

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 выполнению курсового проекта  
по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство»

Пенза 2016

УДК 624.014  
ББК 38.54  
О-75

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

**О-75 Основы** расчёта и конструирования зданий и городских инженерных сооружений: методические указания к выполнению курсового проекта по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» / Ю.М. Пучков. – Пенза: ПГУАС, 2016. – 20 с.

Даны методические рекомендации по выполнению курсового проекта, приведены примеры выполнения заданий по курсовому проектированию, изложены требования к качеству выполнения курсового проекта, представлены формы контроля и оценки выполнения заданий.

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

© Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства, 2016  
© Пучков Ю.М., 2016

## ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с ФГОС и рабочим учебным планом дисциплины Б1.В.ДВ.13 «Основы расчёта и конструирования зданий и городских инженерных сооружений» в 6 и 7 семестрах предусматривается выполнение курсового проекта.

В данных методических указаниях приводится содержание курсового проекта на тему «Стальной каркас с балочными конструкциями перекрытий» (6 семестр), который предусматривает составление эскизов планов балок и колонн в соответствии с индивидуальным заданием, сбор нагрузок, определение расчётных усилий в элементах, подбор их сечений, конструирование и расчёт узлов сопряжений элементов, оформление пояснительной записки и выполнение чертежей в стадии КМД в соответствии с требованиями нормативно-технической документации.

Методические указания направлены на формирование знаний нормативной базы, принципов проектирования сооружений (ПК-1), владения методами проектирования конструкций в соответствии с заданием с использованием систем автоматизированного проектирования (ПК-2), способности разрабатывать техническую документацию и оформлять проектно-конструкторские работы в соответствии с нормативными документами (ПК-3), знания научно-технической информации по профилю деятельности (ПК-13), владения математическим моделированием и автоматизированными системами проектирования (ПК-14), способности внедрять результаты исследований и практических разработок (ПК-15).

# 1. Методические рекомендации по выполнению курсового проекта на тему «Стальной каркас с балочными конструкциями перекрытий» (6 семестр)

При выполнении курсового проекта используется лекционный материал по курсу, а также нормативно-техническая документация. Знание курса «Сопротивление материалов» обязательно.

Индивидуальное задание выдаётся студенту на бланке ПГУАС за подписью руководителя, где указывается ширина сооружения, его длина, шаг колонн, отметка низа главной балки, толщина железобетонного настила, марка стали, нормативная полезная нагрузка, материал пола, вид сопряжения балки с колонной.

Проектируемым сооружением является рабочая площадка, находящаяся внутри производственного цеха, на которой могут располагаться промышленное оборудование и работники.

В соответствии с индивидуальным заданием выполняется в масштабе **план расстановки колонн и раскладки балок**, продольный и поперечный разрезы сооружения с указанием осей, необходимых размеров и отметок в соответствии с правилами оформления чертежей. При этом необходимо учитывать следующее: а) колонны и балки (главные и второстепенные) из прокатных профилей в виде двутавров; б) главные балки сопрягаются с колоннами со стороны их полки; в) сопряжение второстепенных балок с главными – поэтажное (второстепенные балки уложены на главные и перпендикулярны им), верх балки и верх колонны совпадают; г) продольная ось главных балок ориентирована в направлении ширины сооружения; д) продольная ось второстепенных балок ориентирована в направлении длины сооружения; е) шаг главных балок совпадает с шагом колонн.

**Сбор нагрузок на второстепенную балку** может быть выполнен в табличной форме, состоящей из граф: «№№ п/п», «Вид нагрузки», «Нормативная нагрузка, кН/м<sup>2</sup>», «Коэффициент надёжности по нагрузке,  $g_f$ », «Расчётная нагрузка, кН/м<sup>2</sup>».

**Расчёт и конструирование второстепенных балок** начинают с определения их пролёта  $L$  и шага  $a$ , которые отражены на плане расстановки колонн и раскладки балок.

Задаёмся весом второстепенной балки в зависимости от номера прокатного двутавра, определяемого по формуле

$$h_I = (1/20)L,$$

где  $L$  – пролёт второстепенной балки.

Вес второстепенной балки  $m$  определяем по сортаменту (ГОСТ-26020–83), кг/м.

Вычисляем нормативную распределённую нагрузку на 1 м<sup>2</sup> от собственного веса балки:

$$g^n = m/a, \text{ кН/м}^2,$$

где  $a$  – шаг второстепенных балок, м.

Расчётная распределённая нагрузка на 1 м<sup>2</sup> от собственного веса балки:

$$g^p = \gamma g^n, \text{ кН/м}^2,$$

где  $\gamma$  – коэффициент надёжности по нагрузке по СНиП 2.01.07–85\*.

Общая нормативная распределённая нагрузка по длине второстепенной балки:

$$q^n = (p^n + g^n)a, \text{ кН/м},$$

где  $p^n$  – суммарная нормативная нагрузка из таблицы сбора нагрузок на второстепенную балку.

Общая расчётная распределённая нагрузка по длине второстепенной балки:

$$q^p = (p^p + g^p)a, \text{ кН/м},$$

где  $p^p$  – суммарная расчётная нагрузка из таблицы сбора нагрузок на второстепенную балку.

Далее приводится расчётная схема балки с равномерно распределённой нагрузкой  $q^p$ , кН/м, строятся эпюры  $Q_y$ ,  $M_x$  и вычисляются их максимальные значения:

$$Q_y = q^p \cdot \frac{l}{2}, \text{ кН},$$

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

где  $l$  – пролёт (длина) второстепенной балки.

Номер прокатного двутавра второстепенной балки определяется по требуемому моменту сопротивления:

$$W_{\text{тр}} = M/(R_y \cdot \gamma_c), \text{ см},$$

где  $R_y$  – расчётное сопротивление стали, кН/см<sup>2</sup>;

$\gamma_c$  – коэффициент условий работы по СП 53-102–2004.

Принимаем по сортаменту (ГОСТ 26020–83) номер двутавра, у которого  $W$  несколько больше  $W_{\text{тр}}$ , и выписываем из сортамента его характеристики: момент сопротивления относительно оси  $X$   $W_x$ , см<sup>3</sup>, статический момент  $S_x$ , см<sup>3</sup>, момент инерции  $I_x$ , см<sup>4</sup>, толщину стенки двутавра  $s$ , мм, толщину полки двутавра  $t$ , мм, массу одного погонного метра двутавра  $m$ , кг.

Приступаем к **проверкам по второстепенной балке.**

**Проверка балки по нормальным напряжениям:**

$$\sigma = M/W_{\text{факт}} \leq R_y \cdot \gamma_c, \text{ кН/см}^2,$$

где  $M = M_x$  (см. выше), а  $W_{\text{факт}} = W_x$  (из сортамента).

### Проверка балки по касательным напряжениям:

$$\tau = (Q \cdot S) / (I \cdot t) \leq R_s \cdot \gamma_c, \text{ кН/см}^2,$$

где  $Q=Q_y$  (см. выше),  $S=S_x$  (из сортамента),  $I=I_x$  (из сортамента),  $t=s$  (толщина стенки прокатного двутавра – из сортамента);  $R_s$  – расчётное сопротивление стали сдвигу, кН/см<sup>2</sup> (по таблицам).

Если сечение не проходит по первой группе предельных состояний (по прочности), то его значение должно быть увеличено, то есть должен быть взят следующий номер двутавра по сортаменту.

### Проверка прогиба балки:

$$f = (5 \cdot q^n \cdot l^4) / (384 \cdot E \cdot I) \leq [f] = l/250, \text{ см},$$

где  $q^n$  – общая нормативная распределённая нагрузка по длине второстепенной балки, кН/см;

$l=L$  – пролёт второстепенной балки, см;

$E$  – модуль упругости стали, кН/см<sup>2</sup> (по таблицам);

$I=I_x$ , см<sup>4</sup> (по сортаменту);

$[f]=l/250$  – нормативное значение прогиба для стальных второстепенных балок (СНиП II-23–81\*).

Если сечение не проходит по второй группе предельных состояний (по прогибу, то есть по жёсткости), то его значение должно быть увеличено, то есть должен быть взят следующий номер двутавра по сортаменту.

**Расчёт и конструирование главной балки** начинают с определения её пролёта  $L$  и шага  $a$ , которые отражены на плане расстановки колонн и раскладки балок.

Задаёмся весом главной балки в зависимости от номера прокатного двутавра, определяемого по формуле

$$h_1 = (1/20) \cdot L,$$

где  $L$  – пролёт главной балки.

Вес главной балки  $m$  определяем по сортаменту (ГОСТ-26020–83), кг/м.

Нормативная распределённая нагрузка на 1 квадратный метр от собственного веса главной балки:

$$g^n = m/a, \text{ кН/м}^2.$$

Расчётная распределённая нагрузка на 1 м<sup>2</sup> от собственного веса главной балки:

$$g^p = \gamma_c \cdot g^n, \text{ кН/м}^2.$$

Нормативная распределённая нагрузка по длине главной балки:

$$q^n = g^n \cdot a, \text{ кН/м}.$$

Расчётная распределённая нагрузка по длине главной балки:

$$q^p = g^p \cdot a, \text{ кН/м}.$$

Сопряжение главных балок со второстепенными поэтажное, поэтому передача нагрузок с второстепенных балок на главные – в виде сосредоточенных.

Нормативная сосредоточенная нагрузка на главную балку от второстепенной:

$$P^n=(p^n+g^n)\cdot aL, \quad \text{кН},$$

где  $p^n$  – суммарная нормативная нагрузка из таблицы сбора нагрузок на второстепенную балку, кН/м<sup>2</sup>;

$g^n$  – нормативная распределённая нагрузка на 1 м<sup>2</sup> от собственного веса второстепенной балки, кН/м<sup>2</sup>;

$a$  – шаг второстепенных балок, м;

$L$  – пролёт второстепенной балки, м.

Расчётная сосредоточенная нагрузка на главную балку от второстепенной:

$$P^p=(p^p+g^p)\cdot aL, \quad \text{кН},$$

где  $p^p$  – суммарная расчётная нагрузка из таблицы сбора нагрузок на второстепенную балку, кН/м<sup>2</sup>;

$g^p$  – расчётная распределённая нагрузка на 1 м<sup>2</sup> от собственного веса второстепенной балки, кН/м<sup>2</sup>;

$a$  – шаг второстепенных балок, м;

$L$  – пролёт второстепенной балки, м.

*Изображаем расчётную схему главной балки, на которую действует равномерно распределённая нагрузка от собственного веса главной балки и сосредоточенные силы от второстепенных балок. Строим эпюры  $Q_y$ ,  $M_x$ , определяем наибольшие значения  $Q$  и  $M$  по этим эпюрам.*

Номер прокатного двутавра главной балки определяется по требуемому моменту сопротивления её сечения:

$$W_{\text{тр}}=M/(R_y\cdot\gamma_c), \quad \text{см},$$

где  $R_y$  – расчётное сопротивление стали, кН/см<sup>2</sup>;

$\gamma_c$  – коэффициент условий работы по СП 53-102–2004.

Принимаем по сортаменту (ГОСТ 26020–83) номер двутавра, у которого  $W$  несколько больше  $W_{\text{тр}}$  и выписываем из сортамента его характеристики: момент сопротивления относительно оси  $X$   $W_x$ , см<sup>3</sup>, статический момент  $S_x$ , см<sup>3</sup>, момент инерции  $I_x$ , см<sup>4</sup>, толщину стенки двутавра  $s$ , мм, толщину полки двутавра  $t$ , мм, массу одного погонного метра двутавра  $m$ , кг.

Приступаем к **проверкам по главной балке.**

**Проверка балки по нормальным напряжениям:**

$$\sigma=M/W_{\text{факт}}\leq R_y\cdot\gamma_c, \quad \text{кН/см}^2,$$

где  $M=M_x$  (см. выше), а  $W_{\text{факт}}=W_x$  (из сортамента).

### Проверка балки по касательным напряжениям:

$$\tau=(Q \cdot S) / (I \cdot t) \leq R_s \gamma_c, \text{ кН/см}^2,$$

где  $Q=Q_y$  (см. выше),  $S=S_x$  (из сортамента),  $I=I_x$  (из сортамента),  $t=s$  (толщина стенки прокатного двутавра – из сортамента),  $R_s$  – расчётное сопротивление стали сдвигу, кН/см<sup>2</sup> (по таблицам).

Если сечение не проходит по первой группе предельных состояний (по прочности), то сечение должно быть увеличено, то есть должен быть взят следующий номер двутавра по сортаменту.

**Проверка прогиба главной балки** (имеет отличия от проверки прогиба второстепенной балки, так как на главную балку действует как равномерно распределённая нагрузка, так и сосредоточенные силы, а на второстепенную – только равномерно распределённая нагрузка):

$$f=(5 \cdot q^H \cdot l^4) / (384 \cdot E \cdot I) \leq [f] = l / 400, \text{ см},$$

где  $q^H=(q^n+q^{\text{эКВ}})$ ,

здесь  $q^n$  – нормативная распределённая нагрузка по длине главной балки, кН/см;

$q^{\text{эКВ}}=8M/l^2$  – эквивалентная распределённая нагрузка;

$l=L$  – пролёт главной балки, см;

$E$  – модуль упругости стали, кН/см<sup>2</sup> (по таблицам);

$I=I_x$ , см<sup>4</sup> (по сортаменту);

$[f]=l/400$  – нормативное значение прогиба для стальных главных балок (СНиП II-23–81\*).

Если сечение не проходит по второй группе предельных состояний (по прогибу, то есть по жёсткости), то его значение должно быть увеличено, то есть должен быть взят следующий номер двутавра по сортаменту.

**Расчёт и конструирование колонны среднего ряда из прокатного двутаврового профиля** необходимо начинать с расчётной схемы. Расчётная схема колонны среднего ряда представляет собой центрально сжатый стержень, верхний конец которого шарнирно сопряжён с двумя главными балками, а нижний – жёстко закреплён на бетонном фундаменте. Колонны и главные балки находятся «в плоскости рамы».

Вычисляем *приведённые длины стержня колонны*:

в плоскости рамы:  $l_{ox}=\mu \cdot l$ , где  $\mu$  – коэффициент, зависящий от способа закрепления концов стержня; из плоскости рамы:  $l_{oy}=\mu \cdot l$ .

*Расчётная нагрузка на колонну*:  $N=2Q$ , где  $Q=Q_y$  – наибольшее значение поперечной силы с эпюры поперечных сил главной балки.

Определяем *требуемую площадь сечения колонны*:

$$A_{\text{тр}}=N / (\varphi \cdot R_y \gamma_c), \text{ см}^2,$$

где  $\varphi$  – коэффициент устойчивости (продольного изгиба) стержня, задаёмся его значением  $\varphi=0,5$ ;

$R_y$  – расчётное сопротивление стали, кН/см<sup>2</sup>;



$\gamma_c=0,95$  – коэффициент условий работы.

Если требуемая площадь окажется малой, то принимается наименьший из *колонных двутавров* по сортаменту (ГОСТ 26020–83) и из него выписываются параметры поперечного сечения:

$A$  – площадь поперечного сечения колонного двутавра, см<sup>2</sup>;

$h$  – высота колонного двутавра, мм;

$b$  – ширина полки колонного двутавра, мм;

$t$  – толщина полки колонного двутавра, мм;

$s$  – толщина стенки колонного двутавра, мм;

$I_x$  – момент инерции сечения двутавра относительно оси  $x$ , см<sup>4</sup>;

$i_x$  – радиус инерции сечения двутавра относительно оси  $x$ , см;

$I_y$  – момент инерции сечения двутавра относительно оси  $y$ ;

$i_y$  – радиус инерции сечения двутавра относительно оси  $y$ .

Находим *гибкости стойки колонны* ( $\lambda_x, \lambda_y$ ), чтобы по их значениям по интерполяции определить *коэффициенты продольного изгиба* ( $\varphi_x, \varphi_y$ ) по таблицам СНиП II-23–81\* :  $\lambda_x=l_{ox}/i_x$ ;  $\lambda_y=l_{oy}/i_y$ .

*Проверяем устойчивость стойки колонны:*

в плоскости рамы  $\sigma=N/(\varphi_x \cdot A) \leq R_y \cdot \gamma_c$ ; из плоскости рамы  $\sigma=N/(\varphi_y \cdot A) \leq R_y \cdot \gamma_c$ .

**Расчёт оголовка колонны** выполняется при условии, что сопряжение главной балки с колонной – шарнирное, а нагрузка с главной балки на колонну передаётся через опорное ребро главной балки на опорный столик колонны.

Нагрузка от главной балки  $N=Q_y$ , где  $Q_y$  – наибольшее значение поперечной силы с эпюры поперечных сил главной балки.

Определяем *площадь смятия торца опорного ребра главной балки:*

$$A_{см}=N/(R_p \cdot \gamma_c), \text{ см}^2,$$

где  $R_p$  – расчётное сопротивление стали смятию торцевой поверхности (при наличии пригонки).

Вычисляем *ширину площади смятия торца опорного ребра главной балки:*

$$l_{см}=b-2 \cdot 20 \text{ мм},$$

где  $b$  – ширина колонного двутавра, мм; 2·20 мм – два расстояния по 20 мм от края полки колонного двутавра до края опорного столика.

Определяем *толщину опорного ребра главной балки:*

$$t_p= A_{см}/l_{см}, \text{ см}.$$

Если  $t_p$  окажется малой величиной, то её следует принять равной 10 мм, а толщину опорного столика – большей на 15 мм.

*Опорный столик приварен к колонне по трём сторонам*, то есть двумя фланговыми швами и одним лобовым, поэтому необходимо определить параметры сварного шва, для чего нужно определиться с видом сварки (ручная, полуавтоматическая, автоматическая) и маркой сварочного

материала (электрода, сварочной проволоки и т.п.). Исходя из этого по СНиП II-23-81\* определяются:

$R_{wf}$  – расчётное сопротивление угловых швов срезу (условному) по металлу шва, кН/см<sup>2</sup>;

$R_{wz}$  – расчётное сопротивление угловых швов срезу (условному) по металлу границы сплавления, кН/см<sup>2</sup>;

$\beta_f$  – коэффициент для расчёта углового шва по металлу шва;

$\beta_z$  – коэффициент для расчёта углового шва по металлу границы сплавления;

$k_f$  – катет шва, мм.

Определяем, где будет проходить *расчётное сечение сварного шва*: по металлу шва или по металлу границы сплавления. Для этого вычисляем и сравниваем результаты перемножения:  $\beta_f \cdot R_{wf}$  и  $\beta_z \cdot R_{wz}$ . Если окажется, что  $\beta_f \cdot R_{wf} > \beta_z \cdot R_{wz}$ , то расчётным является сечение по металлу границы сплавления  $Z$ .

*Расчётная длина швов* в случае расчётного сечения по металлу границы сплавления вычисляется по формуле

$$l_w = N / (\beta_z \cdot k_f \cdot R_{wz} \cdot \gamma_c), \text{ см.}$$

Расчётная длина швов в случае расчётного сечения по металлу шва вычисляется по аналогичной формуле. Если расчётная длина швов окажется малой, то её назначают конструктивно исходя из удобных размеров опорного столика.

**База колонны** служит для передачи нагрузки со стержня колонны на фундамент и закрепления колонны на фундаменте. База колонны состоит из прямоугольной плиты (горизонтальной стальной пластины) с отверстиями под анкерные болты фундамента, двух траверс (вертикальных стальных пластин), соединённых сваркой с нижней частью колонного двутавра. Сопряжение базы с фундаментом – жёсткое.

Нагрузка на *опорную плиту базы колонны*:

$$N = 2 \cdot Q + m, \text{ кН,}$$

где  $Q = Q_y$  ( $Q_y$  – наибольшее значение поперечной силы с эпюры поперечных сил главной балки);

$m$  – масса колонного двутавра.

Определяемся с *классом бетона фундамента*  $B$  и соответствующим расчётным сопротивлением бетона  $R_b$ , кН/см<sup>2</sup>.

*Требуемая площадь плиты базы колонны*:

$$A_{пл.тр} = N / R_b, \quad \text{см}^2.$$

*Ширина плиты базы колонны*:

$$b = h_1 + 2 \cdot t_{тр} + 2 \cdot C, \quad \text{мм,}$$

где  $h_1$  – высота колонного двутавра;

$t_{тр}$  – толщина траверсы;

$C$  – расстояние от края плиты базы до траверсы.

*Расстояние от края плиты базы до траверсы:*

$$C=c_1+c_2,$$

где  $c_1$  – расстояние от края плиты базы до центра отверстия под анкерный болт;

$c_2$  – расстояние от центра отверстия под анкерный болт до траверсы (причём  $c_2=1,5 \cdot d$ , где  $d$  – диаметр болта;  $c_1= d+ c_2$ ).

Определяем длину плиты базы колонны:

$$L= A_{пл.тр}/b, \text{ см.}$$

Если  $L$  окажется малой, то принимают её величину конструктивно, исходя из размеров колонного двутавра и условий размещения анкерных болтов. После этого определяют фактическую площадь плиты базы колонны  $A_{пл.ф}$ .

Определяем фактическое напряжение в бетоне фундамента под плитой:

$$\sigma_{ф}=N/A_{пл.ф}, \text{ кН/см}^2$$

и сравниваем его с расчётным сопротивлением бетона  $R_b$ .

При выборе толщины плиты базы колонны определяем изгибающие моменты на различных участках плиты.

*Участок 1* (между стенкой двутавра и полками):

определяем соотношение  $b/a$ , где  $b$  – расстояние от стенки двутавра до края плиты;  $a$  – высота двутавра. По величине этого соотношения по интерполяции по специальным таблицам определяем коэффициент  $\alpha$ .

Определяем изгибающий момент на участке №1 плиты:

$$M_1= \alpha \cdot q \cdot b^2, \text{ кН}\cdot\text{см},$$

где  $q= \sigma_{ф}$  – фактическое напряжение в бетоне фундамента под плитой.

*Участок 2* (между траверсой и краем плиты – консольный).

Определяем изгибающий момент на участке №2 плиты:

$$M_2= (\sigma_{ф} \cdot C^2)/2, \quad \text{кН}\cdot\text{см},$$

где  $C$  – расстояние от края плиты базы до траверсы (вылет консоли).

Требуемую толщину плиты определяем по максимальному изгибающему моменту из  $M_1$  и  $M_2$ :

$$t_{пл} \geq \sqrt{\frac{6 \cdot M_{\max}}{b \cdot R_y \cdot \gamma_c}}, \text{ см},$$

где  $b=1$  см – так как наибольший изгибающий момент действует на полосе шириной 1 см;

$\gamma_c=1$  (коэффициент условий работы).

Обычно толщину плиты принимают в пределах 20–40 мм.

Определяем *расчётное сечение соединения*. Определяем параметры сварного шва, для чего нужно определиться с видом сварки (ручная, полуавтоматическая, автоматическая) и маркой сварочного материала (электрода, сварочной проволоки и т.п.). Вычисляем  $\beta_f R_{wf}$  и  $\beta_z R_{wz}$ . Если окажется, что  $\beta_f R_{wf} > \beta_z R_{wz}$ , то расчётным является сечение по металлу границы сплавления  $Z$ . Тогда при известном из СНиП II-23–81\* катете шва  $k_f$  можно определить *суммарную длину 4 сварных швов*, прикрепляющих пластины траверс к полкам колонного двутавра:

$$l_w = N / (4 \beta_z k_f R_{wz}), \quad \text{см.}$$

Длина швов не должна превышать  $85 \beta_z k_f$ .

*Далее вычерчиваются на форматных листах с соблюдением всех правил оформления чертежей:* второстепенная балка в 3 проекциях со спецификацией, главная балка в 4 проекциях со спецификацией, общий вид колонны с опирающимися на неё главными балками в 2 проекциях, база колонны в 3 проекциях, оголовок колонны в 2 проекциях, спецификация на колонну, таблица «требуется изготовить».

## 2. Примеры выполнения заданий по курсовому проектированию на тему «Стальной каркас с балочными конструкциями перекрытий» (6 семестр)

*Пример расчёта распределённых нагрузок на второстепенную балку.*  
Линолеум на теплоизолирующей подоснове ( $\delta=3,6$  мм = 0,0036 м;  
 $\gamma_0=1600$  кг/м<sup>3</sup>=16000 Н/м<sup>3</sup>=16 кН/м<sup>3</sup>).

Нормативная нагрузка:  $1 \text{ м} \cdot 1 \text{ м} \cdot 0,0036 \text{ м} \cdot 16 \text{ кН/м}^3 = 0,058 \text{ кН/м}^2$ .

Коэффициент надёжности по нагрузке  $\gamma_f=1,2$ .

Расчётная нагрузка  $0,058 \text{ кН/м}^2 \cdot 1,2=0,07 \text{ кН/м}^2$ .

*Пример расчёта общей нормативной распределённой нагрузки по длине второстепенной балки.*

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

*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.*

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

*Пример проверки второстепенной балки по касательным напряжениям.*

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

*Пример проверки прогиба второстепенной балки.*

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

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

$$P^n=(p^n+g^n)\cdot\alpha L=(4,93\text{ кН/м}^2+0,1423\text{ кН/м}^2)\cdot3\text{ м}\cdot5\text{ м}=76,08\text{ кН.}$$

*Пример проверки прогиба главной балки.*

$$\begin{aligned} f &= \frac{(5 \cdot q^n \cdot l^4)}{(384 \cdot E \cdot I)} = \frac{[5 \cdot (q^n + q^{\text{эКВ}}) \cdot l^4]}{(384 \cdot E \cdot I)} = \frac{\left\{5 \cdot \left[q^n + \left(M \cdot 8 / l^2\right) \cdot l^4\right]\right\}}{(384 \cdot E \cdot I)} = \\ &= \frac{\left\{5 \cdot \left[0,61\text{ кН/м} + \left(146,04\text{ кНм} \cdot 8 / 6^2\text{ м}^2\right) \cdot 6^4\text{ м}^4\right]\right\}}{\left[384 \cdot \left(2,06 \cdot 10^4\text{ кН/см}^2\right) \cdot \left(11550\text{ см}^4\right)\right]} = \\ &= \frac{\left\{5 \cdot \left[0,61 \cdot 10^{-2}\text{ кН/см} + \left(146,04 \cdot 10^2\text{ кН} \cdot \text{см} \cdot 8 / 6^2 \cdot 10^4\text{ см}^2\right) \cdot 6^4 \cdot 10^8\text{ см}^4\right]\right\}}{\left[384 \cdot \left(2,06 \cdot 10^4\text{ кН/см}^2\right) \cdot \left(11550\text{ см}^4\right)\right]} = \\ &= 2,3\text{ см} \geq [f] = \frac{l}{400} = \frac{600\text{ см}}{400} = 1,5\text{ см.} \end{aligned}$$

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

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

$$l_{\text{ох}}=\mu \cdot l=0,7 \cdot 3,75\text{ м}=2,63\text{ м.}$$

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

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

*Пример определения гибкости стойки колонны в плоскости рамы.*

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

*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.*

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

*Пример определения площади смятия торца опорного ребра главной балки.*

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

*Пример определения расчётного сечения сварного шва.*

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

*Вывод:* расчётным является сечение по металлу границы сплавления Z.

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

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

*Пример определения требуемой площади плиты базы колонны.*

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

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

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

*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 значение  $\alpha = 0,081$  (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.*

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

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

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

### 3. Требования к качеству выполнения курсового проекта на тему «Стальной каркас с балочными конструкциями перекрытий» (6 семестр)

Курсовой проект должен быть выполнен в полном соответствии с индивидуальным заданием на курсовое проектирование, выданным студенту на бланке за подписью руководителя курсового проектирования (преподавателя).

Курсовой проект сдаётся студентом в установленные учебным планом сроки.

Графическая часть курсового проекта выполняется в компьютерной графике или традиционной графике на форматных листах в соответствии с требованиями, предъявляемыми к рабочим чертежам стадии КМД.

Пояснительная записка должна иметь титульный лист, вшитый бланк задания, оглавление, основной текст с чёткой структурой и рубрикацией, библиографический список. Она выполняется на листах формата А-4: набирается на компьютере, печатается на пишущей машинке или аккуратно пишется от руки. В ней отражаются все этапы расчётов, приводятся необходимые формулы, таблицы, схемы.



#### 4. Формы контроля и оценки выполнения заданий по курсовому проекту на тему «Стальной каркас с балочными конструкциями перекрытий» (6 семестр)

Ход выполнения студентом курсового проекта контролируется на практических занятиях и во время индивидуальных консультаций, когда студент предъявляет все имеющиеся рабочие материалы по курсовому проекту. Определяется процент выполнения каждым студентом курсового проекта, сведения подаются в деканат.

Курсовой проект оценивается по системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно».

К общим критериям оценки курсового проекта относят:

- актуальность и степень разработки темы;
- творческий подход и самостоятельность в анализе, обобщениях и выводах;
- уровень овладения методикой проектирования;
- правильность выполнения, практическая направленность;
- соблюдение всех требований к оформлению курсового проекта и сроков выполнения.

На **«отлично»** может быть оценен курсовой проект при:

- соответствии содержания заявленной теме;
- глубоко и полном раскрытии вопросов теоретической и практической частей работы;
- отсутствие ошибок, неточностей, несоответствий в изложении теоретических и практических разделов;
- глубоко и полном анализе результатов курсового проекта, постановке верных выводов, указании их практического применения;
- высоком качестве оформления;
- представлении курсового проекта в указанные руководителем сроки;
- уверенной защите курсового проекта.

На **«хорошо»** может быть оценен курсовой проект при:

- соответствии содержания заявленной теме;
- наличии небольших неточностей в изложении вопросов теоретической или практического разделов, исправленных самим студентом в ходе защиты;
- отсутствии ошибок, неточностей, несоответствий в изложении теоретических и практических разделов;
- глубоко и полном анализе результатов, постановке верных выводов, указании их практического применения;
- хорошем качестве оформления курсового проекта;

- представлении курсового проекта в указанные руководителем сроки.

На **«удовлетворительно»** может быть оценен курсовой проект при:

- соответствии содержания заявленной теме;
- недостаточно полном раскрытии вопросов теоретической или практической части;
- наличии ошибок и неточностей в изложении теоретического или практического разделов курсового проекта, исправленных самим обучающимся в ходе защиты;
- недостаточно глубоком и полном анализе результатов;
- небрежном оформлении курсового проекта;
- представлении курсового проекта в поздние сроки;
- обнаружении ошибок и неточностей в ходе защите курсового проекта.

На **«неудовлетворительно»** может быть оценен курсовой проект при:

- несоответствии содержания заявленной теме;
- нераскрытии вопросов теоретической или практической части;
- наличии грубых ошибок в изложении теоретического и практического разделов;
- отсутствии анализа результатов курсового проекта;
- низком качестве оформления курсового проекта;
- представлении курсового проекта в поздние сроки;
- обнаружении грубых ошибок в ходе защиты курсового проекта.

## 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.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1. Методические рекомендации по выполнению курсового проекта на тему «Стальной каркас с балочными конструкциями перекрытий» (6 семестр).....	4
2. Примеры выполнения заданий по курсовому проектированию на тему «Стальной каркас с балочными конструкциями перекрытий» (6 семестр).....	13
3. Требования к качеству выполнения курсового проекта на тему «Стальной каркас с балочными конструкциями перекрытий» (6 семестр).....	16
4. Формы контроля и оценки выполнения заданий по курсовому проекту на тему «Стальной каркас с балочными конструкциями перекрытий» (6 семестр).....	17
Библиографический список .....	19

Учебное издание

Пучков Юрий Михайлович

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

Методические указания к выполнению курсового проекта  
по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство»

Редактор                      Н.Ю. Шалимова  
Верстка                        Н.В. Кучина

---

Подписано в печать 05.02.16. Формат 60×84/16.  
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.  
Усл.печ.л. 1,16. Уч.-изд.л. 1,25. Тираж 80 экз.  
Заказ № 128.

---

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