

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

**ОСНОВЫ РАСЧЁТА
И КОНСТРУИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ
И ГОРОДСКИХ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Методические указания
к практическим занятиям
по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство»

Пенза 2016

УДК 621.791(075.8)

ББК 38.634я73

О-75

Рекомендовано Редсоветом университета
Рецензент – кандидат технических наук, доцент
О.Л. Викторова (ПГУАС)

Основы расчёта и конструирования зданий и городских инженерных сооружений: метод. указания к практическим занятиям по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» / Ю.М. Пучков. – Пенза: ПГУАС, 2016. – 28 с.

Представлены методические рекомендации к практическим занятиям, приведены тексты задач, примеры их выполнения, описания упражнений для аудиторной и внеаудиторной работы, задания по выполнению практических работ.

Методические указания подготовлены на кафедре «Городское строительство и архитектура» и предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство».

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2016

© Пучков Ю.М., 2016

ПРЕДИСЛОВИЕ

В соответствии с государственным образовательным стандартом высшего образования и рабочим учебным планом при изучении дисциплины Б1.В.ДВ.13 «Основы расчёта и конструирования зданий и городских инженерных сооружений» предусматривается проведение практических занятий в 6-м семестре в количестве 18 часов (9 практических занятий, каждое занятие – 2 часа).

В данных методических указаниях приводятся ряд задач, связанных с выполнением курсового проекта, примеры их выполнения, описания упражнений для аудиторной и внеаудиторной работы, задания по выполнению практических работ.

Изучение методических указаний позволит сформировать следующие компетенции: знание нормативной базы, принципов проектирования сооружений; владение методами проектирования конструкций в соответствии с заданием с использованием систем автоматизированного проектирования; способность разрабатывать техническую документацию и оформлять проектно-конструкторские работы в соответствии с нормативными документами; знание научно-технической информации по профилю деятельности; владение математическим моделированием и системами автоматизированного проектирования; способность внедрять результаты исследований и практических разработок.

1. ТЕКСТЫ ЗАДАЧ, РАССМАТРИВАЕМЫХ НА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ

На практических занятиях преподаватель ставит задачи и объясняет их выполнение. Студенты решают задачи по индивидуальным заданиям. Преподаватель контролирует ход решения. Частично решённые задачи студенты заканчивают дома.

Практическое занятие №1

Задача №1

По заданным геометрическим параметрам изобразить план колонн и балок (главных, второстепенных при поэтажном их сопряжении), поперечный и продольный разрезы рабочей площадки производственного цеха. Материал конструкций – сталь. Колонны и балки – из прокатных двутавров. Пол рабочей площадки может быть выполнен из различных материалов.

Произвести расчёт распределённых нагрузок от конструкций пола, перекрытия и полезной нагрузки.

Практическое занятие №2

Задача №2

Под определённые нагрузки выполнить расчёт и конструирование второстепенных балок в виде стальных прокатных двутавров.

Предусмотреть в нижних полках двутавров по четыре отверстия в местах опирания второстепенных балок на главные.

Практическое занятие №3

Задача №3

Под определённые сосредоточенные и распределённые нагрузки выполнить расчёт и конструирование главных балок в виде стальных прокатных двутавров.

Предусмотреть в верхних полках двутавров по четыре отверстия в местах опирания на главные балки второстепенных, а в торцах главных балок – опорные рёбра для опирания на опорные столики колонн.

Практическое занятие №4

Задача №4

Под определённые нагрузки от главных балок определить номер прокатного колонного двутавра и его расчётную и конструктивную длину (длину стержня колонны).

Практическое занятие №5

Задача №5

Определив принципиальное устройство оголовка как опорного столика в виде стальной пластины, приваренной двумя фланговыми и одним лобовым швом к верхней части полки колонного двутавра, и базы колонны в виде стальной плиты, крепящейся анкерными болтами на обрез фундамента, а также двух траверс, прикреплённых к стержню колонны сварными швами, выполнить предварительное конструирование колонны, которое следует уточнить после проведения соответствующих расчётов.

Практическое занятие №6

Задача №6

Выполнить расчёт оголовка колонны, определив толщину пластины опорного столика, её размеры и параметры сварных швов: лобового и двух фланговых.

Практическое занятие №7

Задача №7

Выполнить конструирование оголовка колонны, согласовав все размеры. Сделать эскизы в масштабе.

Практическое занятие №8

Задача №8

Определить нагрузку на опорную плиту базы, её размеры, фактическое напряжение в бетоне фундамента, толщину плиты базы, требуемую длину сварных швов, прикрепляющих листы траверсы к полкам колонны.

Практическое занятие №9

Задача №9

Выполнить конструирование базы колонны, согласовав все размеры. Согласовать все размеры конструкции. Выполнить эскизы. Дать спецификацию.

2. ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАЧ

Практическое занятие №1

Пример выполнения задачи №1

В соответствии с индивидуальным заданием заданы ширина рабочей площадки цеха – 18 м, длина – 15 м, отметка низа главной балки – 3,3 м. Пролёт второстепенной балки – 5 м, шаг второстепенных балок – 3 м. Пролет главной балки – 6 м. Шаг главных балок – 5 м.

Выполняем эскиз (в масштабе) плана расстановки колонн и раскладки балок. Маркируем оси, проставляем размеры. Подписываем элементы плана: «колонны», «главные балки», «второстепенные балки».

Выполняем эскиз узла поэтажного сопряжения главных балок с второстепенными и указываем состав пола по железобетонному настилу, опирающемуся на второстепенные балки.

Выполняем эскизы продольного и поперечного разрезов рабочей площадки. Указываем оси, размеры, отметки, состав перекрытия.

Сбор нагрузок на второстепенную балку выполняем в табличной форме:

№ п/п	Вид нагрузки	Норма- тивная нагрузка, кН/м ²	Кoeffи- циент надёжно- сти по нагрузке	Расчётная нагрузка, кН/м ²
Постоянная нагрузка				
1	Линолеум на теплоизолирующей подоснове ($\delta=3,6$ мм, $\gamma_0=1600$ кг/м ³)	0,058	1,2	0,07
2	Стяжка из цементно-песчаного раствора ($\delta=40$ мм, $\gamma_0=1800$ кг/м ³)	0,72	1,3	0,936
3	Теплозвукоизоляционный слой из ДВП ($\delta=16$ мм, $\gamma_0=250$ кг/м ³)	0,04	1,2	0,048
4	Выравнивающий слой из ЦПР ($\delta=20$ мм, $\gamma_0=1800$ кг/м ³)	0,36	1,3	0,468
5	Железобетонный настил ($\delta=70$ мм, $\gamma_0=2500$ кг/м ³)	1,75	1,3	2,275
Полезная нагрузка				
1	Длительно действующая	1,8	1,2	2,16
2	Кратковременная	0,2	1,2	0,24
	ВСЕГО	$p^n=4,93$		$p^p=6,2$

Практическое занятие №2

Пример выполнения задачи №2

Пролёт второстепенных балок – 5 м, шаг – 3 м.

Определяем номер прокатного двутавра: $5000 \text{ мм} / 20 = 250 \text{ мм}$.

Принимаем по сортаменту I26Ш1, $m=42,7 \text{ кг/м}$.

Нормативная распределённая нагрузка на 1 м^2 от собственного веса балки:

$$g^n = (42,7 \text{ кг/м}^2) / 3 \text{ м} = 14,23 \text{ кг/м}^2 = 0,1423 \text{ кН/м}^2.$$

Расчётная распределённая нагрузка на 1 м^2 от собственного веса балки:

$$g^p = \gamma g^n = 1,1 \cdot 0,1423 \text{ кН/м}^2 = 0,1566 \text{ кН/м}^2.$$

Общая нормативная распределённая нагрузка по длине балки:

$$q^n = (p^n + g^n) \cdot a = (4,93 \text{ кН/м}^2 + 0,1423 \text{ кН/м}^2) \cdot 3 \text{ м} = 15,22 \text{ кН/м}.$$

Общая расчётная распределённая нагрузка по длине балки:

$$q^p = (p^p + g^p) \cdot a = (6,2 \text{ кН/м}^2 + 0,1566 \text{ кН/м}^2) \cdot 3 \text{ м} = 19,07 \text{ кН/м}.$$

Изображаем расчётную схему второстепенной балки с шарнирным закреплением концов, указываем нагрузки, строим эпюры.

Пример вычисления максимальной поперечной силы, действующей на второстепенную балку.

$$Q_y = (q^p \cdot l) / 2 = (19,07 \text{ кН/м} \cdot 5 \text{ м}) / 2 = 47,68 \text{ кН}.$$

Пример вычисления максимального изгибающего момента, действующего на второстепенную балку.

$$M_x = (q^p \cdot l^2) / 8 = (19,07 \text{ кН/м} \cdot 5^2 \text{ м}^2) / 8 = 59,59 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Пример вычисления требуемого момента сопротивления поперечного сечения прокатного двутавра второстепенной балки.

$$W_{\text{тр}} = M / (R_y \cdot \gamma_c) = 59,59 \cdot 10^2 \text{ кН} \cdot \text{см} / (23 \text{ кН/см}^2 \cdot 1) = 259 \text{ см}^3.$$

Пример проверки второстепенной балки по нормальным напряжениям.

$$\sigma = M / W_{\text{факт}} = 59,59 \cdot 10^2 \text{ кН} \cdot \text{см} / 312 \text{ см}^3 = 19,1 \text{ кН/см}^2 \leq R_y \cdot \gamma_c = 23 \text{ кН/см}^2 \cdot 1 = 23 \text{ кН/см}^2.$$

Пример проверки второстепенной балки по касательным напряжениям.

$$\tau = (Q \cdot S) / (I \cdot t) = (47,68 \text{ кН} \cdot 176,6 \text{ см}^3) / (4024 \text{ см}^4 \cdot 0,58 \text{ см}) = 3,6 \text{ кН/см}^2 \leq R_s \cdot \gamma_c = 13,5 \text{ кН/см}^2 \cdot 1 = 13,5 \text{ кН/см}^2.$$

Пример проверки прогиба второстепенной балки.

$$f = (5 \cdot q^n \cdot l^4) / (384 \cdot E \cdot I) = [5 \cdot (15,22 \cdot 10^{-2} \text{ кН/см}) \cdot (500 \text{ см})^4] / 1 = 1,46 \text{ см} \leq [f] = l / 250 = 500 \text{ см} / 250 = 2 \text{ см}.$$

По определённым параметрам вычерчиваем в масштабе 1:10 второстепенную балку в 3-х проекциях: вид сбоку, вид снизу, разрез.

При вычерчивании учитываем, что конструктивная длина второстепенной балки будет 4990 мм, а не 5000 мм для обеспечения монтажного зазора. В стенке балки на расстоянии 46 мм от торцов предусматриваются два отверстия Ø23 мм, усиливаемые стальными пластинами размером 100×100 мм, для скрепления смежных балок. В нижней полке балки на расстоянии 46 мм от торцов предусматриваются по 2 отверстия Ø23 мм для сопряжения второстепенных балок с главными.

Составляется спецификация на одну второстепенную балку.

СПЕЦИФИКАЦИЯ								
№ п/п	Обозначение	Количество	Сечение	Длина, мм	Масса единицы, кг	Общая масса, кг	Марка стали	Примечание
1	Второстепенная балка Б-2	1	I26Б1	4990	140	140	С 235	ГОСТ 26020-83

Практическое занятие №3

Пример выполнения задачи №3

При расчёте главной балки нужно учесть, что при поэтажном её сопряжении с второстепенными, при пролёте второстепенных балок 5 м, шаге второстепенных балок 3 м, при пролёте главных балок 6 м, шаге главных балок 5 м, главная балка с шарнирным опиранием загружена равномерно распределённой нагрузкой от собственного веса главной балки и двумя сосредоточенными нагрузками от второстепенных балок с расстоянием 3 м между ними.

Последовательность расчёта главной балки аналогична последовательности расчета, рассмотренной в задаче №2.

При получении результата расчёта, приведённого ниже, необходимо изменить параметры поперечного сечения балки.

Пример вычисления нормативной сосредоточенной нагрузки от второстепенной балки на главную (при пролёте второстепенных балок 5 м и шаге 3 м).

$$\underline{P^n} = (p^n + g^n) \cdot a \cdot L = (4,93 \text{ кН/м}^2 + 0,1423 \text{ кН/м}^2) \cdot 3 \text{ м} \cdot 5 \text{ м} = 76,08 \text{ кН.}$$

Пример проверки прогиба главной балки.

$$f = (5 \cdot q^n \cdot l^4) / (384 \cdot E \cdot I) = [5 \cdot (q^n + q^{\text{эKB}}) \cdot l^4] / (384 \cdot E \cdot I) = \{5 \cdot [q^n + (M \cdot 8 / l^2) \cdot l^4]\} / (384 \cdot E \cdot I) = \{5 \cdot [0,61 \text{ кН/м} + (146,04 \text{ кНм} \cdot 8 / 6^2 \cdot \text{м}^2) \cdot 6^4 \cdot \text{м}^4]\} / [384 \cdot (2,06 \cdot 10^4 \text{ кН/см}^2) \cdot (11550 \text{ см}^4)] =$$

$$= \{5 \cdot [0,61 \cdot 10^{-2} \text{ кН/см} + (146,04 \cdot 10^2 \text{ кН} \cdot \text{см} \cdot 8/6^2 \cdot 10^4 \text{ см}^2) \cdot 6^4 \cdot 10^8 \text{ см}^4]\} : \\ : [384 \cdot (2,06 \cdot 10^4 \text{ кН/см}^2) \cdot (11550 \text{ см}^4)] = \mathbf{2,3 \text{ см}} \geq [f] = l/400 = 600 \text{ см}/400 = \mathbf{1,5 \text{ см}}.$$

Принятое сечение главной балки **не удовлетворяет** условию жёсткости.

Необходимо добиться того, чтобы сечение главной балки удовлетворяло как условиям прочности, так и условиям жесткости.

По окончании расчётов можно приступить к эскизному изображению главной балки.

Изображаем главную балку в четырёх проекциях: вид сбоку, вид сверху, вид снизу, разрез.

Длина главной балки определяется с учётом номера колонного двутавра, который пока неизвестен. Неизвестной также является и толщина пластины опорного ребра главной балки. Её можно принять ориентировочно равной 10 мм. При определении длины главной балки необходимо обеспечить монтажный зазор между торцом балки (опорным ребром) и полкой колонного двутавра.

Главная балка опирается на колонну через опорное ребро, выступающее за нижнюю полку балки на 20 мм. Своим фрезерованным торцом (для плотного прилегания) опорное ребро балки опирается на опорный столик колонны, выполненный в виде пластины и приваренный к полке колонного двутавра. Два опорных ребра балки привариваются к её торцам.

На виде сбоку могут быть показаны графически разрывы по длине балки, отверстия под крепление второстепенных балок, опорные рёбра и сварные швы.

На виде снизу – опорные рёбра, сварные швы.

На виде сверху – опорные рёбра, сварные швы и отверстия под крепление второстепенных балок.

На поперечном разрезе – двутавр, отверстия, опорное ребро, сварные швы.

Когда все параметры главной балки будут известны (после определения сечения колонного двутавра), может быть составлена спецификация на одну главную балку.

СПЕЦИФИКАЦИЯ								
№ п/п	Обозначение	Количество	Сечение	Длина, мм	Масса единицы, кг	Общая масса, кг	Марка стали	Примечания
1	Главная балка Б-1	1	I35Б2	5795	250,9	250,9	С 235	ГОСТ 26020-83
2	Опорное ребро	2	- 160x10	359	4,6	9,2	С 235	ГОСТ 19903-74

Практическое занятие №4

Пример выполнения задачи №4

Пример вычисления расчётной (приведённой) длины стержня колонны в плоскости рамы (при шарнирном сопряжении колонны с главной балкой и жёстком соединении колонны с фундаментом).

$$l_{ox} = \mu \cdot l = 0,73,75 \text{ м} = 2,63 \text{ м}.$$

Пример вычисления расчётной (приведённой) длины стержня колонны из плоскости рамы.

$$l_{oy} = \mu \cdot l = 1,3,75 \text{ м} = 3,75 \text{ м}.$$

Расчётная нагрузка на колонну среднего ряда:

$$N = 2 \cdot Q = 2 \cdot 97,393 \text{ кН} = 194,726 \text{ кН}.$$

Определяем требуемую площадь сечения колонного двутавра:

Задаёмся $\varphi = 0,5$.

$$A_{тр} = N / (\varphi R_y \gamma_c) = 194,726 \text{ кН} / (0,5 \cdot 23 \text{ кН/см}^2 \cdot 0,95) = 17,82 \text{ см}^2.$$

Так как требуемая площадь мала, принимаем наименьший из колонных двутавров I 20К1 (ГОСТ 26020-83): $A = 52,82 \text{ см}^2$, $h = 195 \text{ мм}$, $b = 200 \text{ мм}$, $t = 10 \text{ мм}$, $s = 6,5 \text{ мм}$, $I_x = 3820 \text{ см}^4$, $i_x = 8,5 \text{ см}$, $I_y = 1334 \text{ см}^4$, $i_y = 5,03 \text{ см}$.

Пример определения гибкости стойки колонны в плоскости рамы.

$$\lambda_x = l_{ox} / i_x = 2,63 \text{ м} / 8,5 \text{ см} = 263 \text{ см} / 8,5 \text{ см} = 30,9.$$

Пример определения коэффициента устойчивости (коэффициента продольного изгиба) в плоскости рамы.

По табл.72 СНиП II-23-81* по интерполяции при $\lambda_x = 30,9$ коэффициент устойчивости $\varphi_x = 0,929$.

Пример проверки устойчивости стойки колонны в плоскости рамы.

$$\sigma = N / (\varphi_x \cdot A) \leq R_y \cdot \gamma_c = 194,73 \text{ кН} / (0,929 \cdot 52,82 \text{ см}^2) = 3,97 \text{ кН/см}^2 \leq 23 \text{ кН/см}^2 \cdot 0,95 = 21,85 \text{ кН/см}^2.$$

Практическое занятие №5

Пример выполнения задачи №5

Выполняем предварительное конструирование колонны среднего ряда. Колонна состоит из стержня колонны в виде колонного прокатного двутавра, оголовка, где к верхней части колонного двутавра, к его полкам приварены опорные столики для опирания главных балок, и базы колонны, находящейся в нижней части, состоящей из плиты базы и двух приваренных к стержню колонны траверс и служащей для передачи нагрузки на фундамент.

Выполняем в масштабе эскизы колонны среднего ряда, с опирающимися на неё главными балками, в двух проекциях.

На виде со стороны стенки колонного двутавра, в верхней части, изображаем главные балки с опорными рёбрами так, чтобы верхняя полка возвышалась над торцом колонного двутавра на толщину этой полки, а опорное ребро балки выступало ниже нижней полки балки на 20 мм (в масштабе) и опиралось на опорный столик в виде пластины, приваренной к полке колонного двутавра. В этой проекции будет видна толщина опорного столика, которая пока неизвестна, но её предварительно можно считать равной 20-30 мм (в масштабе). Неизвестен пока и вертикальный размер опорного столика, его можно ограничить размером 150-200 мм (в масштабе).

На виде со стороны стенки, в нижней части, изображаем плиту базы колонны, то есть пластину, приваренную к торцу колонного двутавра и занимающую горизонтальное положение (будет видна её толщина, которая может быть принята в пределах 20-30 мм). Она будет выступать за пределы полок колонного двутавра на некоторую величину, которая определяется расчётами. Перпендикулярно к плите базы, к полкам колонного двутавра, привариваются траверсы, толщина которых может быть принята в пределах 20-30 мм, а высота – 200-300 мм. Эти параметры будут уточнены расчётами.

На виде со стороны полки колонного двутавра оголовок будет выглядеть в составе сечения двутавра главной балки, опорного ребра её и опорного столика, изображённого в виде прямоугольника. Ширина опорного столика будет меньше ширины полки колонного двутавра. Этот размер будет равен ширине полок двутавра главной балки, при этом должно оставаться место для размещения фланговых сварных швов, которыми столик крепится к колонне. Ширина опорного ребра главной балки также совпадает с шириной полок двутавра.

На виде со стороны стенки, в нижней части, будет видна плита базы (толщина и ширина). Ширина её будет больше ширины полки колонного двутавра и будет уточняться. Видна траверса в виде прямоугольника, ширина её совпадает с шириной плиты базы.

Фундамент показывается столбчатой линией невидимого контура.

Эти два вида должны находиться в проекционной связи.

Практическое занятие №6

Пример выполнения задачи №6

Сопряжение главных балок с колонной – шарнирное. Нагрузка на колонну передаётся через опорное ребро балки на опорный столик колонны.

Нагрузка от главной балки $N=Q=97,363$ кН.

Пример определения площади смятия торца опорного ребра главной балки.

$$A_{\text{см}} = N / (R_p \cdot \gamma_c) = 97,36 \text{ кН} / (35 \text{ кН/см}^2 \cdot 1) = 2,78 \text{ см}^2.$$

Ширина площади смятия опорного ребра, равная ширине опорного столика:

$$l_{\text{см}} = b - 2 \cdot 20 \text{ мм} = 200 \text{ мм} - 40 \text{ мм} = 160 \text{ мм},$$

где b – ширина колонного двутавра.

Определяем толщину опорного ребра:

$$t_p = A_{\text{см}} / l_{\text{см}} = 2,78 \text{ см}^2 / 16 \text{ см} = 0,17 \text{ см},$$

принимаем минимальную толщину опорного ребра $t_p = 10 \text{ мм}$ (ГОСТ 19903-74*).

Толщину опорного столика конструктивно принимаем равной 25 мм.

Опорный столик приварен к колонне по трём сторонам полуавтоматической сваркой с использованием проволоки марки Св-08Г2С.

Пример определения расчётного сечения сварного шва.

$$\beta_f \cdot R_{wf} = 0,9 \cdot 21,5 \text{ кН/см}^2 = \mathbf{19,35 \text{ кН/см}^2} > \beta_z \cdot R_{wz} = 1,05 \cdot 16 \text{ кН/см}^2 = \mathbf{16,8 \text{ кН/см}^2}.$$

Вывод: расчётным является сечение по металлу границы сплавления (Z).

Катет шва принимаем $k_f = 8 \text{ мм}$ в соответствии с СНиП II-23.

Пример определения длины сварных швов при расчёте по металлу границы сплавления.

$$l_w = N / (\beta_z \cdot k_f \cdot R_{wz} \cdot \gamma_c) = 97,36 \text{ кН} / (1,05 \cdot 0,8 \cdot 16 \text{ кН/см}^2 \cdot 1) = 7,6 \text{ см}.$$

Из-за малости длины сварных швов по расчёту назначаем конструктивно высоту опорного столика равной 160 мм.

Практическое занятие №7

Пример выполнения задачи №7

При вычерчивании в масштабе узла оголовка колонны принимаем во внимание то, что расчётная длина швов (l_w) в сварном соединении равна суммарной длине всех его участков за вычетом по 1 см на каждом непрерывном участке шва. То есть если планируется приварить пластину длиной 160 мм сплошным швом, то параметром его нужно указать не 160, а $160 - 10 = 150 \text{ мм}$.

На виде со стороны стенки колонного двутавра, в верхней части, изображаем главные балки с опорными рёбрами так, чтобы верхняя полка возвышалась над торцом колонного двутавра на толщину этой полки, а опорное ребро балки выступало ниже нижней полки балки на 20 мм (в масштабе) и опиралось на опорный столик в виде пластины, приваренной к полке колонного двутавра. В этой проекции будет видна толщина опор-

ного столика, равная 25 мм. Размеры опорного столика определены как 160×160 мм. При ширине полки колонного двутавра 200 мм и ширине опорного столика 160 мм остаётся достаточно места для размещения сварных швов.

Заводские сварные швы показываем на чертежах: поперечного сечения главной балки, имеющей опорное ребро, приваренное к торцу вдоль стенки двутавра швом с параметрами 5–320, поперёк полок с параметрами 5 – 140. Опорный столик размерами 160×160 мм приваривается к полке колонного двутавра двумя фланговыми и одним лобовым сварными швами, имеющими параметры 8–150.

Изображения выполняются в 2-х проекциях.

Практическое занятие №8

Пример выполнения задачи №8

База колонны служит для передачи нагрузки со стержня колонны на фундамент и закрепления колонны на фундаменте. Закрепление базы на фундаменте – жёсткое.

Плита базы колонны представляет собой стальную пластину прямоугольной формы с четырьмя отверстиями по углам под анкерные болты.

Нагрузка на опорную плиту базы колонны:

$$N = 2Q + m.$$

Собственная масса колонны:

$$m = 41,5 \text{ кг/м} \cdot 4,1 \text{ м} = 170,15 \text{ кг} = 1,702 \text{ кН},$$

тогда $N = 2 \cdot 97,363 \text{ кН} + 1,702 \text{ кН} = 196,43 \text{ кН}$.

Материал базы – сталь С 235 с $R_y = 23 \text{ кН/см}^2$.

Класс бетона фундамента – В 10 с расчётным сопротивлением бетона $R_b = 0,6 \text{ кН/см}^2$.

Определяем ширину плиты (b):

$$b = h_1 + 2 \cdot t_{\text{тр}} + 2 \cdot c,$$

где h_1 – высота колонного двутавра (195 мм); $t_{\text{тр}}$ – толщина пластины траверсы (10 мм); $c = c_1 + c_2$ – расстояние от края плиты базы до пластины траверсы (c_2 – расстояние от центра отверстия под анкерный болт до края плиты базы, c_1 – расстояние от центра отверстия под анкерный болт до пластины траверсы).

Пример определения требуемой площади плиты базы колонны.

$$A_{\text{пл. тр.}} = N / R_b = 196,43 \text{ кН} / 0,6 \text{ кН/см}^2 = 327,38 \text{ см}^2.$$

Для соединения базы колонны с фундаментом принимаем 4 анкерных болта М20. Диаметр болта 20 мм:

$$\begin{aligned}c &= c_1 + c_2, \\c_2 &= 1,5d = 1,5 \cdot 20 = 30 \text{ мм}, \\c_1 &= d + c_2 = 20 + 30 = 50 \text{ мм}, \\c &= 50 + 30 = 80 \text{ мм}, \\b &= 195 + 2 \cdot 10 + 2 \cdot 80 = 375 \text{ мм},\end{aligned}$$

принимаем $b = 38$ см.

Определяем длину плиты базы колонны:

$$L = A_{\text{пл.}} / b = 327,38 / 37,5 = 8,73 \text{ см},$$

принимаем L конструктивно:

$$L = 200 + 2 \cdot 1,5 \cdot d = 200 + 2 \cdot 1,5 \cdot 20 = 260 \text{ мм}.$$

Фактическая площадь плиты базы:

$$A_{\text{пл.}} = 38 \cdot 26 = 988 \text{ см}^2.$$

Пример определения фактического напряжения в бетоне фундамента под плитой базы колонны.

$$\sigma_{\text{ф}} = N / A_{\text{пл.ф.}} = 196,43 \text{ кН} / 988 \text{ см}^2 = 0,198 \text{ кН/см}^2.$$

Изображаем схему плана плиты базы колонны, указываем на ней участок плиты с трёхсторонним закреплением (участок №1) и участок консольный (участок №2).

Пример определения изгибающего момента на участке №1 плиты базы колонны.

$$b/a = 126,75 \text{ мм} / 195 \text{ мм} = 0,65,$$

по этому соотношению по специальной таблице определяется $\alpha = 0,081$ (по интерполяции).

$$M_1 = \alpha \cdot q \cdot b^2 = 0,081 \cdot 0,198 \text{ кН/см}^2 \cdot (12,7 \text{ см})^2 = 2,59 \text{ кН}\cdot\text{см}.$$

Пример определения изгибающего момента на участке №2 плиты базы колонны.

$$M_2 = (\sigma_{\text{ф}} \cdot C^2) / 2 = (0,198 \text{ кН/см}^2 \cdot 8 \text{ см}) / 2 = 6,34 \text{ кН}\cdot\text{см}.$$

Пример определения требуемой толщины плиты базы колонны.

$$t_{\text{пл.}} \geq \sqrt{(6 \cdot M_{\text{max}}) / (b \cdot R_y \cdot \gamma_c)} = \sqrt{(6 \cdot 6,34 \text{ кН}\cdot\text{см}) / (1 \text{ см} \cdot 23 \text{ кН/см}^2 \cdot 1)} = 1,29 \text{ см}.$$

Обычно толщину плиты принимают в пределах 20-40 мм. Принимаем конструктивно толщину плиты $t_{\text{пл.}} = 20$ мм.

Пример вычисления требуемой длины одного углового шва, прикрепляющего траверсу к полке колонного двутавра.

$$l_w = N / (4 \beta_z \cdot k_f \cdot R_{wz}) = 196,43 \text{ кН} / (4 \cdot 1 \cdot 0,5 \text{ см} \cdot 16 \text{ кН/см}^2) = 6,14 \text{ см}.$$

Так как длина швов не должна превышать $85 \cdot \beta_z \cdot k_f = 340$ мм, то примем конструктивно высоту траверсы равной 30 см.

Практическое занятие №9

Пример выполнения задачи №9

Выполняем чертежи базы колонны в трёх проекциях в масштабе 1:5.

На виде сверху показываем: плиту базы колонны как прямоугольник с размерами сторон 380 мм и 260 мм, в центре и симметрично относительно базы изображаем поперечное сечение колонного двутавра с размерами (по высоте – 195 мм, по ширине полок – 200 мм). Вычерчиваем две траверсы толщиной 10 мм и длиной 260 мм, четыре отверстия в плите базы под анкерные болты. Заводские сварные швы, которыми траверсы приварены к плите базы имеют параметры 5-250, швы крепления колонного двутавра к плите базы – 5-173 и 5-96. Расстояние от центра анкерных болтов до края плиты меньшей длины – 30 мм. Расстояние от края плиты базы до стенки колонного двутавра – 126,75 мм, толщина стенки двутавра – 6,5 мм.

На виде сбоку, со стороны стенки колонного двутавра, изображаем плиту базы колонны, показываем её длину – 380 мм, толщину – 20 мм, отверстия в плите и расстояния от центра отверстий до края плиты – 30 мм. Показываем траверсы толщиной 10 мм и высотой 300 мм, приваренные к полкам колонного двутавра. Заводские сварные швы крепления траверс к колонне имеют параметры 5-290, а сварной шов колонна – плита базы – 5-173. На полке выносной линии, указывающей на торец колонного двутавра, пишем «торец фрезеровать». Напротив полки выносной линии, указывающей на плиту базы пишем номер позиции «2», над полкой «– 260x20», что означает «полосовая сталь шириной 260 мм, толщиной 20 мм», под полкой пишем «/–380», что означает «длина 380 мм». Напротив полки выносной линии, указывающей на траверсу, пишем номер позиции «3». Над полкой – «– 260x10», под полкой «/–300».

Третью проекцию изображаем со стороны полки колонного двутавра, давая соответствующую графическую информацию и согласованные размеры.

Далее приводим спецификацию на колонну.

СПЕЦИФИКАЦИЯ								
№ п/п	Обозначение	Количество	Сечение	Длина, мм	Масса единицы, кг	Общая масса, кг	Марка стали	Примечания
1	КолоннаК-1	1	I 20К1	4070	168,9	168,9	С 235	ГОСТ 26020-83
2	Опорнаяплита	1	– 260x20	380	15,5	15,5	С 235	ГОСТ 19903-74
3	Траверса	2	– 260x10	300	6,1	12,2	С 235	ГОСТ 19903-74
4	Опорный столик	2	– 160x25	160	5,0	10,0	С 235	ГОСТ 19903-74

Приводим таблицу «Требуется изготовить».

ТРЕБУЕТСЯ ИЗГОТОВИТЬ			
№ п/п	Обозначение	Количество	Масса, кг
1	Б-1	12	1680,0
2	Б-2	18	4516,2
3	Опорное ребро	24	110,4
4	К-1	16	2702,4
5	Опорная плита	16	248,0
6	Траверса	32	195,2
7	Опорный столик	32	160,0

3. ОПИСАНИЕ УПРАЖНЕНИЙ ДЛЯ АУДИТОРНОЙ И ВНЕАУДИТОРНОЙ РАБОТЫ

Упражнение №1.

Сбор нагрузок на балку двумя способами.

Балка стальная массой 42,7 кг/м, пролётом 5 м, шаг балок 3 м. На балках плиты со слоями пола – 4,93 кН/м² (нормативное значение нагрузки), 6,2 кН/м² (расчётное значение нагрузки).

Способ 1-й (без визуализации грузовых площадей)

Нормативная распределённая нагрузка на 1 м² от собственного веса балки: $g^n = (42,7 \text{ кг/м}^2) / 3 \text{ м} = 14,23 \text{ кг/м}^2 = 0,1423 \text{ кН/м}^2$.

Расчётная распределённая нагрузка на 1 м² от собственного веса балки: $g^p = \gamma g^n = 1,1 \cdot 0,1423 \text{ кН/м}^2 = 0,1566 \text{ кН/м}^2$.

Общая нормативная распределённая нагрузка по длине балки:

$$q^n = (p^n + g^n) \cdot a = (4,93 \text{ кН/м}^2 + 0,1423 \text{ кН/м}^2) \cdot 3 \text{ м} = 15,22 \text{ кН/м}.$$

Общая расчётная распределённая нагрузка по длине балки:

$$q^p = (p^p + g^p) \cdot a = (6,2 \text{ кН/м}^2 + 0,1566 \text{ кН/м}^2) \cdot 3 \text{ м} = \mathbf{19,1 \text{ кН/м}}.$$

Способ 2-й (с визуализацией грузовых площадей)

Изображаем схематично балки длиной 5 м с шагом 3 м.

На схеме выделяем одну из балок и грузовую площадь: $\frac{1}{2}$ шага влево от выделенной балки и $\frac{1}{2}$ – вправо; это ширина грузовой площади и она получается равной шагу балок – 3 м. Длина грузовой площади равна длине выделенной балки, то есть 5 м. В итоге имеем грузовую площадь выделенной балки 15 м².

Расчётная нагрузка от собственного веса балки:

$$47,2 \text{ кг/м} \cdot 5 \text{ м} \cdot 1,1 = 259,6 \text{ кг} = 2,6 \text{ кН}.$$

Расчётная нагрузка от плиты со слоями пола:

$$6,2 \text{ кН/м}^2 \cdot 15 \text{ м}^2 = 93 \text{ кН}.$$

Суммарная расчётная нагрузка на всю балку:

$$2,6 + 93 = 95,6 \text{ кН}.$$

Интенсивность расчётной распределённой нагрузки (погонная нагрузка), действующей на 1 м длины балки:

$$95,6 \text{ кН} / 5 \text{ м} = \mathbf{19,1 \text{ кН/м}}.$$

На схеме эта нагрузка изобразиться прямоугольником в любом месте по длине балки размерами 3 м (шаг балок) на 1 м (метр длины балки).

Упражнение №2.

Вычисление прогиба балки с переходом с одних единиц на другие и алгебраическими сокращениями (упражнение на внимание)

$$\begin{aligned} f &= (5 \cdot q \cdot l^4) / (384 \cdot E \cdot I) = [5 \cdot 15,22 \text{ кН/м} \cdot (5 \text{ м})^4] / (384 \cdot 2,1 \cdot 10^4 \text{ кН/см}^2 \cdot 4024 \text{ см}^4) = \\ &= [5 \cdot 15,22 \text{ кН} \cdot (5 \text{ м})^4 \cdot \text{см}^2] / (\text{м} \cdot 384 \cdot 2,1 \cdot 10^4 \text{ кН} \cdot 4024 \text{ см}^4) = [5 \cdot 15,22 \text{ кН} \cdot \\ &\quad \cdot (5 \cdot 10^2 \text{ см})^4 \cdot \text{см}^2] / (10^2 \text{ см} \cdot 384 \cdot 2,1 \cdot 10^4 \text{ кН} \cdot 4024 \text{ см}^4) = \\ &= [5 \cdot 15,22 \text{ кН} \cdot 5^4 \cdot 10^8 \text{ см}^4 \cdot \text{см}^2] / (\text{см} \cdot 384 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \text{ кН} \cdot 4024 \text{ см}^4) = \\ &= 4756250 \text{ см} / 3244954 = 1,46 \text{ см}. \end{aligned}$$

4. ЗАДАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Запроектировать стальной каркас с балочными конструкциями перекрытий при следующих данных (нужное подчеркнуть):

1. Ширина: 12; 18; 24 м.
2. Длина: 12; 15; 18; 21; 24 м.
3. Шаг колонн: 3; 4; 5; 6 м.
4. Отметка низа главной балки: 3,0; 3,3; 3,6; 3,9; 4,2 м.
5. Толщина железобетонного настила: 6; 8; 10 см.
6. Расчётное сопротивление грунта под фундаментами: 1,1; 1,3; 1,5 кг/см².
7. Материал конструкций – сталь: С 235; С 245; С 255.
8. Нормативная полезная нагрузка: 2; 4; 6 кН/м².
9. Материал пола: линолеум; деревянные доски; асфальт.
10. Сопряжение главной балки с колонной – шарнирное.

Каждому студенту выдаётся индивидуальное задание, в соответствии с которым он выполняет практические работы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия [Текст]. – М.: Госстрой СССР, 1988.
2. СП 53-102-2004. Общие правила проектирования стальных конструкций [Текст]. – М., 2005.
3. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции [Текст]. – М., 1988.
4. Металлические конструкции: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / Ю.И.Кудишин [и др.]; под ред. Ю.И.Кудишина. – 12-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2010 – 688 с.

О Г Л А В Л Е Н И Е

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
1. ТЕКСТЫ ЗАДАЧ, РАССМАТРИВАЕМЫХ НА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ.....	4
2. ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАЧ	6
3. ОПИСАНИЕ УПРАЖНЕНИЙ ДЛЯ АУДИТОРНОЙ И ВНЕАУДИТОРНОЙ РАБОТЫ	17
4. ЗАДАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ	19
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	19

Учебное издание

Пучков Юрий Михайлович

ОСНОВЫ РАСЧЁТА И КОНСТРУИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ И ГОРОДСКИХ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Методические указания к практическим занятиям
по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство»

Р е д а к т о р	М.А. Сухова
В е р с т к а	Н.А. Сазонова

Подписано в печать 26.05.16. Формат 60×84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл.печ.л. 1,63. Уч.-изд.л. 1,75. Тираж 80 экз.
Заказ № 359.

Издательство ПГУАС.
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.