгиба  $\varphi = 0,8$  и коэффициентом  $m_g = 1,0$ . Определяем требуемую площадь сечения колонны:

$$A = \frac{N}{m_g \varphi R} = \frac{538,16}{1 \cdot 0,8 \cdot 0,17} = 3957,03 \text{ см}^2.$$

4. Принимаем сечение колонны 640 x 640 мм. Фактическая площадь сечения  $A = bh = 64 \cdot 64 = 4096 \text{ см}^2 = 0,4096 \text{ м}^2$ , что больше  $0,3 \text{ м}^2$ , следовательно, коэффициент условия работы  $\gamma_c = 1$ .

5. Определяем гибкость:

$$\lambda_n = l_0/h = 360/64 = 5,63.$$

6. Находим коэффициент продольного изгиба  $\varphi = 0,968$  (коэффициент определен с интерполяцией).

7. Так как меньшая сторона сечения  $h > 30$  см, коэффициент  $m_g = 1$ .

8. Проверяем принятое сечение:

$$N = 538,16 \text{ кН} < m_g \varphi R A = 1 \cdot 0,968 \cdot 0,17 \cdot 4096 = 674,03 \text{ кН.}$$

**Конструирование кирпичного столба с сетчатым армированием.**

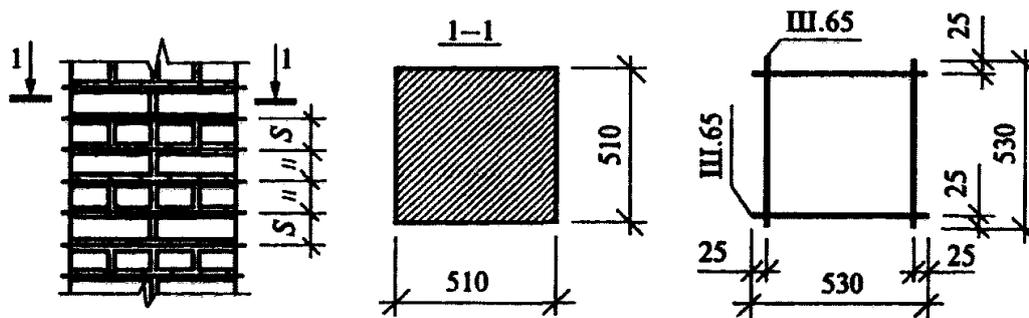


Рисунок 2

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 8

### Тема 2.1.3 Расчет строительных конструкций, работающих на изгиб.

**Наименование работы:** Расчет стальной прокатной балки.

**Цель работы:** - научиться выбирать изгибаемые элементы по конструктивным признакам;

- получить практические навыки по выбору расчетных характеристик по таблицам СП;

- получить практические навыки по расчету балки умению пользоваться формулами.

- получить практические навыки по конструированию балок.

**Продолжительность работы:** 2 ч

**Оснащение:** ноутбук, проектор, экран, презентация «Практическая работа № 8. Расчет стальной прокатной балки», чертёжные принадлежности, тетрадь для практических работ.

В результате выполнения практической работы студент **должен:**

- **иметь** практический опыт выполнения расчетов по проектированию строительных конструкций, оснований;

- **уметь** выполнять расчеты нагрузок, действующих на конструкции; строить расчетную схему конструкции по конструктивной схеме; выполнять статический расчет; проверять несущую способность конструкций; подбирать сечение элемента от приложенных нагрузок; выполнять расчеты соединений элементов конструкции; пользоваться компьютером с применением специализированного программного обеспечения;

- **знать** международные стандарты по проектированию строительных конструкций,

**Литература:** Сетков В.И., Сербин Е.П. Строительные конструкции. Расчет и проектирование: Учебник. – 4-е изд., испр. и доп. – Москва: ИНФРА-М, 2023. – 447 с.

### Исходные данные

№ варианта	Марка стали	Нормативная нагрузка $q^n$ , кН/м	Расчётная нагрузка $q$ , кН/м	Предельный прогиб $f_u$
1	C245	10	11	1/150
2	C235	12	13	1/120
3	C245	14	15	1/200
4	C235	16	17	1/250
5	C245	18	19	1/300
6	C235	20	21	1/150
7	C245	22	23	1/120
8	C235	24	25	1/200
9	C245	26	27	1/250
10	C235	28	29	1/300
11	C245	30	31	1/150

12	C235	32	33	1/120
13	C245	34	35	1/200
14	C235	36	37	1/250
15	C245	38	39	1/300
16	C235	40	41	1/120
17	C245	11	12	1/150
18	C235	13	14	1/120
19	C245	15	16	1/200
20	C235	17	18	1/250
21	C245	19	20	1/300
22	C235	21	22	1/150
23	C245	23	24	1/120
24	C235	25	26	1/200
25	C245	27	28	1/250
26	C235	29	30	1/300
27	C245	31	32	1/150
28	C235	33	34	1/120
29	C245	35	36	1/200
30	C235	37	38	1/250

### Указания по выполнению работы:

Прокатные балки проектируются из двутавров, реже швеллеров. При расчете возникают следующие типы задач: подбор сечения (тип 1), проверка прочности имеющейся балки (тип 2).

Подбор сечения прокатных балок (тип 1) можно выполнять в следующей последовательности:

1. Определяют тип балочной клетки, шаг балок, пролет балки; собирают нагрузки на один погонный метр балки с учетом нагрузки от ее собственного веса (нагрузка от веса балки принимается приблизительно); определяют расчетную схему балки и строят эпюры поперечных сил и моментов.

2. Принимают сталь и находят ее расчетное сопротивление  $R_y$ ; устанавливают коэффициент условия работы  $\gamma_c$ .

3. По максимальному моменту определяют требуемый момент сопротивления из уравнения:

$$W_x = \frac{M}{R_y \gamma_c}.$$

4. По сортаменту прокатных профилей находят двутавр, имеющий момент сопротивления, который равен или несколько больше требуемого. Для подобранного двутавра выписывают фактические значения: момента сопротивления  $W_x$ ; момента инерции  $I_x$ ; статического момента инерции  $S_x$ ; толщины стенки двутавра  $t$ .

5. Для контроля подобранного сечения производят проверку подобранного сечения двутавра по формуле

$$\sigma = \frac{M}{W_x} \leq R_y \gamma_c.$$

**Вывод.....**

**Пример.** Рассчитать балку перекрытия, выполненную из прокатного двутавра (рис. 2). Принято, что балка опирается на пилястру и стальную колонну. Нагрузку на балку собираем с грузовой площади длиной  $l_{гр} = 6,0$  м. Нагрузка на квадратный метр перекрытия  $q_{перекрытия}^n = 9,08$  кПа;  $q_{перекрытия} = 10,58$  кПа. Собственный вес погонного метра балки ориентировочно принимаем

$$g_{балки}^n = 0,50 \text{ кН/м}; \gamma_f = 1,05; g_{балки} = g_{балки}^n \gamma_f = 0,50 \cdot 1,05 = 0,53 \text{ кН/м}.$$

Коэффициент надежности по ответственности  $\gamma_n = 0,95$ .

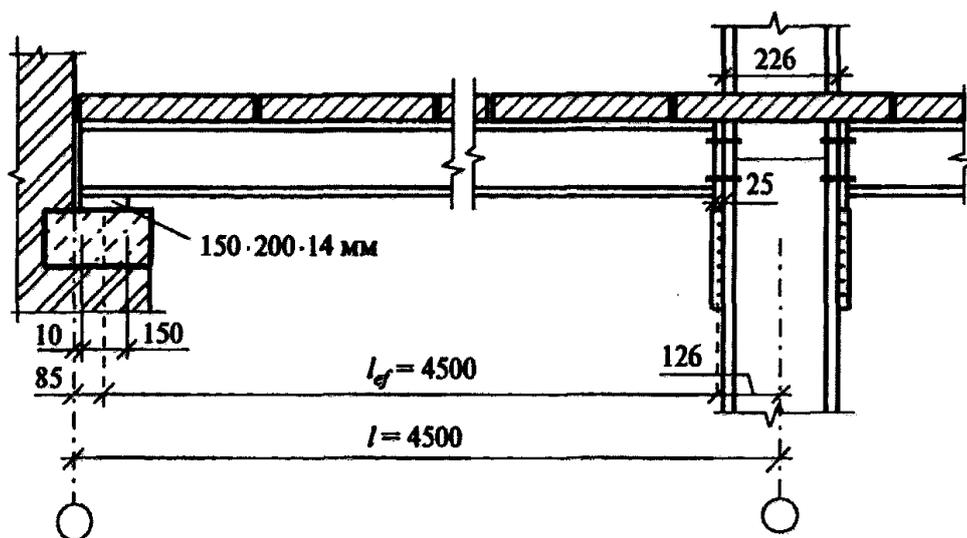


Рисунок 2

**Решение.**

1. Определяем нагрузку, действующую на погонный метр балки:

- нормативная нагрузка

$$q_n = q_{перекрытия}^n l_{гр} + g_{балки}^n = 9,08 \cdot 6 + 0,50 = 54,98 \text{ кН/м} = 0,5498 \text{ кН/см};$$

- нормативная длительная нагрузка – полное значение временной нагрузки на перекрытие торговых залов  $p_n = 4,0$  кПа, пониженное значение, являющееся временной длительной нагрузкой,  $p_{л}^n = 1,4$  кПа:

$$q_l^n = q_n - p_n l_{гр} + p_l^n l_{гр} = 54,98 - 4,0 \cdot 6,0 + 1,4 \cdot 6,0 = 39,38 \text{ кН/м} = 0,3938 \text{ кН/см};$$

- расчетная нагрузка

$$q = q_{перекрытия} l_{гр} + g_{балки} = 10,58 \cdot 6 + 0,53 = 64,01 \text{ кН/м};$$

- расчетная нагрузка с учетом коэффициента надежности по ответственности  $\gamma_n = 0,95$

$$q = 64,01 \cdot 0,95 = 60,81 \text{ кН/м}.$$

2. Принимаем предварительно размеры опорной пластины и опорного ребра балки и определяем ее расчетную длину:

$$l_{ef} = l - 85 - 126 = 4500 - 85 - 126 = 4289 \text{ мм} = 4,29 \text{ м}.$$

3. Устанавливаем расчетную схему (рис. 3) и определяем максимальную поперечную силу и максимальный момент:

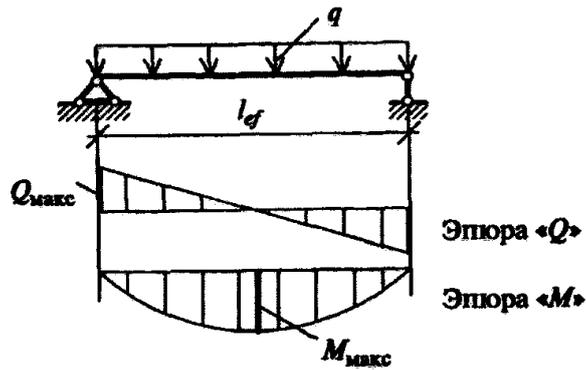


Рисунок 3

$$Q = ql_{ef}/2 = 60,81 \cdot 4,29/2 = 130,44 \text{ кН};$$

$$M = ql_{ef}^2/8 = 60,81 \cdot 4,3062/8 = 139,89 \text{ кНм};$$

4. По табл. 50\* СП 16.13330.2017 определяем группу конструкций, к которой принадлежит балка, и задаемся сталью: группа конструкций – 2; принимаем из допустимых к применению сталей сталь С245. Расчетное сопротивление стали по пределу текучести (с учетом, что балка выполняется из фасонного проката и приняв предварительно толщину проката до 20 мм)  $R_y = 240 \text{ МПа} = 24,0 \text{ кН/см}^2$  (Приложение А табл. 1). Коэффициент условия работы  $\gamma_c = 0,9$ .

5. Определяем требуемый момент сопротивления балки  $W_x$ :

$$W_x = \frac{M}{R_y \gamma_c} = \frac{13989}{24 \cdot 0,9} = 647,64 \text{ см}^3.$$

6. По сортаменту (Приложение И) принимаем двутавр 35Б2, который имеет момент сопротивления близкий к требуемому.

Выписываем характеристики двутавра:  $W_x = 662,2 \text{ см}^3$ ;  $I_x = 11\,550 \text{ см}^4$ ;  $S_x = 373 \text{ см}^3$ ; толщина стенки  $t = 10 \text{ мм}$ ; высота  $h = 349 \text{ мм}$ ; ширина  $b = 155 \text{ мм}$ ; масса 1 м длины 43,3 кг/м, что близко к первоначально принятой, – оставляем нагрузки без изменения.

7. Для контроля производят проверку подобранного сечения двутавра по формуле

$$\sigma = \frac{M}{W_x} \leq R_y \gamma_c.$$

**Вывод.** Окончательно принимаем для изготовления балки двутавр 35Б2, отвечающий требованиям прочности.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 9, 10

### Тема 2.1.4. Расчет строительных конструкций, работающих на изгиб.

**Наименование работы:** Расчет и конструирование многопустотной и ребристой железобетонной плиты перекрытия.

**Цель работы:** - научиться выбирать расчетную схему плиты по конструктивным признакам;

- получить практические навыки по выбору расчетных характеристик по таблицам СП;

- получить практические навыки по расчету плит на прочность и умению пользоваться формулами .

- научиться работать с таблицами сортамента арматурной стали.

**Продолжительность работы:** 8 ч

**Оснащение:** ноутбук, проектор, экран, презентация «Практическая работа № 9, 10. Расчет и конструирование многопустотной и ребристой железобетонной плиты перекрытия», чертёжные принадлежности, тетрадь для практических работ.

В результате выполнения практической работы студент **должен:**

- **иметь** практический опыт выполнения расчетов по проектированию строительных конструкций, оснований;

- **уметь** выполнять расчеты нагрузок, действующих на конструкции; строить расчетную схему конструкции по конструктивной схеме; выполнять статический расчет; проверять несущую способность конструкций; подбирать сечение элемента от приложенных нагрузок; выполнять расчеты соединений элементов конструкции; пользоваться компьютером с применением специализированного программного обеспечения;

- **знать** международные стандарты по проектированию строительных конструкций.

**Литература:** Сетков В.И., Сербин Е.П. Строительные конструкции. Расчет и проектирование: Учебник. – 4-е изд., испр. и доп. – Москва: ИНФРА-М, 2023. – 447 с.

### Исходные данные:

№ варианта	Тип здания	Район строительства	Марка плиты	Класс бетона	Класс напрягаемой арматуры
1	Принять по курсовому проекту по ПМ 01, теме 1.4 Архитектура зданий			B15	A-IV (A 600)
2				B20	A-V (A800)
3				B25	A-VI (A 1000)
4				B15	A-IV (A 600)
5				B12.5	A-V (A800)
6				B15	A-VI (A 1000)
7				B20	A-IV (A 600)
8				B25	A-V (A800)
9				B12.5	A-VI (A 1000)
10				B15	A-IV (A 600)

## Указания по выполнению работы:

### Проектирование плиты перекрытия

#### 1. Описание плиты перекрытия:

Плита железобетонная сборного типа предварительно напряженная многпустотная (ребристая).

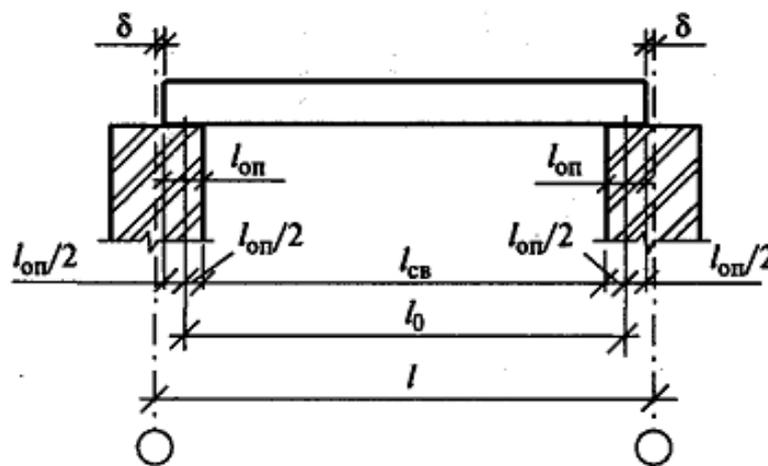
Способ натяжения арматуры.....

Бетон тяжелый проектной прочности на сжатие класса....., подвергнутый тепловой обработке при атмосферном давлении.

Размеры плиты: номинальные  $l^n \cdot b^n \cdot h^n = \dots \cdot \dots \cdot \dots$  мм;

конструктивные  $l \cdot b \cdot h = \dots \cdot \dots \cdot \dots$  мм.

#### 2. Установление расчетной схемы



Расчетная длина

$$l_0 = l - 2(l_{оп}/2) - 2\delta;$$

#### 3. Сбор нагрузки на плиту. Определение расчетных усилий.

Таблица 2 - Сбор нагрузки на один квадратный метр перекрытия

Наименование нагрузки	Подсчет нагрузки	Нормативная нагрузка (Па)	$\gamma_f$	Расчетная нагрузка (Па)
1	2	3	4	5
<b>1. Постоянные нагрузки</b>				
	tpg =			
	mg =			
Итого		$q_n =$	-	$q =$
<b>2. Временные нагрузки</b>				
Полезная нагрузка на перекрытие	-	$p_n =$		$p =$
Всего	$q^n_{\text{перекрытия}} = q_n + p_n$ (Па)		$q_{\text{перекрытия}} = q + p$ (Па)	

Расчетная нагрузка 1м длины плиты:  $q = q_{\text{перекрытия}} \cdot b^n = \dots$  Н/м ( $b^n$  - см. п.1)

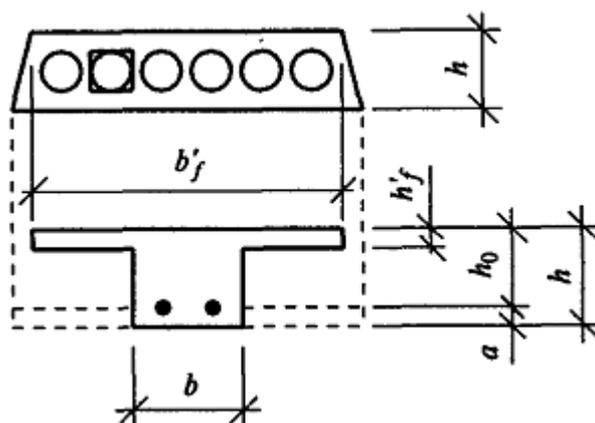
Расчетный изгибающий момент ( $M$ )

$$M_{max} = \frac{ql_0^2}{8};$$

Расчетная поперечная сила ( $H$ )

$$Q_{max} = \frac{ql_0}{2};$$

#### 4. Конструирование поперечного сечения плиты. Приведение к тавровому сечению.



Размеры приведенного сечения  $h = 220$  мм;  $h_f' = 30$  мм

$b_f' = b_{констр.}$ ;  $b = b_{констр.} - n \cdot D = \dots$  мм  $n$  - число пустот в плите.

Рабочая высота плиты:  $h_0 = h - a = \dots$  мм; ( $a = 20 \dots 50$  мм)

#### 5. Определение расчетных характеристик материалов плиты.

Для бетона класса В...

(см. исходные данные):

$R_b = \dots$  МПа – расчетное сопротивление бетона сжатию (см. приложение А, табл.2)

$R_{bt} = \dots$  МПа – расчетное сопротивление бетона растяжению (см. приложение А, табл.2)

Для напрягаемой арматуры класса А - ...

(см. исходные данные):

$R_s = \dots$  МПа – расчетное сопротивление бетона сжатию (см. приложение А, табл.3)

$R_{s,сек} = \dots$  МПа – расчетное сопротивление бетона сжатию (см. приложение А, табл.3)

#### 6. Определение величины предварительного напряжения арматуры.

Выбирается величина предварительного напряжения арматуры в пределах

$$\sigma_{sp} = (0,8 \dots 0,9) R_{s,сек} = \dots \text{ МПа.}$$

Принимаю  $\sigma_{sp} = \dots$  МПа.

Принятая величина предварительного напряжения арматуры  $\sigma_{sp}$  должна удовлетворять условиям:

$$\begin{aligned}\sigma_{sp} + P &\leq R_{s,ser} \\ \sigma_{sp} - P &\geq 0,3 \cdot R_{s,ser},\end{aligned}$$

где  $P$  – допустимое отклонение значения предварительного напряжения.

$P = 0,05 \cdot \sigma_{sp}$  - при механическом способе натяжения арматуры;

$P = 30 + \frac{360}{l}$  - при электротермическом способе натяжения арматуры;

здесь  $l$  – длина натягиваемого стержня (расстояние между наружными гранями упоров, м)

Определяется коэффициент точности натяжения арматуры  $\gamma_{sp}$ :

$$\gamma_{sp} = 1 - \Delta\gamma_{sp}$$

где  $\Delta\gamma_{sp} = 0,1$  - при механическом способе натяжения арматуры;

$$\Delta\gamma_{sp} = 0,5 \cdot \frac{P}{\sigma_{sp}} \cdot \left(1 + \frac{1}{\sqrt{n_p}}\right) \geq 0,1$$
 - при электротермическом способе

натяжения арматуры;

здесь  $n_p$  – число напрягаемых стержней в элементе.

Величина  $\sigma_{sp}$  умножается на коэффициент  $\gamma_{sp}$  и в дальнейших расчетах используется только в таком виде  $\sigma_{sp} \gamma_{sp}$ .

Определяются величины  $A_{0max}$  и  $\xi_R$ :

$$\xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{SR}}{\sigma_{sc,u}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)};$$

где  $\omega = 0,85 - 0,008 \cdot R_b$ ;  $\left[R_b \cdot \frac{\gamma_{b2}}{\gamma_n}, МПа\right]$

$\sigma_{SR} = R_{sp} + 400 - \sigma_{sp} - \Delta\sigma_{sp}$ ; - для сталей классов А-IV (А600), А-V (А800), А-VI (А1000).

$\Delta\sigma_{sp} = 0$  - при электротермическом способе натяжения арматуры;

$\Delta\sigma_{sp} = 1500 \cdot \frac{\sigma_{sp}}{R_{sp}} - 1200 \geq 0$  - при механическом способе натяжения арматуры;

$\sigma_{sc,u} = 400$ , если  $\gamma_{b2} > 1$

$\sigma_{sc,u} = 500$ , если  $\gamma_{b2} < 1$

$$A_{0max} = \xi_R \cdot (1 - 0,5 \cdot \xi_R);$$

Определяется положение нейтральной оси:

если  $M \leq R_b \cdot b'_f \cdot h'_f \cdot (h_0 \cdot 0,5 \cdot h'_f)$ , то нейтральная ось проходит по полке и элемент рассчитывается как прямоугольный с шириной  $b = b'_f$

Определяется коэффициент  $A_0$ :

$$A_0 = \frac{M}{R_b \cdot b \cdot h_0^2}, \text{ через } A_0 \rightarrow \xi; \quad \xi - \text{ Приложение Ж, табл. 1 ;}$$

Сравниваются  $A_0$  и  $A_{0 \max}$ :

если  $A_0 \leq A_{0 \max}$ , то продолжить расчет;

если  $A_0 \geq A_{0 \max}$ , то следует увеличить размеры сечения элемента.

Определяется коэффициент  $\gamma_{56}$

$\gamma_{56} = 1,2$ - для арматурной стали класса А-IV (А600),

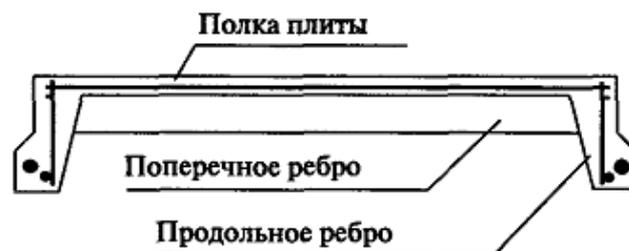
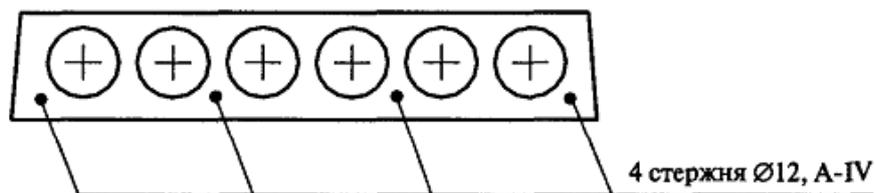
$\gamma_{56} = 1,15$  – для арматурной стали класса А-V (А800),

$\gamma_{56} = 1,1$  – для арматурной стали класса А-VI (А1000).

Определяется площадь сечения рабочей предварительно напряженной арматуры  $A_{sp}$ :

$$A_{sp} = \xi \cdot b \cdot h_0 \cdot \frac{R_b}{\gamma_{56} \cdot R_{sp}};$$

**Принимаю:** рабочую арматуру по сортаменту (Приложение Е)



**Пример.** Определить диаметр предварительно напряженных стержней для армирования железобетонной пустотной плиты с круглыми пустотами. Сечение плиты рис.1. Длина плиты  $L=5980\text{мм}$ . На плиту действует изгибающий момент  $M=4100\text{ кН}\cdot\text{см}$ .

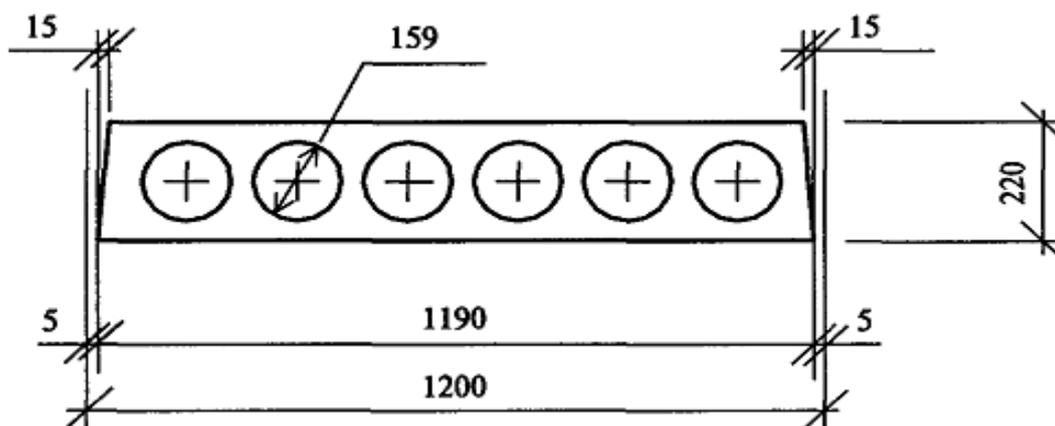


Рисунок 1. Сечение плиты

**Решение.**

1. Задаемся классом предварительно напряженной арматуры – **A-IV**; способом натяжения - электротермический

2. Устанавливаем класс прочности бетона – **B25**, бетон тяжелый, подвергнутый тепловой обработке при атмосферном давлении; коэффициент условия работы бетона  $= 0,9$ .

3. Вычисляем характеристики материалов (Приложение А, табл.2,3)

$$R_b = 14,5 \text{ МПа}; R_{bt} = 1,05 \text{ МПа}$$

$$R_s = 510 \text{ МПа}; R_{s,sek} = 590 \text{ МПа}$$

4. Определяем величину  $p$ :

$$P = 30 + 360/L = 30 + 360/6 = 90 \text{ МПа}, \quad \text{где } L - \text{ в метрах}$$

5. Задаемся предварительным напряжением арматуры:

$$\sigma_{sp} = (0,8 \dots 0,9) R_{s,sek} \text{ МПа}. \quad \text{Принимаю } \sigma_{sp} = 0,8 \cdot 590 = 472 \text{ МПа}.$$

6. Проверяем принятое напряжение по условиям

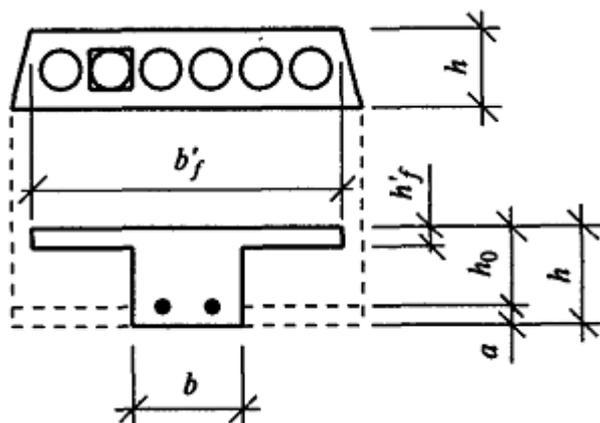
$$472 + 90 = 562 \text{ МПа} \text{ меньше } 590 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{sp} + P \leq R_{s,ser}$$

$$\sigma_{sp} - P \geq 0,3 \cdot R_{s,ser} \quad 472 - 90 \text{ больше } 0,3 \cdot 590 = 177 \text{ МПа}$$

Условия выполняются, окончательно принимаем предварительное напряжение в арматуре  $\sigma_{sp} = 472 \text{ МПа}$ .

7. Определяем расчетное сечение плиты;



Размеры приведенного сечения  $h=220\text{мм}$ ;  $h'_f=30\text{мм}$ ;  $b'_f = b_{\text{констр.}}$  ;  
 $b = b_{\text{констр.}} - n \cdot D = 116 - 15,9 \cdot 6 = \text{мм}$   $n$ - число пустот в плите.

Рабочая высота плиты:  $h_0 = h - a = 220 - 30 = 190\text{мм}$ ; ( $a = 20 \dots 50\text{мм}$ )

8. Определяем положение нейтральной оси:

$$M \leq R_b \cdot b'_f \cdot h'_f \cdot (h_0 + 0,5 \cdot h'_f)$$

$M_{\text{сеч.}} = 1,45 \cdot 0,9 \cdot 116 \cdot 3(190 - 3/2) = 7947,45 \text{ кН} \cdot \text{м}$  больше  $M = 4100 \text{ кН} \cdot \text{м}$   
 нейтральная ось проходит по полке и элемент рассчитывается как  
 прямоугольный с шириной  $b = b'_f$  ;

9. Определяем коэффициент  $A_0$ :

$$A_0 = \frac{M}{R_b \cdot b \cdot h_0^2} = 4100 / (1,45 \cdot 0,9 \cdot 116 \cdot 190^2) = 0,075 \text{ меньше } A_{0\text{Р}} = 0,43 - \text{продолжить}$$

расчет через  $A_0 \rightarrow \xi$ ;  $\xi$  - Приложение Ж, табл. 2 ;

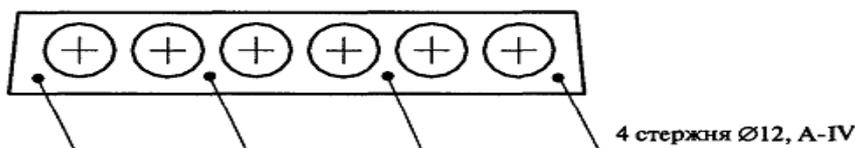
10. Определяется коэффициент  $\gamma_{56}$

$\gamma_{56} = 1,2$ - для арматурной стали класса А-IV (А600),

11. Определяется площадь сечения рабочей предварительно напряженной арматуры  $A_{sp}$ :

$$A_{sp} = \xi \cdot b \cdot h_0 \cdot \frac{R_b}{\gamma_{56} \cdot R_{sp}} = (0,08 \cdot 116 \cdot 190) \cdot 1,45 / (1,2 \cdot 51) = 3,76 \text{ см}^2$$

**Принимаю:** рабочую арматуру по сортаменту (Приложение Е)



## Практическое занятие №11

### Тема 2.1.5. Основные принципы расчета фундаментов.

#### Наименование работы: Расчёт и конструирование центрально-загруженного столбчатого фундамента

**Цель работы:** - научиться распределять напряжений под подошвой фундамента и в массиве дисперсного грунта, конструкции фундаментов неглубокого заложения

- получить практические навыки по выбору расчетных характеристик по таблицам СНиП;

- получить практические навыки по расчету тела фундамента, подбору арматуры

- научиться работать с таблицами сортамента арматурной стали.

#### Продолжительность работы: 2 ч

**Оснащение:** ноутбук, проектор, экран, презентация «Практическая работа №11 Расчёт и конструирование центрально-загруженного столбчатого фундамента», чертёжные принадлежности, тетрадь для практических работ.

В результате выполнения практической работы студент **должен:**

-**иметь** практический опыт выполнения расчетов по проектированию строительных конструкций, оснований;

-**уметь** выполнять расчеты нагрузок, действующих на конструкции; строить расчетную схему конструкции по конструктивной схеме; выполнять статический расчет; проверять несущую способность конструкций; подбирать сечение элемента от приложенных нагрузок; выполнять расчеты соединений элементов конструкции; пользоваться компьютером с применением специализированного программного обеспечения;

-**знать** международные стандарты по проектированию строительных конструкций.

**Литература:** Сетков В.И., Сербин Е.П. Строительные конструкции. Расчет и проектирование: Учебник. – 3-е изд., доп. и испр. - М. ИНФРА-М, 2017. – 444с.

#### Исходные данные

№ варианта	Нагрузка N	Нагрузка $N_{ser}$	Глубина заложения	Расчётное сопротивление грунта	Сечение колонны	Класс бетона	Класс арматуры
1	100	80	1,2	110	300x300	B15	A-II
2	120	100	1,2	120	300x300	B15	A-III
3	130	100	1,2	130	300x300	B15	A-II
4	140	120	1,3	140	300x300	B15	A-III
5	150	120	1,3	150	300x300	B15	A-II
6	160	130	1,3	160	300x300	B15	A-III
7	170	140	1,4	170	300x300	B15	A-II
8	180	150	1,4	180	300x300	B15	A-III
9	190	170	1,5	190	300x300	B15	A-II
10	200	170	1,5	200	300x300	B15	A-III

11	220	180	1,5	200	300x300	B20	A-II
12	240	200	1,5	200	300x300	B20	A-III
13	250	200	1,5	200	300x300	B20	A-II
14	260	200	1,6	200	300x300	B15	A-III
15	280	250	1,6	220	300x300	B15	A-II
16	300	250	1,6	220	300x300	B15	A-III
17	320	270	1,7	220	350x350	B15	A-II
18	340	300	1,7	220	350x350	B20	A-III
19	350	300	1,7	230	350x350	B20	A-II
20	360	320	1,8	230	350x350	B20	A-III
21	380	350	1,8	230	350x350	B20	A-II
22	400	350	1,8	230	350x350	B20	A-III
23	410	360	1,9	240	350x350	B20	A-II
24	420	370	1,9	240	350x350	B20	A-III
25	430	400	1,9	240	350x350	B20	A-II
26	440	400	2,0	240	350x350	B20	A-III
27	450	400	2,0	250	350x350	B20	A-II
28	470	420	2,0	250	350x350	B20	A-III
29	480	450	2,0	250	350x350	B20	A-II
30	500	450	2,0	250	350x350	B20	A-III

### Указания по выполнению работы:

- расчет площади арматуры фундамента

Расчет прочности тела фундамента (рис. 1) в отличие от расчета основания ведется по первой группе предельных состояний, поэтому используется расчетная нагрузка  $N$ . Под подошвой фундамента от действия нагрузки возникает отпор грунта (реакция)  $p = N/A_f$  (кН/м<sup>2</sup>), фундамент деформируется, происходит изгиб подошвы фундамента (рис. 2). При этом может происходить его разрушение за счет образования трещин по нормальным сечениям, т.е. подошва фундамента работает как плита. Арматура, поставленная в нижней части фундамента (арматурные сетки), воспринимает растягивающие напряжения. Расчет необходимо проверить сечение по краю колонны и те места, где происходит изменение высоты фундамента, которые являются наиболее опасными (сечения 1-1, 2-2, рис. 3).

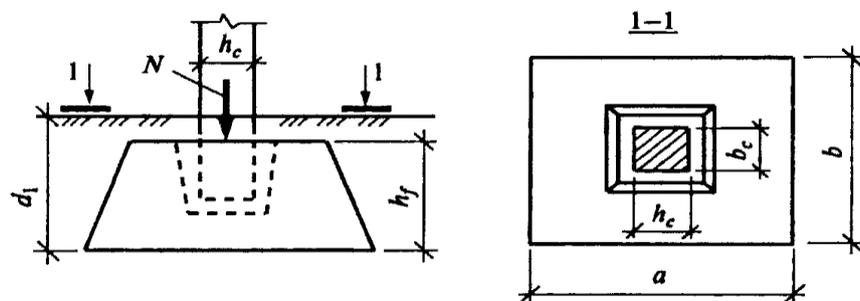


Рис. 1

Из сказанного понятно, что арматура подошвы фундамента рассчитывается как арматура изгибаемых элементов, воспринимающая растягивающие усилия, возникающие в растянутой зоне бетона. Для определения изгибающего момента в сечении 1–1 рассматриваем отсеченную сечением часть фундамента как консоль, равномерно загруженную снизу реакцией грунта  $p$ . Равнодействующая реакции грунта на отсеченной части  $Q_1$  приложена в центре тяжести консоли, для сечений 1–1, 2–2 соответственно:  $Q_1, Q_2$ :

$$\begin{aligned} Q_1 &= pl_1b; \\ Q_2 &= pl_2b. \end{aligned}$$

Момент, возникающий в сечении 1–1, определяется как произведение равнодействующей  $Q_1$  на расстояние от равнодействующей до сечения:

$$M_1 = Q_1 \frac{l_1}{2} = \frac{pl_1^2b}{2};$$

аналогично можно определить изгибающий момент для сечения 2–2:

$$M_2 = Q_2 \frac{l_2}{2} = \frac{pl_2^2b}{2}.$$

Требуемая площадь арматуры определяется из формулы

$$A_s = \frac{M}{0,9h_0R_s}.$$

При нахождении площади арматуры в уравнение соответственно подставляется  $M_1$  или  $M_2$  и соответствующая рассчитываемым сечениям рабочая высота  $h_{01}$  или  $h_{02}$ .

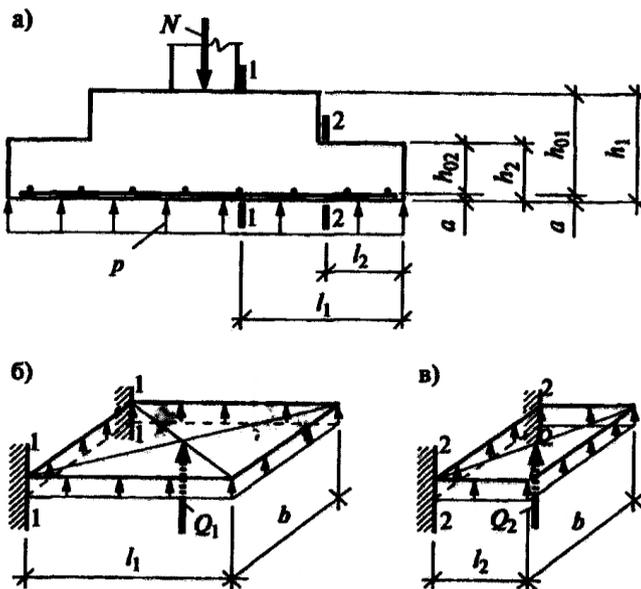


Рис. 3

**Пример.** Рассчитать фундамент по материалу под железобетонную колонну гражданского здания. Нагрузка на фундамент с учетом коэффициента надежности по ответственности  $N = 535,52$  кН. Глубина заложения фундамента  $d_1 = 1,35$  м. Размеры подошвы фундамента  $ab = 1,3 \cdot 1,3$  м. Размер сечения колонны  $h_c b_c = 300 \cdot 300$  мм. Конструкцию фундамента см. на рисунке 4 .

### Решение.

1. Определяем давление под подошвой фундамента:  
площадь фундамента  $A_f = ab = 1,3 \cdot 1,3 = 1,69 \text{ м}^2$ ; давление  $p = N/A_f = 535,52/1,69 = 316,88 \text{ кПа}$ .

2. Определяем расчетные сечения фундамента. Рассчитываем сечение, проходящее по краю колонны (1-1) (см. рис. 4).

3. Задаемся защитным слоем бетона  $a_b = 3,0 \text{ см}$  (сборный фундамент) и принимаем расстояние от подошвы фундамента до центра тяжести арматуры  $a = 4,0 \text{ см}$ ; находим рабочую высоту фундамента  $h_{01} = h_1 - a = 105 - 4,0 = 101 \text{ см}$ .

4. Принимаем: класс прочности бетона В20; коэффициент условия работы бетона  $\gamma_{b2} = 1,0$ ; класс арматуры А-III:  $R_b = 11,5 \text{ МПа}$ ,  $R_{bt} = 0,90 \text{ МПа}$ ,  $R_s = 365 \text{ МПа}$  ( Приложение А, табл. 2,3);

4. Поперечная сила в рассчитываемом сечении:

$$Q_1 = pl, \dot{b} = 316,88 \cdot 0,5 \cdot 1,3 = 205,97 \text{ кН.}$$

5. Изгибающий момент в сечении 1-1

$$M_1 = Q_1 \frac{l}{2} = 205,97 \cdot \frac{0,5}{2} = 51,49 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

7. Требуемая площадь арматуры фундамента в сечении 1-1

$$A_s = \frac{M}{0,9h_0R_s} = \frac{5149}{0,9 \cdot 101 \cdot 36,5} = 1,55 \text{ см}^2.$$

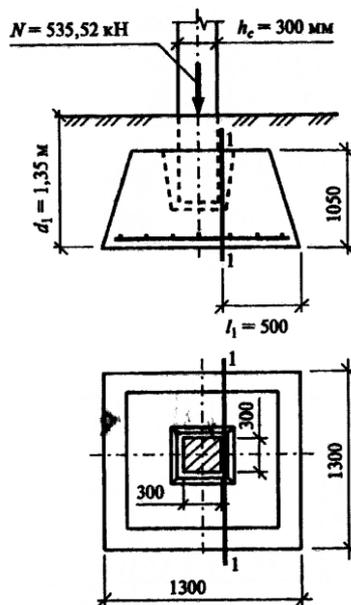


Рис. 4

8. Принимаем арматуру (в арматурных сетках фундамента рекомендуется назначать шаги стержней арматуры  $S = 100, 150, 200 \text{ мм}$ ): задаемся шагом стержней арматуры  $S = 200 \text{ мм}$ , определяем количество стержней, расположенных в одном направлении арматурной сетки:

$$n_s = \frac{a - 100}{S} + 1 = \frac{1300 - 100}{200} + 1 = 7 \text{ штук;}$$

принимаем (по Приложению 3) диаметр арматуры  $7\text{Ø}10$ , А-III;  $A_s = 5,5 \text{ см}^2$ , что больше, чем требуется по расчету, но соответствует рекомендуемому минимальному диаметру арматуры для арматурных сеток фундамента; конструируем арматурную сетку фундамента (рис. 5).

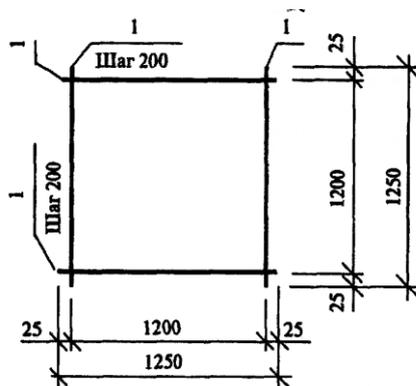


Рисунок 5

11. Проверяем фундамент на продавливание; определяем стороны основания пирамиды продавливания:

$$a_{\text{н.о.п}} = h_c + 2h_0 = 30 + 2 \cdot 101 = 232 \text{ см} > a = 130 \text{ см};$$

$$b_{\text{н.о.п}} = a_{\text{н.о.п}} = 232 \text{ см} > b = 130 \text{ см}.$$

**Вывод:** Так как размеры нижнего основания пирамиды продавливания больше размеров подошвы фундамента, значит, пирамида продавливания выходит за пределы фундамента, при этом прочность на продавливание считается обеспеченной.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 12

### Тема 2.1.5. Основные принципы расчета фундаментов.

**Наименование работы:** Расчёт и конструирование свайных фундаментов

**Цель работы:** - научиться распределять напряжений под подошвой фундамента и в массиве дисперсного грунта, конструкции фундаментов неглубокого заложения

- получить практические навыки по выбору расчетных характеристик по таблицам СП;

- получить практические навыки по расчету тела фундамента, подбору арматуры

- научиться работать с таблицами сортамента арматурной стали.

**Продолжительность работы:** 6 ч

**Оснащение:** ноутбук, проектор, экран, презентация «Практическая работа № 12 Расчёт и конструирование свайных фундаментов», чертёжные принадлежности, тетрадь для практических работ.

В результате выполнения практической работы студент **должен:**

- **иметь** практический опыт выполнения расчетов по проектированию строительных конструкций, оснований;

- **уметь** выполнять расчеты нагрузок, действующих на конструкции; строить расчетную схему конструкции по конструктивной схеме; выполнять статический расчет; проверять несущую способность конструкций; подбирать сечение элемента от приложенных нагрузок; выполнять расчеты соединений элементов конструкции; пользоваться компьютером с применением специализированного программного обеспечения;

- **знать** международные стандарты по проектированию строительных конструкций.

**Литература:** Сетков В.И., Сербин Е.П. Строительные конструкции. Расчет и проектирование: Учебник. – 4-е изд., испр. и доп. – Москва: ИНФРА-М, 2023. – 447 с.

### Исходные данные

№ варианта	Нагрузка N1	Толщина слоя	Расчётное сопротивление грунта	Сечение сваи	Класс бетона	Класс арматуры
1	100	3,2; 3,8;4,1	110	300x300	B15	A-II
2	120	4,2; 1,8;8,1	120	300x300	B15	A-III
3	130	2,2; 2,4;4,1	130	300x300	B15	A-II
4	140	5,2; 4,8;5,1	140	300x300	B15	A-III
5	150	3,4; 5,1;7,1	150	300x300	B15	A-II
6	160	4,2; 2,8;7,1	160	300x300	B15	A-III

				0		
7	170	3,5; 3,8;6,6	170	300x30 0	B15	A-II
8	180	4,2; 2,8;5,2	180	300x30 0	B15	A-III
9	190	3,2; 3,8;4,1	190	300x30 0	B15	A-II
10	200	4,2; 1,8;8,1	200	300x30 0	B15	A-III
11	220	2,2; 2,4;4,1	200	300x30 0	B20	A-II
12	240	5,2; 4,8;5,1	200	300x30 0	B20	A-III
13	250	3,4; 5,1;7,1	200	300x30 0	B20	A-II
14	260	4,2; 2,8;7,1	200	300x30 0	B15	A-III
15	280	3,5; 3,8;6,6	220	300x30 0	B15	A-II
16	300	4,2; 2,8;5,2	220	300x30 0	B15	A-III
17	320	3,2; 3,8;4,1	220	350x35 0	B15	A-II
18	340	4,2; 1,8;8,1	220	350x35 0	B20	A-III
19	350	2,2; 2,4;4,1	230	350x35 0	B20	A-II
20	360	5,2; 4,8;5,1	230	350x35 0	B20	A-III
21	380	3,4; 5,1;7,1	230	350x35 0	B20	A-II
22	400	4,2; 2,8;7,1	230	350x35 0	B20	A-III
23	410	3,5; 3,8;6,6	240	350x35 0	B20	A-II
24	420	4,2; 2,8;5,2	240	350x35 0	B20	A-III
25	430	3,2; 3,8;4,1	240	350x35 0	B20	A-II
26	440	4,2; 1,8;8,1	240	350x35 0	B20	A-III
27	450	2,2; 2,4;4,1	250	350x35 0	B20	A-II
28	470	5,2; 4,8;5,1	250	350x35 0	B20	A-III
29	480	3,4; 5,1;7,1	250	350x35 0	B20	A-II
30	500	4,2; 2,8;7,1	250	350x35 0	B20	A-III

## Указания по выполнению работы:

### 1. Расчет свай по несущей способности грунта.

Несущая способность грунта основания висячей сваи

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{cR} R A + u \sum \gamma_{cf} f_i h_i),$$

где  $\gamma_c$  = 1-коэффициент условий работы сваи в грунте ;

$R$  – расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи кПа (Приложение 3, табл.1);

$A$  – площадь сечения сваи;

$f_i$  - расчетное сопротивление  $i$  –го слоя грунта основания на боковой поверхности сваи, кПа (Приложение 3, табл.2);

$h_i$  - толщина  $i$  –го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи;

$\gamma_{cR}, \gamma_{cf}$  - коэффициенты условий работы грунта соответственно под нижним концом и боковой поверхности сваи

### 2. Количество свай в ростверке

$$n > N_d / P_{\min},$$

где  $N_d$  - расчетная нагрузка, приходящаяся на свайный фундамент с учетом веса ростверка;

$P_{\min}$  – минимальная расчетная нагрузка, которую способна выдержать свая.

Для ленточных ростверков нагрузка на свайный фундамент  $N_d$  определяется на один погонный метр свайного фундамента и вместо количества свай определяют требуемый шаг свай  $a$

$$a < P_{\min} k / N_d ,$$

где  $k$ - число рядов свай.

**Пример.** Назначить длину свай и определить их шаг в ростверке под кирпичную стену. Нагрузка на один погонный метр ростверка  $N_1 = 350$ кН/м. Сваи забивные, железобетонные, сечением 300х300мм. Грунтовые условия и размеры сечения ростверка- см. рис.1

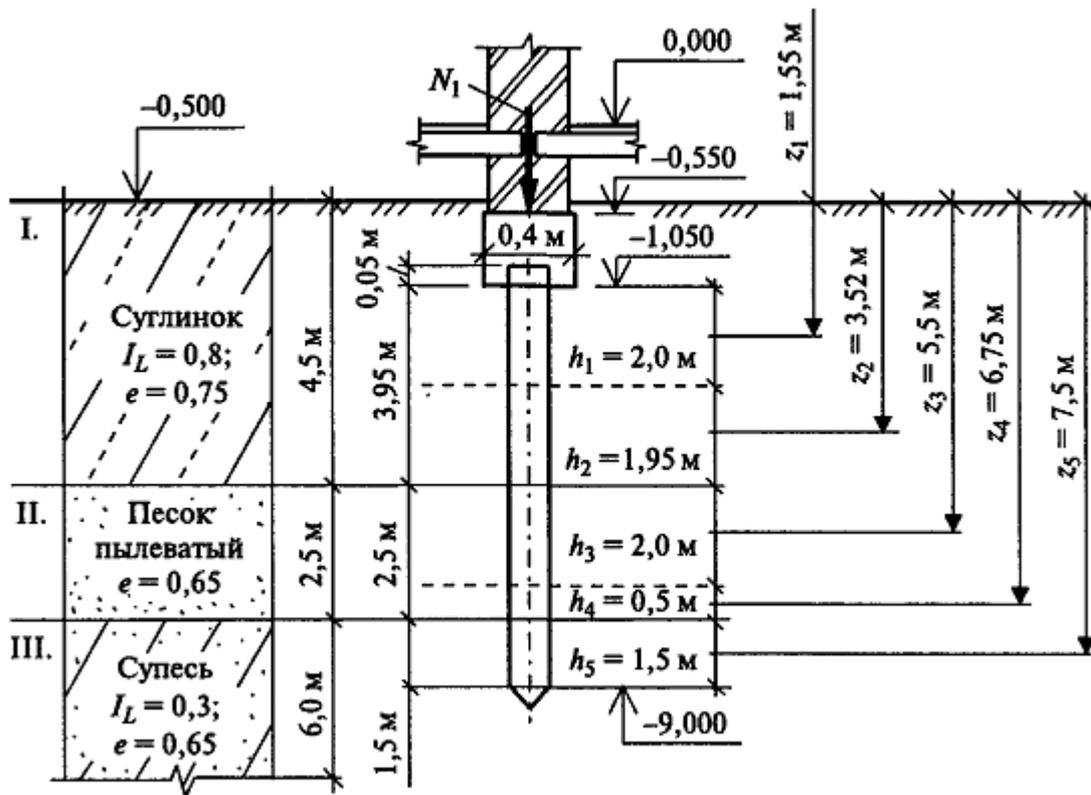


Рисунок 1 - Грунтовые условия

Решение.

1. Нагрузка от веса ростверка  $N_p = b h \gamma \gamma_f = 0,4 \cdot 0,5 \cdot 25 \cdot 1,1 = 5,5$  кН/м.

Итого нагрузка на сваи  $N_d = N_I + N_p = 350 + 5,5 = 355,5$  кН/м

С учетом коэффициента надежности по ответственности  $\gamma_n = 0,95$  нагрузка на сваи  $N_d = 355,5 \cdot 0,95 = 337,725$  кН/м.

2. Находим несущим слоем супесь. В несущий слой свая должна заглубляться не менее чем на 1 м. Принимаем забивные сваи  $l = 8$  м, с центральным армированием ствола, сечением 300x300 мм. Голова свай заделывается в ростверк на 50 мм. Так как нижний конец свай опирается на сжимаемые грунты --- сваи висячие.

3. Определяем расстояние от планировочной поверхности грунта до острия сваи :  $z = 8,5$  м;

Расчетное сопротивление грунта  $R = 3400$  кПа.

4. Пласты грунта, с которыми соприкасается боковая поверхность сваи и имеющие высоту более 2 м, разбиваем на слои не более 2 м. Получаем пять слоев (см. рис.1) высотой  $h_1 = 2,0$  м;  $h_2 = 1,96$  м;  $h_3 = 2,0$  м;  $h_4 = 0,5$  м;  $h_5 = 1,5$  м.

5. Определяем расстояние от планировочной поверхности до середины каждого слоя грунта  $z_1 = 1,55$  м;  $z_2 = 3,52$  м;  $z_3 = 5,5$  м;  $z_4 = 6,7$  м;  $z_5 = 7,75$  м.

6. Сопротивление  $f$  по боковой поверхности сваи для каждого слоя грунта

$f_1 = 4,55$  кПа;  $f_2 = 7,52$  кПа;  $f_3 = 30,0$  кПа;  $f_4 = 31,75$  кПа;  $f_5 = 43,75$  кПа.

7. Устанавливаем значения коэффициентов:  $\gamma_{cR} = 1,0$ ;  $\gamma_{cf} = 1,0$ ;  $\gamma_c = 1,0$ .

8. Площадь сваи  $A = 0,09$  м<sup>2</sup>; периметр сечения сваи  $u = 1,2$  м.

9. Несущая способность свай:  $F_d = \gamma_c (\gamma_{cr} RA + u \sum \gamma_{cf} f_i h_i) = 1,0(1,0 \cdot 3400 \cdot 0,09 + 1,2 \cdot 1,0(4,55 \cdot 2,0 + 7,52 \cdot 1,95 + 30,0 \cdot 2,0 + 31,75 \cdot 0,5 + 43,75 \cdot 1,5)) = 504,3$  кН.

10. Определяем нагрузку, которую может выдержать свая с учетом коэффициента надежности  $\gamma_k = 1,4$ , так как несущая способность свай определена расчетом,  $P = F_d / \gamma_k = 504,3 / 1,4 = 360,2$  кН; несущая способность висячих свай по грунту обычно меньше несущей способности свай по материалу, поэтому

$$P_{min} = P = 360,2 \text{ кН.}$$

11. Определяем шаг свай, приняв однорядное расположение свай в ростверке,  $A < P_{min} k / N_d = 360,2 \cdot 1 / 337,725 = 1,07$  м; для висячих свай минимальный шаг определяется по формуле  $a_{min} = 3d = 3 \cdot 0,3 = 0,9$  м; требуемый шаг свай больше минимально допустимого расстояния между осями свай.

Вывод. Устанавливаем сваи в один ряд с шагом  $a = 1,07$  м.

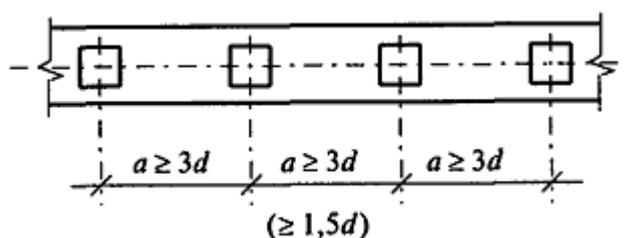


Рисунок 2 - Размещение свай

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №13

### Тема 2.1.5. Основные принципы расчета фундаментов.

**Наименование работы:** Расчёт осадки оснований

**Цель работы:** - научиться распределять напряжений под подошвой фундамента и в массиве дисперсного грунта, конструкции фундаментов неглубокого заложения

- получить практические навыки по выбору расчетных характеристик по таблицам СП;

- получить практические навыки по расчету тела фундамента, подбору арматуры

- научиться работать с таблицами сортамента арматурной стали.

**Продолжительность работы:** 2 ч

**Оснащение:** ноутбук, проектор, экран, презентация «Практическая работа № 13. Расчет осадки основания», чертёжные принадлежности, тетрадь для практических работ.

В результате выполнения практической работы студент **должен:**

- **иметь** практический опыт выполнения расчетов по проектированию строительных конструкций, оснований;

- **уметь** выполнять расчеты нагрузок, действующих на конструкции; строить расчетную схему конструкции по конструктивной схеме; выполнять статический расчет; проверять несущую способность конструкций; подбирать сечение элемента от приложенных нагрузок; выполнять расчеты соединений элементов конструкции; пользоваться компьютером с применением специализированного программного обеспечения;

- **знать** международные стандарты по проектированию строительных конструкций.

**Литература:** Сетков В.И., Сербин Е.П. Строительные конструкции. Расчет и проектирование: Учебник. – 4-е изд., испр. и доп. – Москва: ИНФРА-М, 2023. – 447 с.

### Исходные данные

№ варианта	Нагрузка N	Толщина слоя мм	Глубина заложения м	Расчётное сопротивление грунта Па	Вид грунта
1	500	2080	1,2	110	Супесь
2	320	3100	1,2	120	Суглинок
3	230	2100	1,2	130	Глина
4	440	1120	1,3	140	Песок средней крупности
5	350	4120	1,3	150	Песок мелкий
6	560	5130	1,3	160	Супесь
7	670	3140	1,4	170	Суглинок
8	280	6150	1,4	180	Глина
9	590	8170	1,5	190	Песок средней крупности
10	200	4170	1,5	200	Песок мелкий

## Последовательность расчета осадок основания методом послойного суммирования

1. Бытовое давление на глубине заложения фундамента

$$p_b = g(p_1 h_1 + p_2 h_2)$$

2. Дополнительное давление под подошвой фундамента

$$p_{oc} = p_{cp} - p_b$$

3. Ординаты эпюры бытового давления по формуле и вспомогательной эпюрой  $0,2 p_b$  по каждому слою.

Плотность грунта во взвешенном состоянии по формуле:

$$p' = \left( \frac{p_s - p_B}{1 + e} \right);$$

4. Ординаты эпюры дополнительного давления определяют по формуле, значения коэффициента  $\alpha$  принимают по табл. СНиП II-15-74. Обычно такие вычисления выполняют в табличной форме (табл. 1) в интервалах значений  $m=2z/b=0,4$ , где  $b=1,6$  м.

Таблица 1- вычисление значений ординат эпюры дополнительных давлений

$m=2z/b$	$z=mb/2, м$	$\alpha$ при $n=1/b > 10$	$p_z = \alpha p_0$ , кПа	Слой основания

Для определения осадок слоев сжимаемую толщину по высоте разобьем на отдельные слои так, чтобы в пределах каждого слоя каждого слоя был грунт одинаковой сжимаемости. Полная осадка равна сумме осадок элементарных слоев:

$$S = \sum_{i=1}^n h_i p_{zcp} \left( \frac{\beta}{E_{oi}} \right) = \beta \sum_{i=1}^n \left[ \frac{(p_{zi} + p_{z(i+1)})}{2} \right] * \frac{h_i}{E_{oi}}$$

где  $\beta=0,8$  для всех видов грунтов.

**Пример.** Определение методом послойного суммирования осадку ленточного сборного фундамента под наружную кирпичную стену жилого здания.

Ширина фундамента 1,6 м, среднее давление под подошвой  $p_{cp}=0,255$  МПа.

*Решение.*

Определим бытовое давление на глубине заложения фундамента

$$p_b = g(p_1 h_1 + p_2 h_2) = 9,81 * (1,8 * 0,2 + 1,8 * 1,6) 10^3 = 31,8 * 10^3 \text{ Па}$$

Определим дополнительное давление под подошвой фундамента

$$p_{oc} = p_{cp} - p_{\delta} = 0,255 - 0,0318 = 0,223 \text{ МПа} = 223 \text{ кПа.}$$

Вычислим ординаты эпюры бытового давления по формуле и вспомогательной эпюрой  $0,2 p_{\delta}$ :

-на поверхности земли

$$p_{\delta} = 0; 0,2p_{\delta} = 0;$$

-на контакте 1-го и 2-го слоев, глубина 0,2 м –

$$p_{\delta 1} = 0,2 * 1,8 * 9,81 = 3,54 \text{ кПа}; 0,2p_{\delta 1} = 0,708 \text{ кПа}$$

-на контакте 2-го и 3-го слоев, глубина 2,5 м –

$$p_{\delta 2} = 3,54 + 0,2 * 1,8 * 9,81 = 44,14 \text{ кПа}; 0,2p_{\delta 2} = 8,83 \text{ кПа}$$

-на контакте 3-го и 4-го слоев, глубина 5 м –

$$p_{\delta 3} = 44,15 + 0,2 * 1,8 * 9,81 = 90,75 \text{ кПа}; 0,2p_{\delta 3} = 18,15 \text{ кПа}$$

- на уровне грунтовых вод, глубина 6,8 м –

$$p_{\delta 4} = 90,75 + 0,2 * 1,8 * 9,81 = 125,18 \text{ кПа}; 0,2p_{\delta 4} = 25,036 \text{ кПа}$$

- на контакте 4-го и 5-го слоев, глубина 8 м (ниже уровня грунтовых вод плотность грунта принята во взвешенном состоянии по формуле

$$p' = \left( \frac{p_s - p_B}{1 + e} \right);$$

$$p_{\delta 5} = 125,18 + \frac{9,81(2,75 - 1)}{1 + 0,65} * 1,2 = 137,67 \text{ кПа};$$

$$0,2p_{\delta 5} = 27,53 \text{ кПа};$$

-на основании 5-го слоя, глубина 11 м –

$$p_{\delta 6} = 135,67 + \frac{9,81(2,7 - 1)}{1 + 0,75} * 3 = 164,26 \text{ кПа};$$

$$0,2p_{\delta 6} = 32,85 \text{ кПа.}$$

Вычисленные значения ординат эпюры бытового давления и вспомогательной нанесены на схему .

Ординаты эпюры дополнительного давления определяют по формуле , значения коэффициента  $\alpha$  принимают по табл. СНиП II-15-74. Обычно такие вычисления выполняют в табличной форме (табл. 1) в интервалах значений  $m=2z/b=0,4$ , где  $b=1,6$  м.

Коэффициенты  $\alpha$  на границах слоев при  $m=0,875$  и  $7,75$  определены интерполяцией табличных данных. Значение  $p$ , приведенные в табл.1, нанесены на кривой 3. В точке пересечения эпюры дополнительных давлений (кривая 3) с вспомогательной (кривая 2) находится нижняя граница сжимаемой толщи:  $H_{ст}=7,5$  м.

Для определения осадок слоев сжимаемую толщю по высоте разобьем на отдельные слои так, чтобы в пределах каждого слоя каждого слоя был грунт одинаковой сжимаемости. Полная осадка равна сумме осадок элементарных слоев:

$$S = \sum_{i=1}^n h_i p_{zcp} \left( \frac{\beta}{E_{0i}} \right) = \beta \sum_{i=1}^n \left[ \frac{(p_{zi} + p_{z(i+1)})}{2} \right] * \frac{h_i}{E_{0i}},$$

где  $\beta=0,8$  для всех видов грунтов .

Осадка 2-го слоя

$$S = \left( \frac{220 + 215}{2} 32 + \frac{215 + 194}{2} 32 + \frac{194 + 184}{2} 6 \right) \frac{0,8}{21000} = 0,56 \text{ см};$$

Таблица 1- вычисление значений ординат эпюры дополнительных давлений

$m=2z/b$	$z=mb/2, \text{м}$	$\alpha$ при $n=l/b > 10$	$p_z = \alpha p_0$ , кПа (округленно)	Слой основания
0	0	1	220	Второй
0,4	0,32	0,977	215	
0,8	0,64	0,881	194	
0,875	0,7	0,834	184	
1,2	0,96	0,755	166	
1,6	1,28	0,642	141	
2	1,6	0,55	121	
2,4	1,82	0,477	105	
2,8	2,24	0,42	92	
3,2	2,56	0,374	82	
3,6	2,88	0,337	74	
4	3,2	0,306	67	Четвертый
4,4	3,52	0,28	61	
4,8	3,84	0,258	57	
5,2	4,16	0,239	53	
6	4,8	0,208	46	
7,75	6,2	0,162	36	
8,4	6,72	0,15	33	
9,4	7,5	0,134	29	
10	8	0,126	28	
11,5	9,2	0,109	24	

осадка 3-го слоя:

$$S_3 = \left( \frac{184 + 166}{2} 26 + \frac{166 + 141}{2} 32 + \frac{141 + 121}{2} 32 + \frac{121 + 105}{2} 22 + \frac{105 + 92}{2} 42 + \frac{92 + 82}{2} 32 + \frac{82 + 74}{2} 32 + \frac{74 + 67}{2} 32 \right) \times \frac{0,8}{37000} = 0,6 \text{ см};$$

осадка 4-го слоя:

$$S_4 = \left( \frac{67 + 61}{2} 32 + \frac{61 + 57}{2} 32 + \frac{57 + 53}{2} 32 + \frac{53 + 46}{2} 64 + \frac{46 + 36}{2} 140 \right) \frac{0,8}{10000} = 1,2 \text{ см};$$

осадка 5-го слоя (до  $z=H_{ст}=7,5 \text{ м}$ )

$$S_5 = \left( \frac{36 + 33}{2} 52 + \frac{33 + 29}{2} 78 \right) \frac{0,8}{15000} = 0,2 \text{ см};$$

Полная осадка фундамента:

$$S = \sum_1^5 S_i = 0,56 + 0,6 + 1,2 + 0,2 = 2,56 \text{ см} < 10 \text{ см}.$$

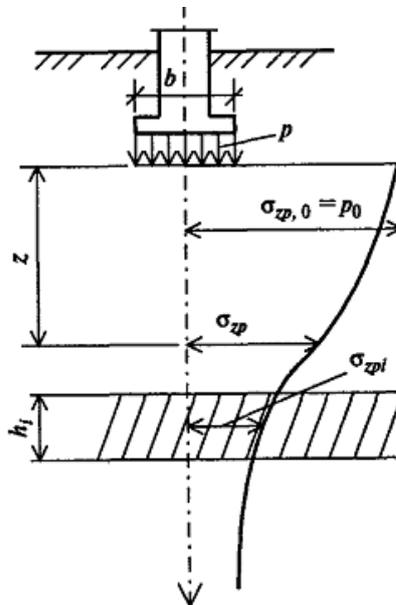


Рисунок 1 - Схема распределения давления в толще грунта

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №14

**Тема 2.1.6. Расчет и конструирование соединений стальных конструкций.**

**Наименование работы:** Расчёт сварных швов и болтовых соединений стальных конструкций.

**Цель работы:** В результате выполнения практической работы студент должен:

- **иметь** практический опыт выполнения расчетов по проектированию строительных конструкций, оснований;

- **уметь** выполнять расчеты нагрузок, действующих на конструкции; строить расчетную схему конструкции по конструктивной схеме; выполнять статический расчет; проверять несущую способность конструкций; подбирать сечение элемента от приложенных нагрузок; выполнять расчеты соединений элементов конструкции; пользоваться компьютером с применением специализированного программного обеспечения;

- **знать** международные стандарты по проектированию строительных конструкций.

**Продолжительность работы:** 4 ч

**Оснащение:** ноутбук, проектор, экран, презентация Практическая работа №14 «Расчёт сварных швов стальных конструкций», чертёжные принадлежности, тетрадь для практических работ.

**Литература:** Сетков В.И., Сербин Е.П. Строительные конструкции. Расчет и проектирование: Учебник. – 4-е изд., испр. и доп. – Москва: ИНФРА-М, 2023. – 447 с.

**Исходные данные:**

№ варианта	Марка стали	Уголок	Усилие, кН	Толщина фасонки, мм
1	C245	70x6	60	10
2	C235	63x5	65	12
3	C245	50x5	70	14
4	C235	70x5	75	10
5	C245	75x6	80	12
6	C235	80x6	85	14
7	C245	90x6	90	10
8	C235	50x5	95	12
9	C245	63x5	100	14
10	C235	70x5	110	10
11	C245	70x6	120	12
12	C235	75x5	60	14
13	C245	80x6	65	10
14	C235	90x6	70	12
15	C245	50x5	75	14
16	C235	63x5	80	10
17	C245	70x5	85	12
18	C235	70x6	90	14

19	C245	75x5	95	10
20	C235	80x6	100	12
21	C245	90x6	110	14
22	C235	50x5	120	10
23	C245	63x5	60	12
24	C235	70x5	65	14
25	C245	70x6	70	10
26	C235	75x5	75	12
27	C245	80x6	80	14
28	C235	90x6	85	10
29	C245	70x5	90	12
30	C235	70x6	95	14

## Указания по выполнению работы:

### 1. Расчет стыкового сварного шва на растяжение и сжатие

При работе на растяжение или сжатие стыковой сварной шов рассчитывается по формуле

$$\sigma_w = \frac{N}{tl_w} \leq R_{wy} \gamma_c,$$

где  $l_w$  – расчетная длина шва;  $l_w = l - 2t$  (рис. 1) (при сварке с технологическими планками  $l_w = l$ );

$t$  – расчетная толщина шва, равная наименьшей толщине соединяемых элементов;

$R_{wy}$  – расчетное сопротивление стыкового шва (при работе на растяжение, изгиб; при визуальном контроле качества шва и ручной или полуавтоматической сварке  $R_{wy} = 0,85R_y$ ; в остальных случаях  $R_{wy} = R_y$ , значение  $R_y$  – см. приложение А табл.1);

$\gamma_c$  – коэффициент условий работы.

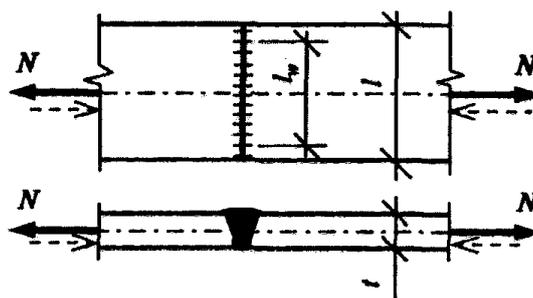


Рисунок 1

Расчетная длина флангового шва должна быть не более  $85\beta_f k_f$ , где  $\beta_f$  – коэффициент, принимаемый по табл. 34\* СП 16.13330.2017, за исключением швов, в которых усилие действует на всем протяжении шва.

Применяя для соединения листов косые стыковые швы, тем самым увеличиваем длину шва, и при углах наклона швов  $< 67^\circ$  получаем соединение, не уступающее по прочности основному металлу, такие стыковые швы можно не рассчитывать.

## 2. Расчет углового сварного шва на растяжение и сжатие

Угловые сварные швы рассчитываются по двум сечениям: по металлу шва (сечение 1) и по металлу границы сплавления (сечение 2) (рис. 2).

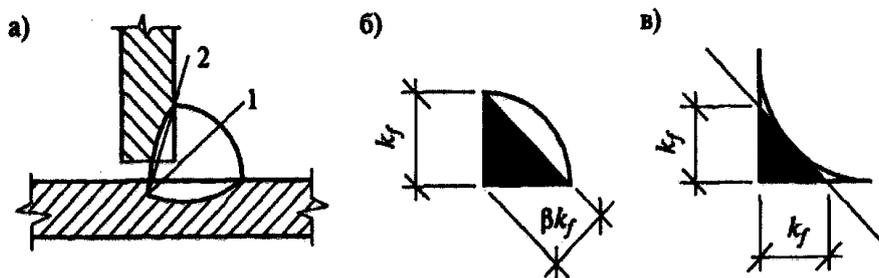


Рисунок 2

а) расчет по металлу шва (сечение 1, рис. 2):

$$N/(\beta_f k_f l_w) \leq R_{wf} \gamma_{wf} \gamma_c;$$

б) расчет по границе сплавления (сечение 2, рис. 2):

$$N/(\beta_z k_f l_w) \leq R_{wz} \gamma_{wz} \gamma_c;$$

где  $\beta_f, \beta_z$  – коэффициенты:

-для сталей с пределом текучести до 530 МПа принимаемые в зависимости от вида сварки и положения швов по табл. 34\* СП 16.13330.2017 (для ручной электродуговой сварки  $\beta_f = 0,7; \beta_z = 1,0$ );

-для сталей с пределом текучести более 530 МПа принимаются независимо от вида сварки, положения шва и диаметра проволоки:  $\beta_f = 0,7; \beta_z = 1,0$ ;

$\gamma_{wf}, \gamma_{wz}$  – коэффициенты условий работы шва, равные 1,0 во всех случаях, кроме конструкций, возводимых в климатических районах I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, II<sub>2</sub>, и II<sub>3</sub>, для которых  $\gamma_{wf} = 0,85$  для металла шва с нормативным сопротивлением  $R_{min} = 410$  МПа,

$\gamma_{wz} = 0,85$  – для всех сталей;

$l_w$  – расчетная длина шва, принимаемая меньше его полной длины на 10 мм;

$R_{wf}$  – расчетное сопротивление углового шва, при расчете по металлу шва определяется по табл. 56 СП 16.13330.2017 в зависимости от марки электродов;

$R_{wz}$  – расчетное сопротивление углового шва при расчете по границе сплавления;

$R_{wz} = 0,45 R_{min}$  (величину  $R_{min}$  – см. табл. 51\* СП 16.13330.2017);

$k_f$  – высота катета шва (см. рис. 2). Минимальные катеты швов – см. табл. 38\* СП 16.13330.2017.

## 3. Особенности расчета угловых швов при прикреплении уголков

При расчете прикрепления уголков угловыми сварными швами учитывают, что усилие, действующее на уголок, прикладывается к его центру тяжести и при приварке уголка к фасонке распределяется между швами, выполненными по обушку и по перу уголка (рис. 3). Распределение усилия происходит пропорционально площадям, отсеченным у уголка на разрезе линией центра тяжести. В равнополочных уголках на швы по обушку приходится 70% усилия, на швы по перу 30%. Соответственно, при одинаковых по высоте катетах шва длина шва по

обушку составит 70%, а по перу 30% от общей длины шва. Общая длина шва определяется по формулам расчета угловых сварных швов.

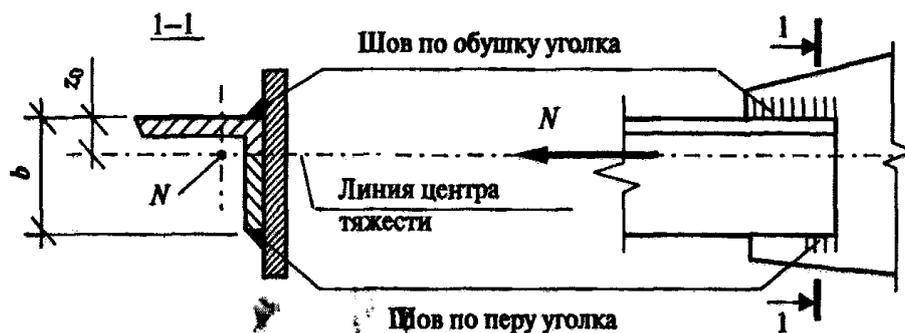


Рисунок 3

Высота катета шва  $k_f$  по перу уголка обычно принимается меньше на 2 мм толщины уголка  $t$ , по обушке уголка высота катета назначается не более  $1,2t$ . Высоты катетов швов по перу уголка и по обушке могут назначаться одинаковыми с учетом требований п.12.8 СП 16.13330.2017. Расчетная длина углового сварного шва принимается не менее  $4k_f$  и не менее 40 мм.

#### 4. Расчет сварных соединений на действие изгибающего момента

В случае воздействия изгибающего момента на сварное соединение расчет производится в зависимости от вида сварных швов. При воздействии на стыковые швы момента  $M$  в плоскости, перпендикулярной плоскости шва, расчет выполняется по формуле

$$\sigma_w = M/W_w \leq R_w \gamma_c,$$

где  $W_w$  – момент сопротивления расчетного сечения шва;

**Пример.** Рассчитать прикрепление двух уголков 100 x 8 к фанонке фермы толщиной  $t = 10$  мм. Уголки и фанонка фермы выполнены из стали С345. На стержень действует растягивающее усилие  $N = 300$  кН;  $\gamma_n = 1,0$ . Сварка ручная электродуговая. Климатический район строительства П<sub>4</sub>. Коэффициент условия работы  $\gamma_c = 0,95$  (рис. 1).

**Решение.**

1. Определяем группу конструкции по табл. 50\* СП 16.13330.2017: стержень фермы относится ко 2-й группе, а фанонка фермы – к 1-й группе.

2. Принимаем марку электродов: для сварки элементов, относящихся к 1-й группе конструкций и учитывая, что элемент выполнен из стали С345, по табл. 55\* СП 16.13330.2017 принимаем электроды Э50А.

$R_{wf} = 215 \text{ Мпа} = 18,0 \text{ кН/см}^2$  (табл. 56 СП 16.13330.2017).

$R_{wz} = 0,45R_{un} = 0,45 \cdot 490 = 220,5 \text{ Мпа} = 22,5 \text{ кН/см}^2$  ( $R_{un} = 490 \text{ Мпа}$  – см. приложение А табл. 1).

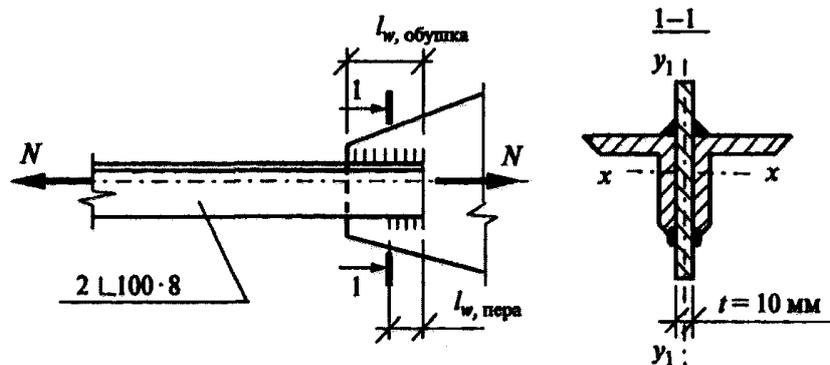


Рисунок 4

3. Принимаем высоту катетов швов одинаковую по перу и по обушке уголков  $k_f = 6 \text{ мм} = 0,6 \text{ см}$ ; высота катета принята больше минимальной высоты  $k_{f,min} = 5 \text{ мм}$  (табл. 38\* СП 16.13330.2017).

4. Определяем по табл. 34\* СП 16.13330.2017 коэффициенты:  $\beta_f = 0,7$ ;  $\beta_z = 1,0$ .

5. Устанавливаем для климатического района П<sub>4</sub> коэффициенты:  $\gamma_{wf} = 1,0$ ;  $\gamma_{wz} = 1,0$ .

6. Определяем расчетную длину швов по металлу шва:

$$l_w = \frac{N}{\beta_f k_f R_w \gamma_{wf} \gamma_c} = \frac{300}{0,7 \cdot 0,6 \cdot 21,5 \cdot 1,0 \cdot 0,95} = 34,97 \text{ см};$$

7. Определяем расчетную длину швов по металлу границы сплавления:

$$l_w = \frac{N}{\beta_z k_f R_w \gamma_{wz} \gamma_c} = \frac{300}{1,0 \cdot 0,6 \cdot 22,5 \cdot 1,0 \cdot 0,95} = 23,39 \text{ см};$$

8. Длины швов принимаем по наибольшей длине (в данном случае по металлу шва). Следует учитывать, что эта длина шва требуется для прикрепления двух уголков. Распределяем швы между уголками – по перу (30%) и обушку уголка (70%):

$$l_{w, \text{обушка}} = 0,7 l_w / 2 = 0,7 \cdot 34,97 / 2 = 12,24 \text{ см};$$

с учетом непровара принимаем

$$l_{w, \text{обушка}} = 12,24 + 1,0 = 13,24 \text{ см, округляем до } 13,5 \text{ см};$$

$$l_{w, \text{пера}} = 0,3 l_w / 2 = 0,3 \cdot 34,97 / 2 = 5,25 \text{ см};$$

с учетом непровара принимаем

$$l_{w, \text{пера}} = 5,25 + 1,0 = 6,25 \text{ см, округляем до } 6,5 \text{ см}.$$

**Вывод.** Принимаем швы с высотой катета  $k_f = 6 \text{ мм}$ ; сварка ручная электродуговая; электроды Э42А; распределение швов по обушку и перу уголка.

## Список используемой литературы

1. СП 63.13330.2018 Актуализированная редакция «СНиП 52-01-2003. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» [Текст]. — Утв. Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ 19.12.2018 г. Введен в действие с 20.06.2019 г.
2. СП 15.13330.2020 Актуализированная редакция «СНиП II-22-81\*. Каменные и армокаменные конструкции» [Текст]. — Утв. Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ 30.12.2020 г. Введен в действие с 01.07.2021 г.
3. СП 16.13330.2017 Актуализированная редакция «СНиП II-23-81\* Стальные конструкции» [Текст]. — Утв. Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ 27.02.2017 г. Введен в действие с 28.08.2017 г.
4. СП 64.13330.2017 Актуализированная редакция «СНиП II-25-80 Деревянные конструкции» [Текст]. — Утв. Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ 27.02.2017 г. Введен в действие с 28.08.2017 г.
5. Сетков В.И., Сербин Е.П. Строительные конструкции. Расчет и проектирование: Учебник. — 4-е изд., испр. и доп. — Москва: ИНФРА-М, 2023. — 447 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Справочные данные

**Таблица 1 - Нормативное и расчетное сопротивление проката**

Сталь	Толщина проката, мм	Нормативное сопротивление проката, МПа				Расчетное сопротивление проката, МПа			
		листового широкополосного универсального		фасонного		листового широкополосного универсального		фасонного	
		$R_{yn}$	$R_{un}$	$R_{yn}$	$R_{un}$	$R_y$	$R_u$	$R_y$	$R_u$
С235	2-20	235	360	235	360	230	350	230	350
	20-40	225	360	225	360	220	350	220	350
	40-100	215	360	-	-	210	350	-	-
	свыше 100	195	360	-	-	190	350	-	-
С245	2-20	245	370	245	370	240	360	240	360
	20-30	-	-	235	370	-	-	230	360
С275	2-10	275	380	275	390	270	370	270	380
	10-20	265	370	275	380	260	360	270	370
С345	2-10	345	490	345	490	335	480	335	480
	10-20	325	470	325	470	315	460	315	460
	20-40	305	460	305	460	300	450	300	450
	40-60	285	450	-	-	280	440	-	-
	60-80	275	440	-	-	270	430	-	-
	80-100	265	430	-	-	260	420	-	-

**Таблица 2 - Расчетное сопротивление бетона  $R_b$  и  $R_{bt}$ , МПа**

Вид сопротивления	Бетон	Класс бетона по прочности на сжатие							
		B12,5	B15	B20	B25	B30	B35	B45	
Сжатие осевое (призмная прочность) $R_b$	Тяжелый и мелкозернистый	7,5	8,5	11,5	14,5	17	19,5	25	
	Легкий	7,5	8,5	11,5	14,5	17	19,5	-	
	Ячеистый	7	7,65	-	-	-	-	-	
Растяжение осевое $R_{bt}$	Тяжелый	0,66	0,75	0,9	1,05	1,2	1,3	1,45	
	Мелкозернистый групп:	А	0,66	0,75	0,9	1,05	1,2	1,3	-
		Б	0,565	0,635	0,765	0,9	1	-	-
		В		0,75	0,9	1,05	1,2	1,3	1,45
	Легкий при мелком заполнителе:	Плотном	0,66	0,75	0,9	1,05	1,2	1,3	-
		Пористом	0,66	0,735	0,806	0,9	1	1	-
		Ячеистый	0,435	0,455	-	-	-	-	-

**Таблица 3 - Расчетное сопротивление арматуры**

Вид и класс стали	Расчетные сопротивления арматуры для первой группы предельных состояний $R_s$ , МПа	
	Растянутой	
	Продольной, поперечной при расчете на изгиб по наклонному сечению $R_s$	Сжатой $R_s$
Горячекатаная круглая класса А-I	225	225
Горячекатаная периодического профиля классов:		
А-II	280	280
А-III, $d=6...8$ мм	355	355
А-III, $d=10...40$ мм	365	365
А-IV	510	390
А-V	680	390
А-VI	815	390
Проволока арматурная периодическая профиля класса Вр-I, $d$ , мм:		
3	375	375
4	370	365
5	360	360
Проволока высокопрочная круглая класса, В-II, $d$ , мм:		
3	1240	390
4	1180	390
5	1100	390
6	1050	390
7	980	390
8	915	390
То же, периодического профиля класса Вр-II, $d$ , мм:		
3	1200	390
4	1140	390
5	1050	390
6	980	390
7	915	390
8	850	390

**Таблица 4 - Расчетное сопротивление для сортов древесины**

Напряженное состояние и характеристики элементов	Обозначение	Расчетное сопротивление, МПа, для сортов древесины		
		1	2	3
1. Изгиб, сжатие и смятие вдоль волокон: а) элементы прямоугольного сечения (за исключением указанных в подпунктах «б», «в») высотой до 50 см б) элементы прямоугольного сечения шириной свыше 11-13 см в) элементы прямоугольного сечения шириной свыше 13 см при высоте сечения свыше 13-50 см г) элементы из круглых лесоматериалов без врезок в расчетном сечении	$R_{и}, R_{см}, R_{с}$	14	13	8,5
	$R_{и}, R_{с}, R_{см}$	15	14	10
	$R_{и}, R_{с}, R_{см}$	16	15	11
	$R_{и}, R_{с}, R_{см}$	-	16	10
2. Растяжение вдоль волокон: а) неклееные элементы б) клееные элементы	$R_p$	10	7	-
	$R_p$	12	9	-
3. Сжатие и смятие по всей площади поперек волокон	$R_{с,90}, R_{см,90}$	1,8	1,8	1,8
4. Скалывание вдоль волокон: а) при изгибе неклееных элементов б) при изгибе клееных элементов	$R_{ск}$	1,8	1,6	1,6
	$R_{ск}$	1,6	1,5	1,5

**Таблица 5 - Коэффициент  $m_n$  для расчетных сопротивлений**

Древесные породы	Коэффициент $m_n$ для расчетных сопротивлений		
	Растяжению, изгибу, сжатию и смятию вдоль волокон $R_p, R_{и}, R_{с}, R_{см}$	Сжатию и смятию поперек волокон $R_{с,90}, R_{см,90}$	Скалыванию $R_{ск}$
Хвойные			
1. Лиственница, кроме европейской и японской	1,2	1,2	1
2. Кедр сибирский, кроме Красноярского края	0,9	0,9	0,9
3. Кедр Красноярского края, сосна веймутова	0,65	0,65	0,65
4. Пихта	0,8	0,8	0,8
Твердые лиственные			
5. Дуб	1,3	2	1,3
6. Ясень, клен, граб	1,3	2	1,6
7. Акация	1,5	2,2	1,8
8. Береза, бук	1,1	1,6	1,3
9. Вяз, ильм	1	1,6	
Мягкие лиственные			
10. Ольха, липа, осина, тополь	0,8	1	0,8

**Таблица 6 - Расчетные сопротивления сжатию кладки из кирпича**

Марка кирпича или камня	Расчетные сопротивления R, 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 на тяжелых растворах							
	при марке раствора						при прочности раствора	
	200	150	100	75	50	25	0,2	нулевой
<b>200</b>	3,2	3,0	2,7	2,5	2,2	1,8	1,3	1,0
<b>150</b>	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	1,7	1,0	0,8
<b>125</b>	-	2,2	2,0	1,9	1,7	1,5	0,9	0,7
<b>100</b>	-	2,0	1,8	1,7	1,5	1,3	0,8	0,6
<b>75</b>	-	-	1,5	1,4	1,3	1,1	0,6	0,5
<b>50</b>	-	-	-	1,1	1,0	0,9	0,5	0,35

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Плотность основных строительных материалов

Таблица 1 - Плотность основных строительных материалов

Наименование материалов	Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Масса 1м <sup>2</sup> $m$ , кг/м <sup>2</sup>
<b>КРОВЕЛЬНЫЕ И ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ</b>		
Асбестоцементная кровля из волнистых листов: обыкновенного профиля.....	-	15
усиленного профиля.....	-	22
Асфальтобетон /в стяжках/.....	1800	-
Битум.....	1050	-
Гидроизол.....	-	0,8
Деревянная кровля из досок в два слоя.....	-	30
Железо кровельное / из листовой стали /.....	-	6...7,5
Палиэтиленовая пленка.....	-	0,7
Рубероид.....	-	1,7
Рубероид на битумной мастике / один слой / .....	-	3...5
Толь кровельная и гидроизоляционная.....	-	1,2
Черепичная кровля.....	-	50
<b>ТЕПЛО- И ЗВУКОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ</b>		
Вата минеральная и стеклянная.....	200	-
Вата шлаковая.....	200...300	-
Войлок строительный.....	150...250	-
Керамзит / в засыпке /.....	500...900	-
Пакля.....	50...100	-
Пенопласт / мипора /.....	20...100	-
Опилки древесные.....	200...300	-
Плиты:		
минераловатные.....	300...500	-
стекловатные.....	50...150	-
цементно-фибrolитовые.....	300...500	-
Фибролит.....	350...550	-
Шлак:		
гранулированный.....	400...700	-
котельный.....	700...1100	-
<b>РАСТВОРЫ</b>		
Известково-песчаный.....	1800...2000	-
Цементно-песчаный.....	2000	-
Цементно-шлаковый.....	1200...1400	-

<b>МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПОКРЫТИЯ ПОЛА</b>		
Линолеум: алкидный гладкий толщиной 2,5 мм.....	-	3,3
то же, 3 мм.....	-	4,0
5 мм.....	-	6,0
на войлочной основе.....	-	6,0
однослойный / линолеум-пластикат / толщиной 2 мм .....	-	3,3
печатный.....	-	4,0
поливинилхлоридный на тканевой основе.....	-	10
резиновый / релин / .....	-	20
Паркет:		
штучный.....	-	25
щитовой.....	-	3,6
Плитки: керамические.....	-	5,7
поливинилхлоридные.....	-	4,8
Плиты древесно-стружечные для полов.....	-	3,0
<b>ДЕРЕВО И ИЗДЕЛИЯ ИЗ НЕГО</b>		
Береза, дуб, лиственница.....	800	-
Ель, сосна.....	600	-
Плиты древесно-волокнистые:		
твердая толщиной 6 мм.....	-	6,4
то же, 4 мм.....	-	4,3
изоляция-отделочные толщиной 12,5 мм.....	-	15,7
полутвердая толщиной 6 мм.....	-	6,4
то же, 4 мм.....	-	4,3
Фанера клееная.....	700	-
<b>БЕТОНЫ</b>		
Асфальтобетон.....	2000...2800	-
Бетон тяжелый.....	2200...2500	-
Бетон ячеистый / пено-газобетон, пеносиликат / .....	400...1200	-
Железобетон на тяжелом бетоне.....	2500	-
Керамзитобетон.....	900...1200	-
Шлакобетон.....	1000...1800	-
<b>КАМЕННАЯ КЛАДКА</b>		
Кладка на тяжелом растворе из:		
обыкновенного глиняного кирпича.....	1800	-
пористого и дырчатого кирпича.....	1300...1400	-
силикатного кирпича.....	1900	-
<b>РАЗНЫЕ МАТЕРИАЛЫ</b>		
Глина.....	1600...1800	-
Грунты / в естественном состоянии / .....	1400...2200	-
Земля сухая / растительная / .....	1200...1400	-
Песок.....	1500	-
Резина.....	940	-
Сплавы алюминия.....	2800	-
Сталь.....	7850	-
Чугун.....	7200	-
<b>ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ИЗДЕЛИЯ</b>		
Ребристые плиты покрытий:		
длиной до 6 м.....	-	150...170
длиной до 12 м.....	-	200...220
Многopустотные плиты перекрытий.....	-	250
высотой 220 мм.....	-	

**Таблица 2 - Полезные равномерно распределенные нагрузки**

Здания и помещения	Нормативные значения нагрузок Р, Па	
	полное	пониженное
1. Квартиры жилых зданий, спальня помещения детских дошкольных учреждений и школ-интернатов, жилые помещения домов отдыха и пансионатов, палаты больниц и санаториев.....	<b>1500</b>	<b>300</b>
2. Служебные помещения административного, инженерно-технического, научного персонала организации и учреждений; классные помещения учреждений просвещения; бытовые помещения (гардеробные, душевые, умывальные, уборные) промышленных предприятий и общественных зданий и сооружений.....	2000	700
3. Кабинеты и лаборатории учреждений здравоохранения, просвещения, науки; помещения счетно-вычислительных станции; кухни общественных зданий; технические этажи; подвальные помещения и др.....	2000	1000
4. Залы: а) читальные.....	2000	700
б) обеденные (в кафе, ресторанах, столовых).....	3000	1000
в) собраний и совещаниях, ожидания, зрительные и концертные, спортивные.....	4000	1400
г) торговые, выставочные и экспозиционные.....	не менее 4000	не менее 1400
5. Книгохранилища, архивы, сцены зрелищных предприятий.....	не менее 5000	не менее 1800
6. Трибуны: а) с закрепленными сиденьями.....	4000	1400
б) для стоящих зрителей.....	5000	1800
7. Чердачные помещения.....	700	-
8. Террасы и покрытия а) на участках, используемых для отдыха.....	1500	500
б) на участках, где возможно скопление людей, выходящих из производственных помещений, залов, аудитории и т.п.....	4000	1400
9. Балконы, лоджии: а) полосовая равномерная нагрузка на участке шириной 0,8 м вдоль ограждения балкона (лоджии).	4000	1400
б) сплошная равномерная нагрузка на площади балкона (лоджии), если ее воздействие более неблагоприятно, чем по подпункту «а».....	2000	700
10. Производственные и складские помещения: а) участки установки стационарного оборудования.	не менее 3000	-
б) места складирования и хранения материалов и изделий.....	не менее 4000	-
в) участки обслуживания и ремонта оборудования...	не менее 1500	-

**Таблица 3 - Коэффициенты надежности по нагрузке  $u_f$  для всех строительных конструкций и грунтов**

Конструкции сооружений и виды грунтов	Коэффициент надежности по нагрузке $Y_f$
Конструкции: Металлические.....	1,05
Бетонные / со средней плотностью свыше 1600 кг/м <sup>3</sup> /, железобетонные, каменные, армокаменные, деревянные .....	1,1
Бетонные / со средней плотностью 1600 кг/м <sup>3</sup> и менее/, изоляционные, выравнивающие и отделочные слои / плиты, металлы в рулонах, засыпки, стяжки и т.п./, выполняемые: – в заводских условиях.....	1,2
– на строительной площадке.....	1,3
Грунты: в природном залегании.....	1,1
насыпные.....	1,15
<p><u>Примечание.</u> При проверке конструкции на устойчивость положения против опрокидывания, а также в других случаях, когда уменьшение веса конструкции и грунтов может ухудшить условия работы конструкции, следует произвести расчет, принимая для веса конструкции или ее части коэффициент надежности по нагрузке <math>Y_{f=}</math> 0,9</p>	

**Таблица 4 - Коэффициенты надежности по нагрузке  $u_f$  для временных равномерно распределенных нагрузок**

Вид нагрузки	Коэффициент Надежности по нагрузке $Y_f$
Полезная при полном нормативном значении: менее 2000 Па.....	1,3
2000 Па и более.....	1,2
Снеговая.....	1,4

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица 1 - Схемы изгиба стержней при различных способах закрепления

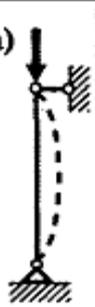
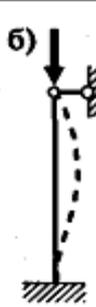
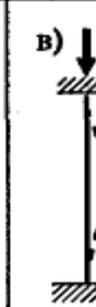
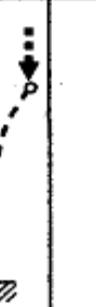
Схемы закрепления концов стержней		а)	б)	в)	г)	д)
						
Коэффициент $\mu$	Стальные конструкции	$\mu = 1,0$	$\mu = 0,7$	$\mu = 0,5$	$\mu = 2,0$	$\mu$ – зависит от степени подвижности опоры
	Деревянные конструкции	$\mu = 1,0$	$\mu = 0,8$	$\mu = 0,65$	$\mu = 2,2$	

Таблица 2 - Коэффициенты  $\varphi$  продольного изгиба центрально-сжатых элементов

Гибкость $\lambda_1$	Коэффициенты $\varphi$ для элементов из стали с расчётным сопротивлением $R_y$ , МПа					
	200	240	280	320	360	400
1		3	4	5	6	7
10	988	987	985	984	983	982
20	967	962	959	955	952	949
30	939	931	924	917	911	905
40	906	894	883	873	863	854
50	869	852	836	822	809	796
60	827	805	785	766	749	721
70	782	754	724	687	654	623
80	734	686	641	602	566	532
90	665	612	565	522	483	447
100	599	542	493	448	408	369
110	537	478	427	381	338	306
120	479	419	366	321	287	260
130	425	364	313	276	247	223
140	376	315	272	240	215	195
150	328	276	239	211	189	171
160	290	244	212	187	167	152
170	259	218	189	167	150	136
180	233	196	170	150	135	123
190	210	177	154	136	122	111
200	191	161	140	124	111	101
210	174	147	128	113	102	093
220	160	135	118	104	094	086

Примечание. Значения коэффициентов  $\varphi$  в таблице увеличены в 1000 раз.

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

**Таблица 1 - Упругая характеристика**

№ п/п	Кладка	Упругая характеристика				
		Марка раствора			Прочность раствора	
		25-200	10	4	0,2	0
1	Из керамических камней	1200	1000	750	500	350
2	Из кирпича глиняного пластического прессования полнотелого и пустотелого, из пустотелых силикатных камней, из камней, изготовленных из бетона на пористых заполнителях и поризованного, из легких природных камней	1000	750	500	350	200
3	Из кирпича силикатного полнотелого и пустотелого	750	500	350	350	200
4	Из кирпича глиняного полусухого прессования полнотелого и пустотелого	500	500	350	350	200

**Таблица 2 - Коэффициент  $\varphi$**

Гибкость		Коэффициент $\eta$ для неармированной кладки из керамического кирпича и камней	Коэффициент $\varphi$ при упругих характеристиках кладки				
$\lambda h$	$\lambda t$		$\alpha = 1500$	$\alpha = 1000$	$\alpha = 750$	$\alpha = 500$	$\alpha = 350$
6	21	0	0,98	0,98	0,95	0,91	0,88
8	28	0	0,95	0,92	0,90	0,85	0,80
10	35	0	0,92	0,88	0,84	0,79	0,72
12	42	0,04	0,88	0,84	0,79	0,72	0,64
14	49	0,08	0,85	0,79	0,73	0,66	0,57
16	56	0,12	0,81	0,74	0,68	0,59	0,50
18	63	0,15	0,77	0,70	0,63	0,53	0,45
20	70	0,20	0,73	0,65	0,58	0,48	0,40
22	76	0,24	0,69	0,61	0,53	0,43	0,35
24	83	0,27	0,65	0,56	0,49	0,39	0,32
26	90	0,31	0,61	0,52	0,45	0,36	0,29
30	104	-	0,53	0,45	0,39	0,32	0,27

Таблица 1- Предельные значения коэффициентов  $\xi_R$  и  $A_{OR}$

Класс арматуры, коэффициенты		Класс прочности бетона						
		B12,5	B15	B20	B25	B30	B35	B40
А-III, Вр-I	$\xi_R$	0,662	0,652	0,627	0,604	0,582	0,564	0,542
	$A_{OR}$	0,443	0,440	0,430	0,422	0,413	0,405	0,395
А-II	$\xi_R$	0,689	0,680	0,650	0,632	0,610	0,592	0,571
	$A_{OR}$	0,452	0,449	0,439	0,432	0,424	0,417	0,408
А-I	$\xi_R$	0,708	0,698	0,674	0,652	0,630	0,612	0,591
	$A_{OR}$	0,457	0,455	0,447	0,439	0,432	0,425	0,416
А-IIIв	$\xi_R$	-	0,71	0,68	0,66	0,64	0,62	0,60
	$A_{OR}$	-	0,458	0,449	0,442	0,435	0,428	0,420
А-IV	$\xi_R$	-	0,59	0,56	0,54	0,51	0,50	0,48
	$A_{OR}$	-	0,416	0,403	0,394	0,380	0,375	0,365
А-V	$\xi_R$	-	-	0,54	0,52	0,50	0,48	0,46
	$A_{OR}$	-	-	0,394	0,385	0,375	0,365	0,354
В-II, Вр-II	$\xi_R$	-	-	0,51	0,48	0,46	0,45	0,42
	$A_{OR}$	-	-	0,380	0,365	0,354	0,349	0,332

Таблица 2-ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА БАЛОК ПРЯМОУГОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ

$\xi$	$\eta$	$A_0$		$\xi$	$\eta$	$A_0$
0,01	0,995	0,01		0,37	0,815	0,301
0,02	0,99	0,02		0,38	0,81	0,309
0,03	0,985	0,03		0,39	0,805	0,314
0,04	0,98	0,039		0,4	0,8	0,32
0,05	0,975	0,048		0,41	0,795	0,326
0,06	0,97	0,058		0,42	0,79	0,332
0,07	0,965	0,067		0,43	0,785	0,337
0,08	0,96	0,077		0,44	0,78	0,343
0,09	0,955	0,085		0,45	0,775	0,349
0,1	0,95	0,095		0,46	0,77	0,354
0,11	0,945	0,104		0,47	0,765	0,359
0,12	0,94	0,113		0,48	0,76	0,365
0,13	0,935	0,121		0,49	0,755	0,37
0,14	0,93	0,13		0,5	0,75	0,375
0,15	0,925	0,139		0,51	0,745	0,38
0,16	0,92	0,147		0,52	0,74	0,385
0,17	0,915	0,155		0,53	0,735	0,39
0,18	0,91	0,164		0,54	0,73	0,94
0,19	0,905	0,172		0,55	0,725	0,399
0,2	0,9	0,18		0,56	0,72	0,403
0,21	0,895	0,188		0,57	0,715	0,408
0,22	0,89	0,196		0,58	0,71	0,412
0,23	0,885	0,203		0,59	0,705	0,416
0,24	0,88	0,211		0,6	0,7	0,42
0,25	0,875	0,219		0,61	0,695	0,424
0,26	0,87	0,226		0,62	0,69	0,428
0,27	0,865	0,236		0,63	0,685	0,432
0,28	0,86	0,241		0,64	0,68	0,435
0,29	0,855	0,248		0,65	0,675	0,439
0,3	0,85	0,258		0,66	0,672	0,442
0,31	0,845	0,262		0,67	0,665	0,446
0,32	0,84	0,269		0,68	0,66	0,449
0,33	0,835	0,275		0,69	0,655	0,452
0,34	0,83	0,282		0,7	0,65	0,455
0,35	0,825	0,289		-	-	-
0,36	0,82	0,295		-	-	-

Таблица 1- Расчетное сопротивление под нижним концом сваи

Глубина погружения нижнего конца сваи, м	Расчетные сопротивления под нижним концом забивных свай и свай-оболочек, погружаемых без выемки грунта, R, кПа						
	Песчаных грунтов средней плотности						
	Гравелистых	Крупных	-	Средней крупности	Мелких	Пылеватых	-
	Пылевато-глинистых грунтов при показателе текучести $I_L$ , равном						
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
3	7500	<u>6400</u> 4000	3000	<u>3100</u> 2000	<u>2000</u> 1200	1100	600
4	8300	<u>6800</u> 5100	3800	<u>3200</u> 2500	<u>2100</u> 1600	1250	700
5	8800	<u>7000</u> 6200	4000	<u>3400</u> 2800	<u>2200</u> 2000	1300	800
7	9700	<u>7300</u> 6900	4300	<u>3700</u> 3300	<u>2400</u> 2200	1400	850
10	10500	<u>7700</u> 7300	5000	<u>4000</u> 3500	<u>2600</u> 2400	1500	900
15	11700	<u>8200</u> 7500	5600	<u>4400</u> 4000	2900	1650	1000
20	12600	8500	6200	<u>4800</u> 4500	3200	1800	1100
25	13400	9000	6800	5200	3500	1950	1200
30	14200	9500	7400	5600	3800	2100	1300
35	15000	10000	8000	6000	4100	2250	1400

**Примечания:**

1. Над чертой даны значения  $R$  для песчаных грунтов, под чертой — для пылевато-глинистых.

**Таблица 2 – Расчетное сопротивление по боковой поверхности свай**

Средняя глубина на слоя. м	Расчетное сопротивление по боковой поверхности забивных свай $f_i$ кПа								
	Песчаных грунтов средней плотности								
	Крупных и средней крупности	Мелких	Пылеватых	-	-	-	-	-	-
	Пылевато-глинистых грунтов при показателе текучести $I_L$ , равным								
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1	35	23	15	12	8	4	4	3	2
2	42	30	21	17	12	7	5	4	4
3	48	35	25	20	14	8	7	6	5
4	53	38	27	22	16	9	8	7	5
5	56	40	29	24	17	10	8	7	6
6	58	42	31	25	18	10	8	7	6
8	62	44	33	26	19	10	8	7	6
10	65	46	34	27	19	10	8	7	6
15	72	51	38	28	20	10	8	7	6
20	79	56	41	30	20	12	8	7	6
25	86	61	44	32	20	12	8	7	6
30	93	66	47	34	21	12	9	8	7
35	100	70	50	36	22	13	9	8	7

Примечание:

- 1.Пласты грунта следует разделить на однородные слои толщиной не более 2м;
- 2.Значения расчетных сопротивлений плотных песчаных грунтов на боковой поверхности  $f_i$  следует увеличить на 30% ;
3. Расчетные сопротивления супесей и суглинков с коэффициентом пористости  $e$  меньше 0,5 и глин при  $e$  меньше 0,6 следует увеличить на 15%

## Приложение Е

Таблица 1 - Сортамент арматуры

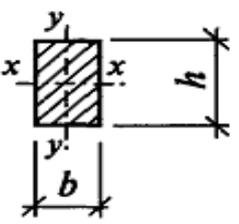
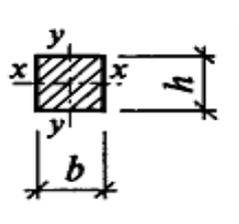
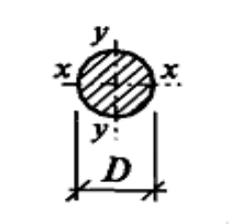
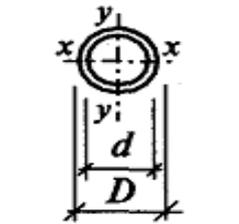
Диаметр, мм	Расчетная площадь поперечного сечения (см <sup>2</sup> ) при числе стержней										Масса 1 м, кг	Арматура								
												Стержневая классов						Проволочная классов		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		A-I	A-II	A-III	A-IV	A-V	A-VI	Bp-I	B-II	Bp-II
3	0,071	0,14	0,21	0,28	0,35	0,42	0,49	0,57	0,64	0,71	0,055	-	-	-	-	-	x	-	-	
4	0,126	0,25	0,36	0,50	0,63	0,76	0,88	1,01	1,13	1,26	0,092	-	-	-	-	-	x	x	-	
5	0,196	0,39	0,59	0,79	0,98	1,18	1,37	1,57	1,77	1,96	0,154	-	-	-	-	-	x	x	x	
6	0,283	0,57	0,86	1,13	1,42	1,7	1,98	2,26	2,55	2,83	0,222	x	-	x	-	-	-	x	x	
7	0,385	0,77	1,15	1,54	1,92	2,31	2,69	3,08	3,46	3,85	0,302	x	-	-	-	-	-	x	x	
8	0,503	1,01	1,51	2,01	2,51	3,02	3,52	4,02	4,53	5,03	0,395	x	-	x	-	-	-	x	x	
10	0,789	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,5	6,28	7,07	7,85	0,617	x	x	x	x	x	-	-	-	
12	1,131	2,26	3,39	4,52	5,65	6,79	7,92	9,05	10,18	11,31	0,888	x	x	x	x	x	-	-	-	
14	1,539	3,08	4,62	6,16	7,69	9,23	10,77	12,31	13,85	15,39	1,208	x	x	x	x	x	-	-	-	
16	2,011	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,08	18,1	20,11	1,578	x	x	x	x	x	-	-	-	
18	2,545	5,09	7,63	10,18	12,72	15,27	17,81	20,36	22,9	25,45	1,998	x	x	x	x	x	-	-	-	
20	3,142	6,28	9,41	12,56	15,71	18,85	21,99	25,14	28,28	31,42	2,466	-	x	x	x	x	-	-	-	
22	3,801	7,60	11,4	15,2	19	22,81	26,61	30,41	34,21	38,01	2,984	x	x	x	x	x	-	-	-	
25	4,909	9,82	14,73	19,63	24,54	29,45	34,36	39,27	44,13	49,09	3,853	-	x	x	x	x	-	-	-	
28	6,158	12,32	18,47	24,63	30,79	36,95	43,1	49,26	55,42	61,58	4,834	-	x	x	x	x	-	-	-	
32	8,042	16,08	24,13	32,17	40,21	48,25	56,3	64,34	72,38	80,42	6,313	-	x	x	x	x	-	-	-	
36	10,18	20,36	30,54	40,72	50,9	61,08	71,26	81,44	91,62	101,8	7,990	-	-	x	-	-	-	-	-	
40	12,56	25,12	37,68	50,24	62,8	75,36	87,92	100,48	113,04	125,6	9,865	-	-	x	-	-	-	-	-	

*Примечание.*

Значком «x» отмечены прокатываемые диаметры.

## Приложение Д

Таблица 1-Формулы для определения характеристик сечения

Сечение элемента				
$A$	$bh$	$bh$	$\frac{\pi D^2}{4}$	$\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4}$
$I_x$	$\frac{bh^3}{12}$	$\frac{b^4}{12}$	$\frac{\pi D^4}{64}$	$\frac{\pi D^4}{64} - \frac{\pi d^4}{64}$
$I_y$	$\frac{hb^3}{12}$	$\frac{b^4}{12}$	$\frac{\pi D^4}{64}$	$\frac{\pi D^4}{64} - \frac{\pi d^4}{64}$
$i_x$	$0,289h$	$0,289h$	$0,25D$	$0,25\sqrt{D^2 - d^2}$
$i_y$	$0,289b$	$0,289b$	$0,25D$	$0,25\sqrt{D^2 - d^2}$

**Рекомендуемый сортамент пиломатериалов**

Таблица 2-Рекомендуемый сортамент пиломатериалов

Толщина мм	Ширина, мм						
	100	125	150	175	200	225	250
19	100	125	150	175	200	225	250
22	100	125	150	175	200	225	250
25	100	125	150	175	200	225	250
32	100	125	150	175	200	225	250
40	100	125	150	175	200	225	250
44	100	125	150	175	200	225	250
50	100	125	150	175	200	225	250
60	100	125	150	175	200	225	250
75	100	125	150	175	200	225	250
100	100	125	150	175	200	225	250
125	100	125	150	175	200	225	250
150	100	125	150	175	200	225	250
175	-	-	-	175	200	225	250
200	-	-	-	-	200	225	250
250	-	-	-	-	-	-	-

ПРИЛОЖЕНИЕ И

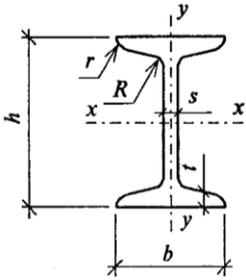


Таблица 1. Двутавры стальные горячекатаные. ГОСТ 8239-89

Обозначения:

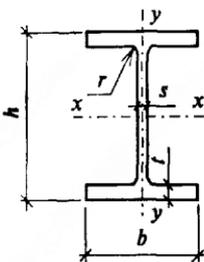
- $h$  — высота балки;
- $b$  — ширина балки;
- $s$  — толщина стенки;
- $t$  — средняя толщина полки;
- $I$  — момент инерции;
- $W$  — момент сопротивления;
- $S$  — статический момент полусечения;
- $i$  — радиус инерции.

Номер двутавра	Размеры						Площадь поперечного сечения $A$ , см <sup>2</sup>	Масса 1 м $G$ , кг/м	Справочные величины для осей						
	$h$	$b$	$s$	$t$	$R$	$r$			$x-x$				$y-y$		
					не более				$I_x$ , см <sup>4</sup>	$W_x$ , см <sup>3</sup>	$i_x$ , см	$S_x$ , см <sup>3</sup>	$I_y$ , см <sup>4</sup>	$W_y$ , см <sup>3</sup>	$i_y$ , см
	мм														
10	100	55	4,5	7,2	7,0	2,5	12,0	9,46	198	39,7	4,06	23,0	17,9	6,49	1,22
12	120	64	4,8	7,3	7,5	3,0	14,7	11,50	350	58,4	4,88	33,7	27,9	8,72	1,38
14	140	73	4,9	7,5	8,0	3,0	17,4	13,70	572	81,7	5,73	46,8	41,9	11,50	1,55
16	160	81	5,0	7,8	8,5	3,5	20,2	15,90	873	109,0	6,57	62,3	58,6	14,50	1,70
18	180	90	5,1	8,1	9,0	3,5	23,4	18,40	1290	143,0	7,42	81,4	82,6	18,40	1,88
20	200	100	5,2	8,4	9,5	4,0	26,8	21,00	1840	184,0	8,28	104,0	115,0	23,10	2,07
22	220	110	5,4	8,7	10,0	4,0	30,6	24,00	2550	232,0	9,13	131,0	157,0	28,60	2,27

Примечание.

Площадь поперечного сечения и масса 1 м двутавра вычислены по номинальным размерам; плотность стали принята равной 7,85 г/см<sup>3</sup>.

Таблица 2. Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок типа Б, Ш, ДБ по ГОСТ 26020-83



Обозначения:

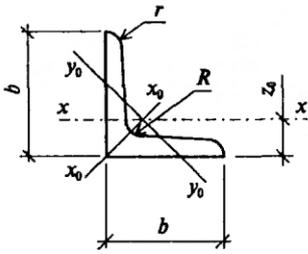
- $h$  — высота балки;
- $b$  — ширина балки;
- $s$  — толщина стенки;
- $t$  — средняя толщина полки;
- $I$  — момент инерции;
- $W$  — момент сопротивления;
- $S$  — статический момент полусечения;
- $i$  — радиус инерции.

Номер профиля	Сталь по ГОСТ 27772-88	Расчетное сопротивление $R_y$ , МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	$h$	$b$	$s$	$t$	$r$	$A$ , см <sup>2</sup>	Справочные величины для осей							$G$ , кг/м	Номер профиля	
			мм						$x-x$				$y-y$					
			$I_x$ , см <sup>4</sup>	$W_x$ , см <sup>3</sup>	$i_x$ , см	$S_x$ , см <sup>3</sup>	$I_y$ , см <sup>4</sup>		$W_y$ , см <sup>3</sup>	$i_y$ , см								
<b>Нормальные двутавры Б</b>																		
10Б1	C235,	230 (2350)	100	55	4,1	5,7	7	10,32	171	34,2	19,7	4,07	15,9	5,8	1,24	8,1	10Б1	
12Б1	C245	240 (2450)	117,6	64	3,8	5,1	7	11,03	257	43,8	24,9	4,83	22,4	7,0	1,42	8,7	12Б1	
14Б1	C235, C245, C345-1, C345-3	230 (2350) 240 (2450) 335 (3400) 335 (3400)	137,4	73	3,8	5,6	7	13,39	435	63,3	35,8	5,70	36,4	10,0	1,65	10,5	14Б1	
16Б1	C245, C345-1,	240 (2450) 335 (3400)	157	82	4,0	5,9	9	16,18	689	87,8	49,5	6,53	54,4	13,3	1,83	12,7	16Б1	
18Б1	C345-3	335 (3400)	177	91	4,3	6,5	9	19,58	1063	120,1	67,7	7,37	81,9	18,0	2,04	15,4	18Б1	

Номер профиля	Сталь по ГОСТ 27772-88	Расчетное сопротивление $R_{yt}$ МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	h	b	s	t	r	$A_1$ см <sup>2</sup>	Справочные величины для осей						G, кг/м	Номер профиля	
									x-x				y-y				
									$I_x$ , см <sup>4</sup>	$W_{x1}$ , см <sup>3</sup>	$I_x$ , см	$S_{x1}$ , см <sup>3</sup>	$I_y$ , см <sup>4</sup>	$W_{y1}$ , см <sup>3</sup>			$I_y$ , см
<b>Нормальные двутавры Б</b>																	
23Б1	C245,	240 (2450)	230	110	5,6	9	12	32,91	2996	260,5	9,54	147,2	200,3	36,4	2,47	25,8	23Б1
26Б1	C255,	250 (2550)	258	120	5,8	8,5	12	35,62	4024	312,0	10,63	176,6	245,6	40,9	2,63	28,0	26Б1
30Б1	C285,	280 (2850)	296	140	5,8	8,5	15	41,92	6328	427,0	12,29	240,0	390,0	55,7	3,05	32,9	30Б1
35Б1	C345-3, C345-4, C375-3	335 (3400) 335 (3400) 365 (3700)	346	155	6,2	8,5	18	49,53	10060	581,0	14,25	328,6	529,6	68,3	3,27	38,9	35Б1
35Б2	C245, C255, C285, C345-1, C345-3, C345-4, C375-3	240 (2450) 250 (2550) 280 (2850) 335 (3400) 335 (3400) 335 (3400) 365 (3700)	349	155	6,5	10,0	18	55,17	11550	662,2	14,47	373,0	622,9	80,4	3,36	43,3	35Б2
40Б1	C255, C285, C345-1, C345-3, C345-4, C375-3	250 (2550) 280 (2850) 335 (3400) 335 (3400) 335 (3400) 365 (3700)	392	165	7,0	9,5	21	61,25	15750	803,6	16,03	456,0	714,9	86,7	3,42	48,1	40Б1
<b>Нормальные двутавры Б</b>																	
40Б2	C245, C255, C285, C345-1, C345-3, C375-3	240 (2450) 240 (2450) 270 (2750) 315 (3200) 315 (3200) 345 (3500)	396	165	7,5	11,5	21	69,72	18530	935,7	16,30	529,7	865,0	104,8	3,52	54,7	40Б2
<b>Широкополочные двутавры Ш</b>																	
20Ш1	C245,	240 (2450)	193	150	6	9,0	13	38,95	2660	275	8,26	153	507	67,6	3,61	30,6	20Ш1
23Ш1	C255,	250 (2550)	226	155	6,5	10,0	14	46,08	4260	377	9,62	210	622	80,2	3,67	36,2	23Ш1
26Ш1	C285, C345-3, C345-4, C375-3	280 (2850) 335 (3400) 335 (3400) 365 (3700)	251	180	7,0	10,0	16	54,37	6225	496	10,70	276	974	108,2	4,23	42,7	26Ш1
26Ш2	C245, C255, C285, C345-3, C375-3	240 (2450) 240 (2450) 270 (2750) 315 (3200) 345 (3500)	255	180	7,5	12,0	16	62,73	7429	583	10,88	325	1168	129,8	4,31	49,2	26Ш2

Номер профиля	Сталь по ГОСТ 27772-88	Расчетное сопротивление $R_{yL}$ МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	h	b	s	t	r	$A_{1,2}$ см <sup>2</sup>	Справочные величины для осей							G, кг/м	Номер профиля
									x-x				y-y				
									$I_x$ , см <sup>4</sup>	$W_x$ , см <sup>3</sup>	$i_x$ , см	$S_x$ , см <sup>3</sup>	$I_y$ , см <sup>4</sup>	$W_y$ , см <sup>3</sup>	$i_y$ , см		
<b>Широкополочные двутавры Ш</b>																	
60Ш1	C345-3	315 (3200)	580	320	12,0	17,0	28	181,10	107300	3701	24,35	2068	9302	581	7,17	142,1	60Ш1
60Ш2	C345-3	300 (3050)	587	320	16,0	20,5	28	225,30	131800	4490	24,19	2544	11230	702	7,06	176,9	60Ш2
60Ш3			595	320	18,0	24,5	28	261,80	156900	5273	24,48	2997	13420	839	7,16	205,5	60Ш3
60Ш4			603	320	20,0	28,5	28	298,34	182500	6055	24,73	3455	15620	976	7,23	234,2	60Ш4
70Ш1	C345-3	315 (3200)	683	320	13,5	19,0	30	216,40	172000	5036	28,19	2843	10400	650	6,93	169,9	70Ш1
70Ш2	C345-3	300 (3050)	691	320	15,0	23,0	30	251,70	205500	5949	28,58	3360	12590	787	7,07	197,6	70Ш2
70Ш3			700	320	18,0	27,5	30	299,80	247100	7059	28,72	4017	15070	942	7,09	235,4	70Ш3
70Ш4			708	320	20,5	31,5	30	341,60	284400	8033	28,85	4598	17270	1079	7,11	268,1	70Ш4
70Ш5			718	320	23,0	36,5	30	389,7	330600	9210	29,13	5298	20020	1251	7,17	305,9	70Ш5
<b>Колонные двутавры К</b>																	
20К1	C245, C255, C345-3, C345-4	240 (2450) 250 (2550) 335 (3400) 335 (3400)	195	200	6,5	10,0	13	52,82	3820	392	8,50	216	1334	133	5,03	41,5	20К1
20К2	C245, C255, C345-3	240 (2450) 240 (2450) 315 (3200)	198	200	7,0	11,5	13	59,70	4422	447	8,61	247	1534	153	5,07	46,9	20К2
23К1	C245, C255, C345-3, C345-4	240 (2450) 240 (2450) 315 (3200) 315 (3200)	227	240	7,0	10,5	14	66,51	65,89	580	9,95	318	2421	202	6,03	52,2	23К1
<b>Колонные двутавры К</b>																	
23К2	C245, C255, C345-3	240 (2450) 240 (2450) 315 (3200)	230	240	8,0	12,0	14	75,77	7601	661	10,02	365	2766	231	6,04	59,5	23К2
26К1	C245,	240 (2450)	255	260	8,0	12,0	16	83,08	10300	809	11,14	445	3517	271	6,51	65,2	26К1
26К2	C255,	240 (2450)	258	260	9,0	13,5	16	93,19	11700	907	11,21	501	3957	304	6,52	73,2	26К2
26К3	C345-1,	315 (3200)	262	260	10,0	15,5	16	105,90	13560	1035	11,32	576	4544	349	6,55	83,1	26К3
30К1	C345-3	315 (3200)	296	300	9,0	13,5	18	108,00	18110	1223	12,95	672	6079	405	7,50	84,8	30К1
30К2			300	300	10,0	15,5	18	122,70	20930	1395	13,06	771	6980	465	7,54	96,3	30К2
30К3			304	300	11,5	17,51	18	138,72	23910	1573	13,12	874	7881	525	7,54	108,9	30К3
35К1			343	350	10,0	5,0	20	139,70	31610	1843	15,04	1010	10720	613	8,76	109,7	35К1
35К2	C255,	240 (2450)	348	350	11,0	17,5	20	160,40	37090	2132	15,21	1173	12510	715	8,83	125,9	35К2
40К1	C345-1,	315 (3200)	393	400	11,0	16,5	22	175,80	52400	2664	17,26	1457	17610	880	10,00	138,0	40К1
40К2	C345-3	315 (3200)	400	400	13,0	20,0	22	210,96	64140	3207	17,44	1767	21350	1067	10,06	165,6	40К2
40К4	C345-3	300 (3050)	419	400	19,0	29,5	22	308,60	98340	4694	17,85	2642	31500	1575	10,10	242,2	40К4
40К5			431	400	23,0	35,5	22	371,00	121570	5642	18,10	3217	37910	1896	10,11	291,2	40К5
<b>Двутавры дополнительные ДБ</b>																	
35ДБ1	C255,	250 (2450)	349	127	5,8	8,5	15	42,78	8540	489,4	14,13	279,4	291,5	45,9	2,61	33,6	35ДБ1
40ДБ1	C345-3	335 (3400)	399	139	6,2	9,0	15	50,58	13050	654,2	16,06	374,5	404,4	58,2	2,83	39,7	40ДБ1
45ДБ1	C255,	240 (2450)	450	152	7,4	11,0	15	67,05	21810	969,2	18,04	556,8	646,2	85,0	3,10	52,6	45ДБ1
45ДБ2	C345-3	315 (3200)	450	180	7,6	13,3	18	82,80	28840	1280,0	18,70	722	1300,0	144,0	3,96	65,0	45ДБ2

Таблица 3. Сталь прокатная угловая

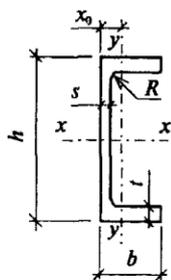


Обозначения:

- $h$  — высота балки;
- $b$  — ширина балки;
- $s$  — толщина стенки;
- $t$  — средняя толщина полки;
- $I$  — момент инерции;
- $W$  — момент сопротивления;
- $S$  — статический момент полусечения;
- $i$  — радиус инерции.

Номер профиля	Сталь по ГОСТ 27772-88	Расчетное сопротивление $R_s$ , МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	$R$ , мм	$r$ , мм	$A$ , см <sup>2</sup>	Справочные величины для осей										$G$ , кг/м	 Радиус инерции $I_{y1}$ , см, при $t$ , мм		
						$x-x$			$x_0-x_0$		$y_0-y_0$			$I_{xy}$ , см <sup>4</sup>	$z_0$ , см		10	12	14
						$I_x$ , см <sup>4</sup>	$W_x$ , см <sup>3</sup>	$i_x$ , см	$I_{x0}$ max, см <sup>4</sup>	$i_{x0}$ max, см	$I_{y0}$ min, см <sup>4</sup>	$W_{y0}$ , см <sup>3</sup>	$i_{y0}$ min, см						
50x50x5	C235, C245, C275, C345-1, C345-3, C345-4, C375-3	230 (2350), 240 (2450), 270 (2750), 335 (3400), 335 (3400), 335 (3400), 365 (3700)	5,5	1,8	4,80	11,20	3,13	1,53	17,77	1,92	4,63	2,30	0,98	6,57	1,42	3,77	2,45	2,53	2,61
63x63x5 70x70x5	C235, C245,	230 (2350), 240 (2450)	7,0 8,0	2,3 2,7	6,13 6,86	23,10 31,94	5,05 6,27	1,94 2,16	36,80 50,67	2,44 2,72	9,52 13,22	3,87 4,92	1,25 1,39	13,70 18,70	1,74 1,90	4,81 5,38	2,96 3,23	3,04 3,3	3,12 3,38
63x63x5 70x70x5	C235, C245, C275, C345-1, C345-3, C345-4, C375-3	230 (2350), 240 (2450), 270 (2750), 335 (3400), 335 (3400), 335 (3400), 365 (3700)	7,0 8,0	2,3 2,7	6,13 6,86	23,10 31,94	5,05 6,27	1,94 2,16	36,80 50,67	2,44 2,72	9,52 13,22	3,87 4,92	1,25 1,39	13,70 18,70	1,74 1,90	4,81 5,38	2,96 3,23	3,04 3,3	3,12 3,38
75x75x6 80x80x6	C275, C345-1, C345-3, C345-4, C375-3	270 (2750), 335 (3400), 335 (3400), 335 (3400), 365 (3700)	9,0 9,0	3,0 3,0	8,78 9,38	46,57 56,97	8,57 9,80	2,30 2,47	73,67 90,40	2,90 3,11	19,28 29,54	6,62 7,60	1,48 1,58	27,30 33,40	2,06 2,19	6,89 7,36	3,44 3,65	3,52 3,72	3,6 3,8
90x90x6 90x90x7 100x100x7 100x100x8 110x110x8 125x125x8 125x125x9 140x140x9 140x140x10	C245, C255, C275, C285, C345-1, C345-3, C345-4, C375-3	240 (2450), 250 (2550), 270 (2750), 280 (2850), 335 (3400), 335 (3400), 335 (3400), 365 (3700)	10 10 12 12 12 14 14 14 14	3,3 3,3 4,0 4,0 4,0 4,6 4,6 4,6 4,6	10,61 12,28 13,75 15,60 17,20 19,69 22,0 24,75 27,33	82,10 94,30 130,6 147,2 198,2 294,4 327,5 465,7 512,3	12,49 14,45 17,90 20,30 24,77 32,20 36,00 45,55 50,32	2,78 2,77 3,08 3,07 3,39 3,87 3,86 4,34 4,33	130,0 149,67 207,01 233,46 314,51 466,76 520,00 739,42 813,62	3,50 3,49 3,88 3,87 4,28 4,87 4,86 5,47 5,46	33,97 38,94 54,16 60,92 81,83 121,98 135,88 192,03 210,96	9,88 11,15 14,13 15,66 19,29 25,67 28,26 35,92 39,05	1,79 1,78 1,98 1,98 2,18 2,49 2,48 2,79 2,78	48,10 55,40 76,40 86,30 116,00 172,00 192,00 274,00 301,00	2,43 2,47 2,71 2,75 3,00 3,36 3,40 3,78 3,82	8,33 9,64 10,79 12,25 13,50 15,46 17,30 19,41 21,45	4,04 4,06 4,45 4,47 4,87 5,46 5,48 6,1 6,12	4,11 4,13 4,52 4,54 4,95 5,53 5,56 6,16 6,19	4,19 4,21 4,59 4,62 5,02 5,6 5,63 6,24 6,26
160x160x10	C245, C255, C275, C285, C345-1, C345-3	240 (2450), 250 (2550), 270 (2750), 280 (2850), 335 (3400), 335 (3400)	16	5,3	31,43	774,2	66,19	4,96	1229,1	6,25	319,38	52,52	3,19	455,00	4,30	24,67	6,91	6,97	7,05

Таблица 5. Швеллеры с параллельными гранями полков. ГОСТ 8240-97



Обозначения:

- $h$  — высота балки;  
 $b$  — ширина балки;  
 $s$  — толщина стенки;  
 $t$  — средняя толщина полки;  
 $R$  — момент инерции;  
 $W$  — момент сопротивления;  
 $S$  — статический момент полусечения;  
 $i$  — радиус инерции.

Номер швеллера серии П	$h$	$b$	$s$	$t$	Не более		Площадь поперечного сечения $A$ , см <sup>2</sup>	Масса 1 м, кг	Справочные величины для осей							$x_0$ , см
					$R$	$r$			$x-x$				$y-y$			
					мм				$I_x$ , см <sup>4</sup>	$W_x$ , см <sup>3</sup>	$i_x$ , см	$S_x$ , см <sup>3</sup>	$I_y$ , см <sup>4</sup>	$W_y$ , см <sup>3</sup>	$i_y$ , см	
5П	50	32	4,4	7,0	6,0	3,5	6,16	4,84	22,8	9,1	1,92	5,61	5,95	2,99	0,98	1,21
6,5П	65	36	4,4	7,2	6,0	3,5	7,51	5,90	48,8	15,0	2,55	9,02	9,35	4,06	1,12	1,29
8П	80	40	4,5	7,4	6,5	3,5	8,98	7,05	89,8	22,5	3,16	13,30	13,90	3,31	1,24	1,38
10П	100	46	4,5	7,6	7,0	4,0	10,90	8,59	175,0	34,9	3,99	20,50	22,60	7,37	1,44	1,53
12П	120	52	4,8	7,8	7,5	4,5	13,30	10,40	305,0	50,8	4,79	29,70	34,90	9,84	1,62	1,66
14П	140	58	4,9	8,1	8,0	4,5	15,60	12,30	493,0	70,4	5,61	40,90	51,50	12,90	1,81	1,82
16П	160	64	5,0	8,4	8,5	5,0	18,10	14,20	750,0	93,8	6,44	54,30	72,80	16,40	2,00	1,97
16аП	160	68	5,0	9,0	8,5	5,0	19,50	15,30	827,0	103,0	6,51	59,50	90,50	19,60	2,15	2,19
18П	180	70	5,1	8,7	9,0	5,0	20,70	16,30	1090,0	121,0	7,26	70,00	100,00	20,60	2,20	2,14
18аП	180	74	5,1	9,3	9,0	5,0	22,20	17,40	1200,0	133,0	7,34	76,30	123,00	24,30	2,35	2,36
20П	200	76	5,2	9,0	9,5	5,5	23,40	18,40	1530,0	153,0	8,08	88,00	134,00	25,20	2,39	2,30
22П	220	82	5,4	9,5	10,0	6,0	26,70	21,00	2120,0	193,0	8,90	111,00	178,00	31,00	2,58	2,47

Номер швеллера серии П	$h$	$b$	$s$	$t$	Не более		Площадь поперечного сечения $A$ , см <sup>2</sup>	Масса 1 м, кг	Справочные величины для осей							$x_0$ , см
					$R$	$r$			$x-x$				$y-y$			
					мм				$I_x$ , см <sup>4</sup>	$W_x$ , см <sup>3</sup>	$i_x$ , см	$S_x$ , см <sup>3</sup>	$I_y$ , см <sup>4</sup>	$W_y$ , см <sup>3</sup>	$i_y$ , см	
24П	240	90	5,6	10,0	10,5	6,0	30,60	24,00	2910,0	243,0	9,75	139,00	248,00	39,50	2,85	2,72
27П	270	95	6,0	10,5	11,0	6,5	35,20	27,70	4180,0	310,0	10,90	178,00	314,00	46,70	2,99	2,78
30П	300	100	6,5	11,0	12,0	7,0	40,50	31,80	5830,0	389,0	12,00	224,00	393,00	54,80	3,12	2,83
33П	330	105	7,0	11,7	13,0	7,5	46,50	36,50	8010,0	486,0	13,10	281,00	491,00	64,60	3,25	2,90
36П	360	110	7,5	12,6	14,0	8,5	53,40	41,90	10850,0	603,0	14,30	350,00	611,00	76,30	3,38	2,99
40П	400	115	8,0	13,5	15,0	9,0	61,50	48,30	15260,0	763,0	15,80	445,00	760,00	89,90	3,51	3,05