



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
"ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ И.С.ТУРГЕНЕВА"  
ИНСТИТУТ ЭКОНОМИКИ И УПРАВЛЕНИЯ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ  
Н.Н.ПОЛИКАРПОВА

Кафедра мехатроники, механики и робототехники

О.В. ФОМИНОВА

## **ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА**

Методические указания и задания  
к курсовому проекту  
«Расчет на прочность и жесткость элементов  
инженерных конструкций»

Орел  
ОГУ имени И.С. Тургенева  
2020

**Автор**

к.т.н., доцент кафедры мехатроника, механика и робототехника  
Фомина О.В.

**Рецензент**

д.т.н., профессор кафедры мехатроника, механика и робототехника  
Чернышев В.И.

Методические указания и задания к курсовому проекту содержат основные сведения для осуществления расчетов на прочность и жесткость элементов инженерных конструкций. Материал ориентирован на вопросы профессиональной компетенции, необходимой для эффективного использования основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности при решении различных инженерных задач.

Методические указания предназначены для студентов очной и очно-заочной формы обучения.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	5
ЗАДАНИЕ №1 Расчеты на прочность и жесткость при растяжении и сжатии...	6
ЗАДАНИЕ №2 Геометрические характеристики плоских сечений .....	8
ЗАДАНИЕ №3 Расчеты на прочность и жесткость при кручении.....	11
ЗАДАНИЕ №4 Расчеты на прочность и жесткость при изгибе.....	14
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	18
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	19
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.....	20
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....	21
ПРИЛОЖЕНИЕ 3.....	25

## ВВЕДЕНИЕ

Прикладная механика – это комплексная дисциплина, занимающаяся исследованием устройств и принципов механизмов. Эта техническая наука играет большую роль при создании инновационного оборудования и техники, широко используется при проектировании приборов, машин и различных инженерных конструкций [1].

Задачей курса является освоение расчетов на прочность и жесткость элементов конструкций, а также изучение общих принципов построения машин, механизмов, деталей машин и их проектирование.

Одним из основных разделов курса прикладной механики является сопротивление материалов – раздел механики, изучающий теоретико-экспериментальные основы и методы расчета наиболее распространенных элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость [3].

Значительный вклад в развитие прикладной механики в области сопротивления материалов внесли русские ученые Журавский Д.И., Ясинский Ф.С., Гадолин А.И. и др. Большое влияние на формирование науки оказали Феодосьев В.И., Болотин В.В., Иосилевич Г.Б., Саргаев П.М. и др.

В настоящее время многие отечественные и зарубежные научные школы занимаются вопросами прикладной механики, актуальность которых обусловлена необходимостью проектирования новейших приборов и оборудования, создание которых невозможно без четких расчетов.

Данные методические указания содержат задания к курсовому проекту по разделу сопротивление материалов и основные сведения для осуществления расчетов на прочность и жесткость элементов инженерных конструкций.

## ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект выполняется на бумаге формата А4, шрифт Times New Roman, 14 кегль, через полтора интервала. Слева от текста оставляют поля в 30 мм, справа – 10 мм, сверху и снизу – по 20 мм. Каждое задание курсового проекта следует начинать с новой страницы. Нумерация страниц должна быть сквозной. Первой страницей является титульный лист (Приложение 1), второй – задание на курсовой проект (Приложение 2). Номер страницы проставляют арабскими цифрами в правом верхнем углу страницы. На титульном листе и листе задания страницы не ставятся.

Условие каждого задания курсового проекта должно переписываться на лист задания полностью, без всяких сокращений и изменений. Данные задания оформляются в виде таблицы. К каждому заданию необходимо сделать относящийся к нему чертеж.

Все чертежи именованы в курсовом проекте рисунками и выполняются с соблюдением выбранных масштабов изображения.

Рисунки и таблицы имеют сквозную нумерацию в пределах всего проекта и размещаются после ссылки на них в тексте.

При несоблюдении хотя бы одного из перечисленных требований, а также при неправильном решении задания, курсовой проект не будет допущен к защите и соответственно не будет зачтен. На момент защиты в курсовом проекте должны быть устранены все замечания.

Во время защиты студенту задаются вопросы теоретического характера, соответствующие теме курсового проекта. Своими ответами студент должен убедить преподавателя, что курсовой проект выполнен им самостоятельно и он хорошо владеет материалом.

## ЗАДАНИЕ №1

Тема: Расчеты на прочность и жесткость при растяжении и сжатии

Растяжением или сжатием называется вид нагружения, при котором в поперечном сечении бруса возникает только один внутренний силовой фактор – продольная сила [4].

Прочность – способность не разрушаться под нагрузкой.

Жесткость – способность незначительно деформироваться под нагрузкой.

Расчет на прочность обеспечивает не разрушение конструкции.

Расчет на жесткость обеспечивает деформации конструкции под нагрузкой в пределах допустимых норм.

Формулы, необходимые для проведения расчетов на прочность и жесткость при растяжении и сжатии

1. Определение нормального напряжения  $\sigma$ :

$$\sigma = \frac{N}{A}, \quad (1)$$

где  $N$  – продольная сила;

$A$  – площадь поперечного сечения.

2. Определение удлинения (укорочения) бруса  $\Delta l$ :

$$\Delta l = \frac{Nl}{AE}, \quad (2)$$

где  $l$  – начальная длина стержня;

$E$  – модуль упругости.

3. Допускаемое напряжение  $[\sigma]$ :

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{пред}}{[s]}, \quad (3)$$

где  $[s]$  – допускаемый запас прочности.

4. Условие прочности при растяжении и сжатии:

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq [\sigma] \quad (4)$$

**Задание:** построить эпюры продольных сил и нормальных напряжений по длине бруса (рисунок 1). Определить перемещение свободного конца бруса. Двухступенчатый стальной брус нагружен силами  $F_1$ ,  $F_2$  и  $F_3$ . Площади поперечных сечений  $A_1$ ,  $A_2$ .

При расчетах воспользоваться данными таблицы 1, выбрав необходимые величины [3].

$$\text{Принять } E = 2 \cdot 10^5 \text{ Н/мм}^2$$

Таблица 1 – Параметры для выполнения расчетов задания №1

Параметры	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F_1$ , кН	20	26	20	17	16	10	26	40	14	28
$F_2$ , кН	10	20	8	13	25	12	9	55	16	14
$F_3$ , кН	5	10	4	8	28	13	3	24	10	5
$A_1$ , см <sup>2</sup>	1,8	1,6	1,0	2,0	1,2	0,9	1,9	2,8	2,1	1,9
$A_2$ , см <sup>2</sup>	3,2	2,4	1,5	2,5	2,8	1,7	2,6	3,4	2,9	2,4
a, м	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,4	0,3	0,2	0,5	0,6

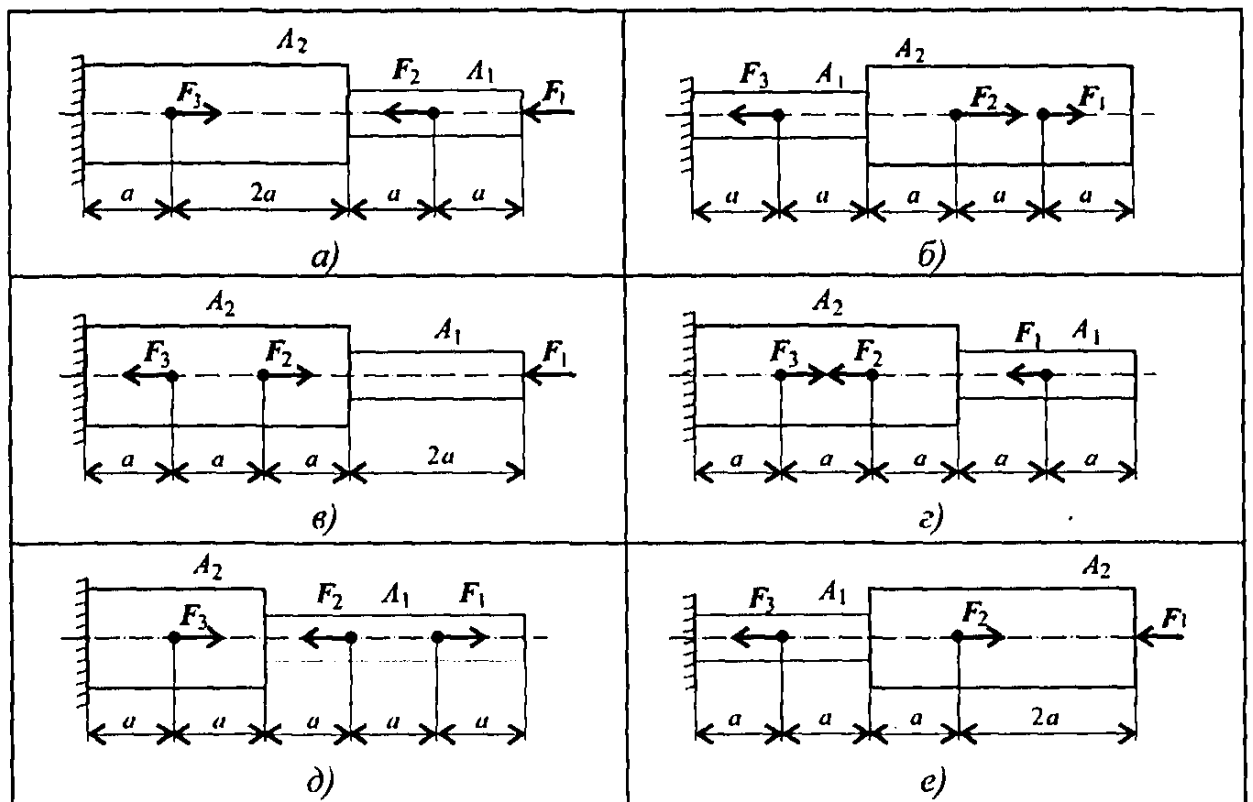


Рисунок 1 – Схемы для выполнения задания №1

## ЗАДАНИЕ №2

Тема: Геометрические характеристики плоских сечений

Моменты инерции простейших сечений:

1. Прямоугольник и квадрат.

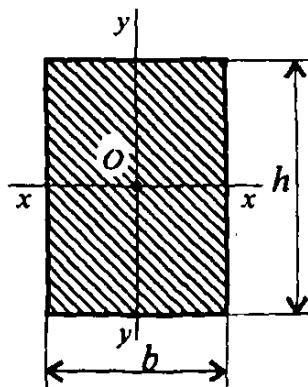


Рисунок 2

Осевые моменты инерции  $I_x$  (относительно оси  $xx$ ) и  $I_y$  (относительно оси  $yy$ ):

$$I_x = \frac{bh^3}{12} \quad (5)$$

$$I_y = \frac{hb^3}{12} \quad (6)$$

Полярный момент инерции сечения  $I_p$ :

$$I_p = I_x + I_y \quad (7)$$

2. Круг и кольцо.

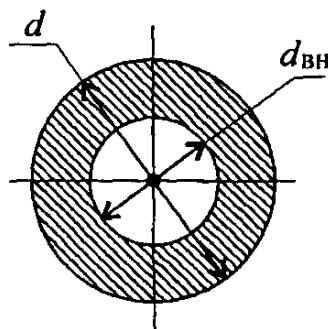


Рисунок 3



Осевые моменты инерции:

а) для круга:

$$I_x = I_y = \frac{\pi d^4}{64} \quad (8)$$

б) для кольца:

$$I_x = I_y = \frac{\pi d^4}{64} (1 - c^4) \quad (9)$$

Полярный момент инерции сечения:

а) для круга:

$$I_p = \frac{\pi d^4}{32} \quad (10)$$

б) для кольца:

$$I_p = \frac{\pi d^4}{32} (1 - c^4) \quad (11)$$

В формулах (8) – (11):

$d$  – диаметр круга и наружный диаметр кольца;

$$c = d_{\text{вн}}/d, \quad (12)$$

где  $d_{\text{вн}}$  – внутренний диаметр кольца.

3. Моменты инерции относительно параллельных осей.

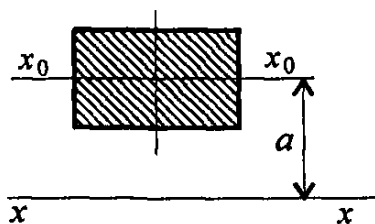


Рисунок 4

$$I_x = I_{x_0} + a^2 A, \quad (13)$$

где  $I_x$  – момент инерции относительно оси  $xx$ ;

$I_{x_0}$  – момент инерции относительно оси  $x_0x_0$ ;

$a$  – расстояние между осями  $xx$  и  $x_0x_0$ ;

$A$  – площадь сечения.

*Задание:* вычислить главные центральные моменты инерции сечений, представленных на схемах рисунка 5. При расчетах воспользоваться данными таблицы 2, выбрав необходимые величины [3].

Таблица 2 – Параметры для выполнения расчетов задания №2

Параметры	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$d_1$ , мм	72	80	88	96	98	72	76	88	96	104
$d_2$ , мм	12	14	16	18	10	12	14	16	18	20
$h$ , мм	72	80	88	96	98	72	76	88	96	104
$b$ , мм	36	42	48	54	60	36	42	48	4	60
$a$ , мм	48	52	56	60	58	48	48	56	60	64
$h_1$ , мм	16	18	20	22	24	16	18	20	22	24
$b_1$ , мм	32	36	40	44	48	32	36	40	44	48
$h_2$ , мм	6	8	10	6	8	10	6	8	10	6

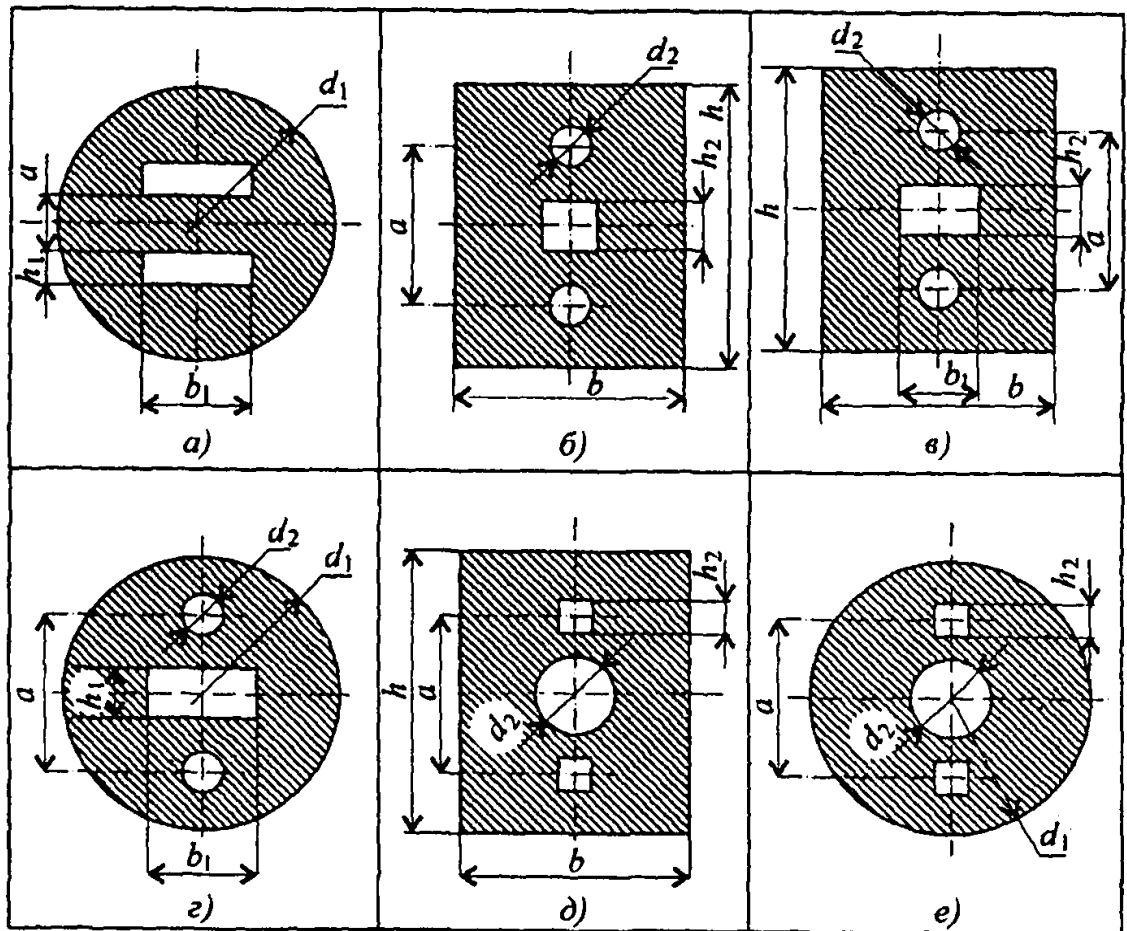


Рисунок 5 – Схемы для выполнения задания №2

### ЗАДАНИЕ №3

Тема: Расчеты на прочность и жесткость при кручении

Кручением называется нагружение, при котором в поперечном сечении бруса возникает только один внутренний силовой фактор – крутящий момент [5].

Внешними нагрузками являются также две противоположно направленные пары сил.

Формулы, необходимые для проведения расчетов на прочность и жесткость при кручении

1. Определение касательных напряжений  $\tau_A$  в точке  $A$  (рисунок 6):

$$\tau_A = \frac{M_k \rho_A}{I_p}, \quad (14)$$

где  $M_k$  – крутящий момент в сечении,  $H \cdot м$ ,  $H \cdot мм$ ;

$\rho_A$  – расстояние от точки  $A$  до центра сечения.

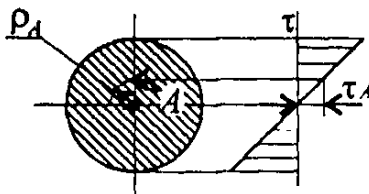


Рисунок 6

2. Условие прочности при кручении:

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_p} \leq [\tau_k], \quad (15)$$

где  $W_p$  – момент сопротивления при кручении,  $м^3$ ,  $мм^3$ ;

$[\tau_k]$  – допускаемое напряжение при кручении,  $H/м^2$ ,  $H/мм^2$ .

3. Проектировочный расчет, определение размеров поперечного сечения:

а) сечение – круг:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M_k}{0,2[\tau_k]}} \quad (16)$$

б) сечение – кольцо:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M_k}{0,2(1-c^4)[\tau_k]}} \quad (17)$$

В формулах (16) и (17):

$d$  – наружный диаметр круглого сечения;

$$c = d_{\text{вн}}/d, \quad (18)$$

где  $d_{\text{вн}}$  – внутренний диаметр кольцевого сечения.

4. Условие жесткости при кручении:

$$\varphi_0 = \frac{M_k}{GI_p} \leq [\varphi_0], \quad (19)$$

где  $G$  – модуль упругости при сдвиге,  $H/м^2$ ,  $H/мм^2$  ( $G \approx 0,4E$ );

$I_p$  – полярный момент инерции в сечении,  $м^4$ ,  $мм^4$ ;

$[\varphi_0]$  – допускаемый угол закручивания, ( $[\varphi_0] \cong 0,5 \div 1$  град/м);

$E$  – модуль упругости при растяжении,  $H/м^2$ ,  $H/мм^2$ .

5. Проектировочный расчет, определение наружного диаметра сечения:

$$[I_p] \geq \frac{M_k}{G[\varphi_0]} \quad (20)$$

а) для круга:

$$d \geq \sqrt[4]{\frac{32I_p}{\pi}} \quad (21)$$

б) для кольца:

$$d \geq \sqrt[4]{\frac{32I_p}{\pi(1-c^4)}} \quad (22)$$

*Задание:* для стального вала круглого поперечного сечения определить значение внешних моментов, соответствующих передаваемым мощностям, и уравновешенный момент.

Построить эпюру крутящих моментов по длине вала.

Определить диаметр вала по сечениям из расчета на прочность и жесткость. Полученный больший результат округлить до ближайшего четного или оканчивающегося на 5 числа.

При расчете использовать следующие данные:

- 1) вал вращается с угловой скоростью  $25 \text{ рад/с}$ ;
- 2) материал вала – сталь;
- 3) допускаемое напряжение кручения  $30 \text{ МПа}$ ;
- 4) модуль упругости при сдвиге  $8 \cdot 10^4 \text{ МПа}$ ;
- 5) допускаемый угол закручивания  $[\varphi_0] = 0,02 \text{ рад/м}$ .

Провести расчет для вала кольцевого сечения, приняв  $c = 0,9$ . Сделать выводы о целесообразности выполнения вала круглого или кольцевого сечения, сравнив площади поперечных сечений.

При расчетах воспользоваться данными таблицы 3 и схемами рисунка 7

Таблица 3 – Параметры для выполнения расчетов задания №3

Параметры	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$a = b = c,$ м	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
$P_1,$ кВт	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0
$P_2,$ кВт	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5
$P_3,$ кВт	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0

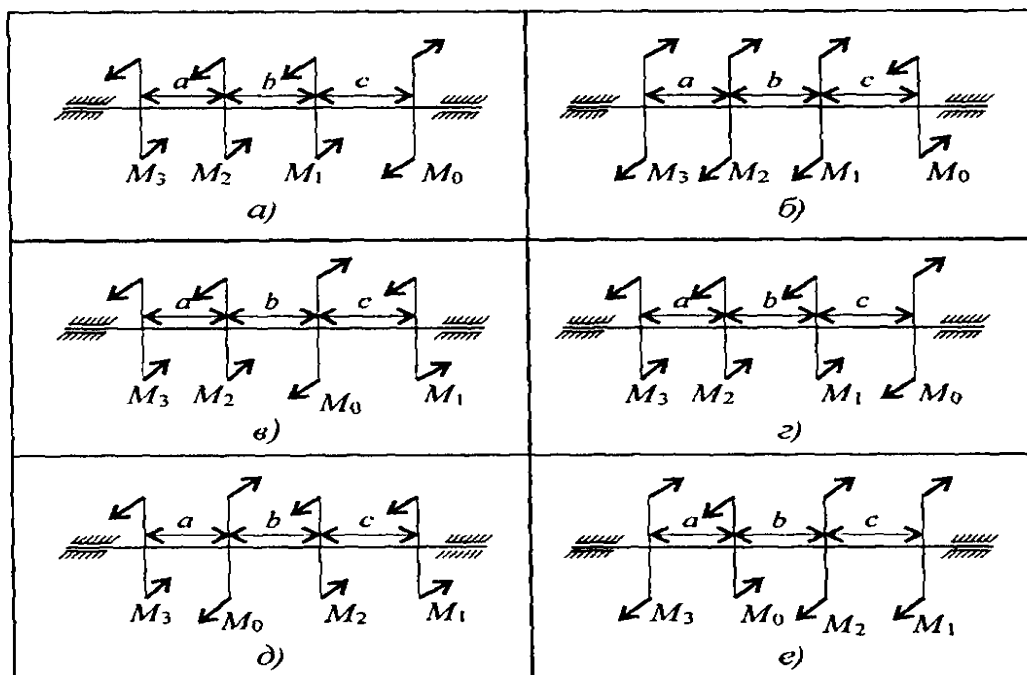


Рисунок 7 – Схемы для выполнения задания №3

## ЗАДАНИЕ №4

Тема: Расчеты на прочность и жесткость при изгибе

Изгибом называется вид нагружения, при котором в поперечном сечении бруса возникает внутренний силовой фактор – изгибающий момент [2].

Брус, работающий на изгиб, называют балкой.

Изгиб, при котором в поперечном сечении бруса возникает только изгибающий момент, называется чистым изгибом.

Изгиб, при котором в поперечном сечении бруса возникает изгибающий момент и поперечная сила, называется поперечным изгибом.

Основные положения и расчетные формулы при изгибе

1. Распределение нормальных  $\sigma_{и}$  и касательных  $\tau$  напряжений при изгибе (рисунок 8):

$$\sigma_{и} = \frac{M_{и}y}{I_x}, \quad (23)$$

где  $M_{и}$  – изгибающий момент в сечении;

$y$  – расстояние от нейтрального слоя;

$I_x$  – осевой момент инерции сечения.

$$W_x = \frac{I_x}{y_{max}}, \quad (24)$$

где  $W_x$  – осевой момент сопротивления сечения.

$$\tau_{max} = \frac{1,5Q}{A}, \quad (25)$$

где  $Q$  – поперечная сила в сечении;

$A$  – площадь сечения.

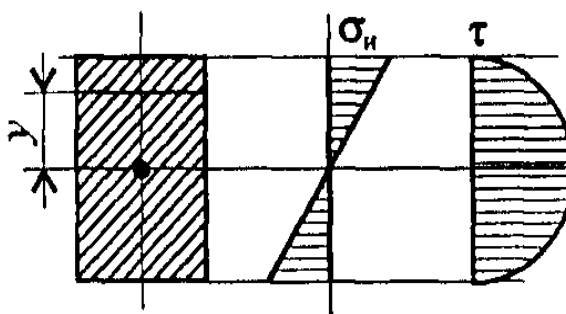


Рисунок 8

2. Условие прочности при изгибе:

$$\sigma_{и}^{max} = \frac{M_{и}}{W_x} \leq [\sigma_{и}], \quad (26)$$

где  $[\sigma_{и}]$  – допускаемое напряжение.

3. Знаки изгибающих моментов и поперечных сил (рисунок 9):

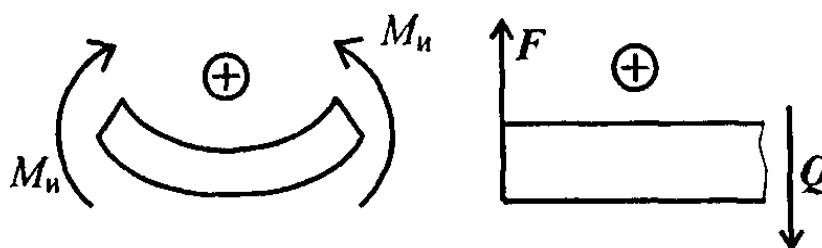


Рисунок 9

Поперечная сила в сечении считается положительной, если она стремится развернуть сечение по часовой стрелке, если против – отрицательной.

Если действующие на участке внешние силы стремятся изогнуть балку выпуклостью вниз, то изгибающий момент считается положительным, если вверх – отрицательным.

*Задание 4.1:* для одноопорной балки, нагруженной сосредоточенными силами и парой сил с моментом  $m$ , построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов.

Найти максимальный изгибающий момент и из условия прочности подобрать поперечное сечение для балки в виде двутавра и прямоугольника с соотношением сторон  $h = 2b$ .

Материал сталь, допускаемое напряжение 160 МПа.

Рассчитать площади поперечных сечений и сделать вывод о целесообразности применения сечения.

При расчетах воспользоваться данными таблицы 4, схемами рисунка 10 и Приложением 3 [3].

Таблица 4 – Параметры для выполнения расчетов задания №4.1

Параметры	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F_1$ , кН	10	12	14	16	18	10	22	24	26	28
$F_2$ , кН	4,4	4,8	7,8	8,4	12	4	17	18	22,8	24
$m$ , кН·м	8	7	6	5	4	8	7	6	5	4
$a$ , м	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6

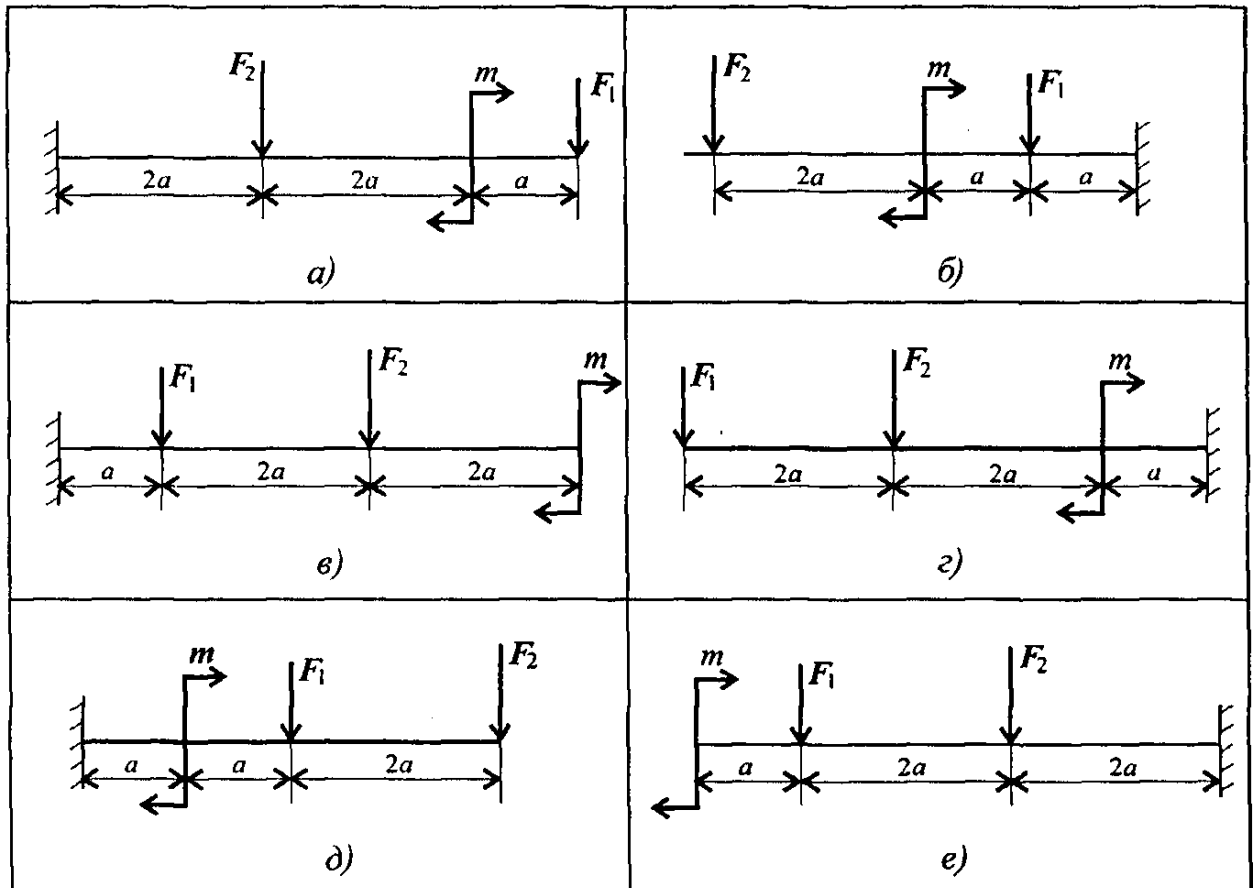


Рисунок 10 – Схемы для выполнения задания №4.1

*Задание 4.2:* для двухопорной балки, нагруженной сосредоточенными силами и парой силой с моментом  $m$ , определить реакции в опорах, построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов, найти максимальный изгибающий момент.

При расчетах воспользоваться данными таблицы 5 и схемами рисунка 11[3].



Таблица 5 – Параметры для выполнения расчетов задания №4.2

Параметры	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F_1$ , кН	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
$F_2$ , кН	4,4	4,8	7,8	8,4	12	12,8	17	18	22,8	24
$m$ , кН·м	3	4	5	6	7	7	6	5	4	3
$a$ , м	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6

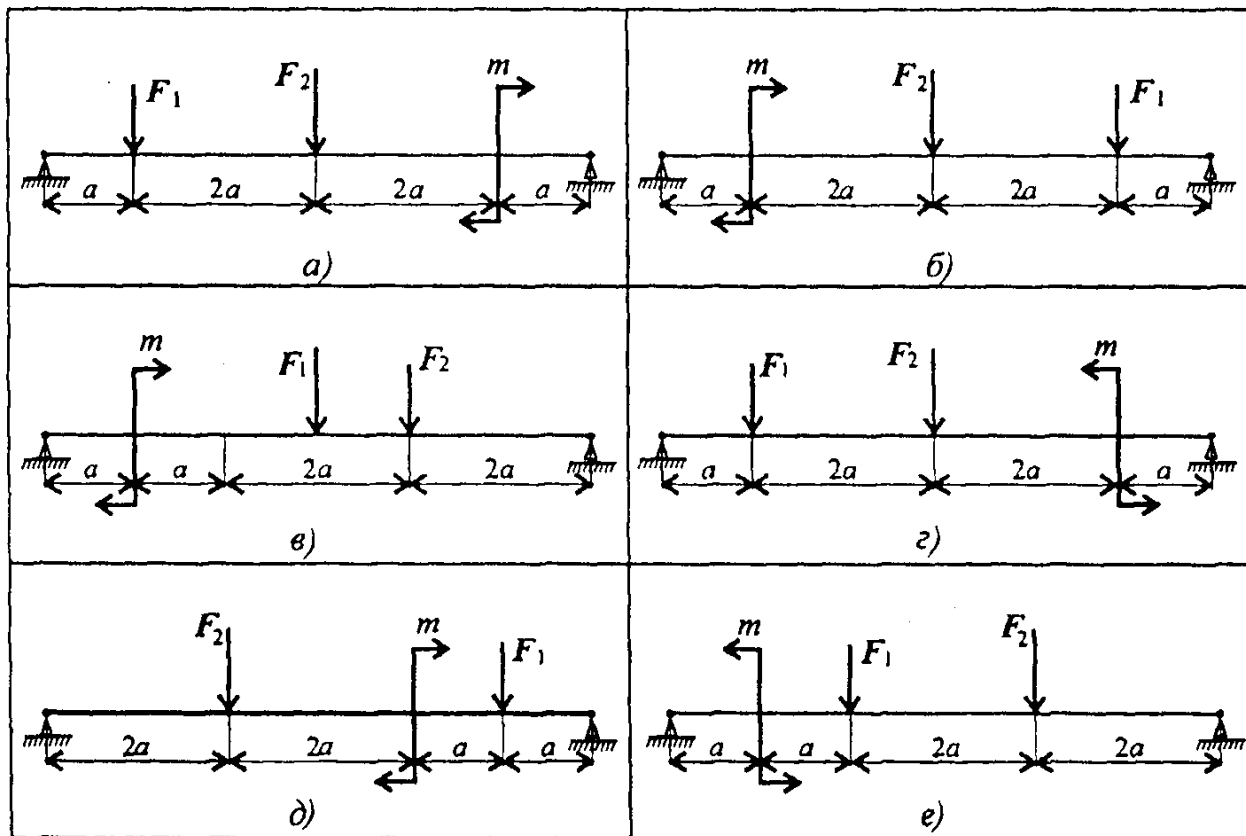


Рисунок 11 – Схемы для выполнения задания №4.2

**Задание 4.3:** для изображенных балок на рисунке 12 определить реакции в опорах, построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов, найти максимальный изгибающий момент.

При расчетах воспользоваться данными таблицы 6 [3].

Таблица 6 – Параметры для выполнения расчетов задания №4.3

Параметры	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$m$ , кН·м	15	17	19	20	21	23	24	25	26	28
$F$ , кН	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105
$q$ , кН/м	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$a$ , м	0,5	0,6	0,8	0,9	1	1	1,1	0,9	0,6	0,8
$b$ , м	1,5	1,6	1,8	1,9	2	1	2,3	2,1	2,5	2,3
$c$ , м	1,5	1,7	1,9	2	2,1	1,8	2,7	2,5	2,6	2,4

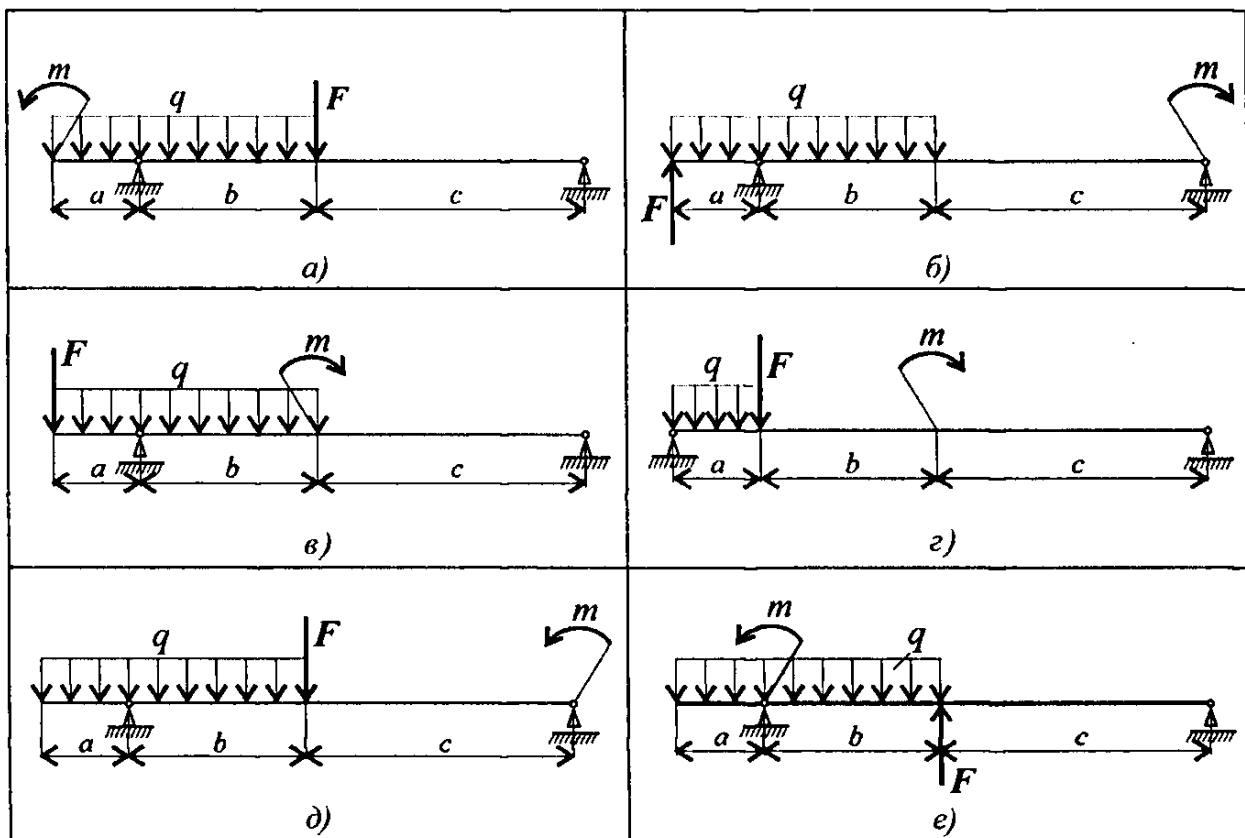


Рисунок 12 – Схемы для выполнения задания №4.3

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания могут быть использованы студентами очной и очно-заочной формы обучения при изучении курса «Прикладная механика».

В методических указаниях приведены основные сведения и необходимые формулы для выполнения заданий курсового проекта по прикладной механике по разделу «Сопротивление материалов».

В рамках данного раздела представлены задания на темы: «Расчеты на прочность и жесткость при растяжении и сжатии», «Геометрические характеристики плоских сечений», «Расчеты на прочность и жесткость при кручении» и «Расчеты на прочность и жесткость при изгибе».

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Джамай, В.В. Прикладная механика: Учебник для бакалавров / В.В. Джамай, Е.А. Самойлов, А.И. Станкевич. – М.: Юрайт, 2013. – 360 с.
2. Иосилевич, Г.Б. Прикладная механика: Учебник для студентов / Г.Б. Иосилевич, Г.Б. Строганов, Г.С. Маслов. – М.: Альянс, 2016. – 576 с.
3. Олофинская, В.П. Техническая механика: Курс лекций с вариантами практических и тестовых заданий: учебное пособие / В.П. Олофинская. – 3-е изд., испр. – М: Неолит, 2017. – 352 с.
4. Работнов, Ю.Н. Сопротивление материалов / Ю.Н. Работнов. – М.: Ленанд, 2019. – 456 с.
5. Саргаев, П.М. Механика конструкций. Теоретическая механика. Сопротивление материалов: Учебное пособие / П.М. Саргаев. – СПб.: Лань П, 2016. – 608 с.

## Приложение 1

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
"ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ И.С.ТУРГЕНЕВА"  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ Н.Н. ПОЛИКАРПОВА

Кафедра мехатроники, механики и робототехники

Допустить к защите

«\_\_» \_\_\_\_\_ г.

Руководитель \_\_\_\_\_

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине «Прикладная механика»

Тема: «Расчет на прочность и жесткость элементов  
инженерных конструкций»

Вариант \_\_\_\_\_

Схема \_\_\_\_\_

Работу выполнил студент \_\_\_\_\_

Шифр \_\_\_\_\_ группа \_\_\_\_\_ Институт \_\_\_\_\_

Направление \_\_\_\_\_

Курсовой проект защитил \_\_\_\_\_

Руководитель \_\_\_\_\_

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
"ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ И.С.ТУРГЕНЕВА"  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ Н.Н. ПОЛИКАРПОВА

Кафедра мехатроники, механики и робототехники

Задание к курсовому проекту  
по дисциплине «Прикладная механика»  
Тема: «Расчет на прочность и жесткость элементов  
инженерных конструкций»

Студент \_\_\_\_\_

Группа: \_\_\_\_\_

Задание №1

Тема: «Расчеты на прочность и жесткость  
при растяжении и сжатии»

Условие задания: \_\_\_\_\_

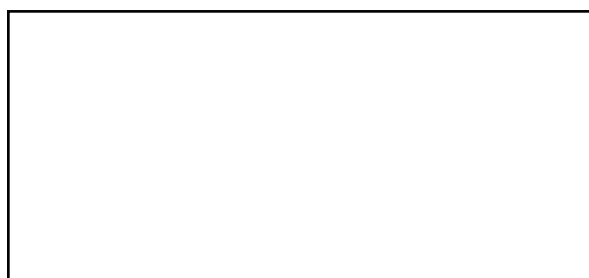


Рисунок 1

Таблица 1

----	-----	-----	----
----	-----	-----	----

## Задание №2

Тема: «Геометрические характеристики плоских сечений»

Условие задания: \_\_\_\_\_

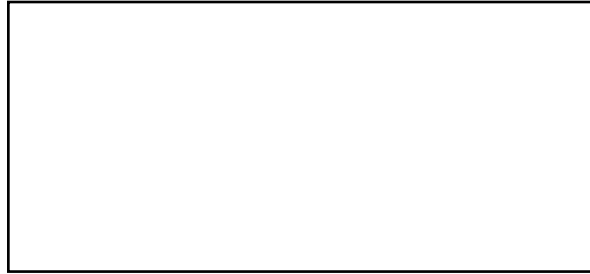


Рисунок 2

Таблица 2

-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----

## Задание №3

Тема: «Расчеты на прочность и жесткость при кручении»

Условие задания: \_\_\_\_\_

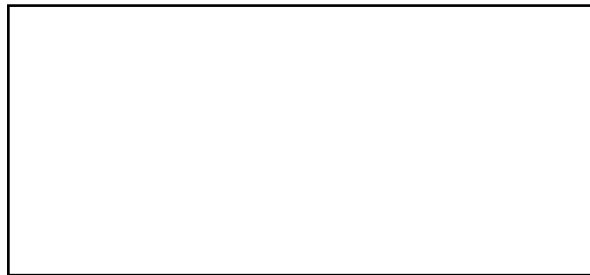


Рисунок 3

Таблица 3

-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----

## Задание №4

Тема: «Расчеты на прочность и жесткость при изгибе»

## Задание 4.1

Условие задания: \_\_\_\_\_



Рисунок 4

Таблица 4

-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----

## Задание 4.2

Условие задания: \_\_\_\_\_



Рисунок 5

Таблица 5

-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----

## Задание 4.3

Условие задания: \_\_\_\_\_

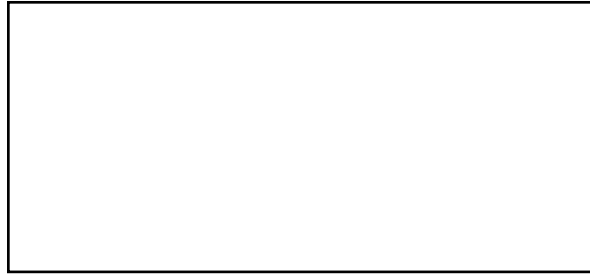


Рисунок 6

Таблица 6

-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----

Курсовой проект принят к исполнению

\_\_\_\_\_  
Студент: \_\_\_\_\_

Преподаватель: \_\_\_\_\_



## Сталь горячекатаная. ШВЕЛЛЕРЫ (по ГОСТ 8240-89)

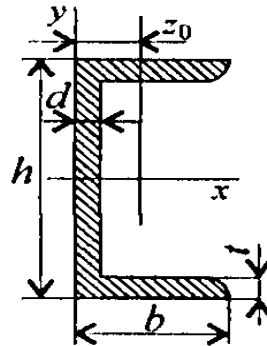


Рисунок 3.1

Обозначения:  $h$  – высота швеллера;  $b$  – ширина швеллера;  $d$  – толщина стенки;  $t$  – средняя толщина полки;  $A$  – площадь швеллера;  $J$  – момент инерции;  $W$  – момент сопротивления;  $i$  – радиус инерции;  $S$  – статический момент полусечения;  $z_0$  – расстояние от оси  $y$  до наружной грани стенки.

Таблица 3.1

№ профиля	Размеры, мм				$A$ , см <sup>2</sup>	$J_x$ , см <sup>4</sup>	$W_x$ , см <sup>3</sup>	$i_x$ , см	$S_x$ , см <sup>3</sup>	$J_y$ , см <sup>4</sup>	$W_y$ , см <sup>3</sup>	$i_y$ , см	$z_0$ , см
	$h$	$b$	$d$	$t$									
5	50	32	4,4	7,0	6,16	22,8	9,1	1,92	5,59	5,61	2,75	0,954	1,16
6,5	65	36	4,4	7,2	7,51	48,6	15,0	2,54	9,00	8,70	3,68	1,08	1,24
8	80	40	4,5	7,4	8,98	89,4	22,4	3,16	13,3	12,8	4,75	1,19	1,31
10	100	46	4,5	7,6	10,9	174	34,8	3,99	20,4	20,4	6,46	1,37	1,44
12	120	52	4,8	7,8	13,3	304	50,6	4,78	29,6	31,2	8,52	1,53	1,54
14	140	58	4,9	8,1	15,6	491	70,2	5,60	40,8	45,4	11,0	1,70	1,68
16	160	64	5	8,4	18,1	747	93,4	6,42	54,1	63,6	13,8	1,87	1,80
18	180	70	6,1	8,7	20,7	1090	121	7,24	69,8	86	17	2,04	1,94
20	200	80	5,2	9,0	23,4	1520	152	8,07	87,8	113	20,5	2,20	2,07
22	220	82	5,4	9,5	26,7	2110	192	8,89	110	151	25,1	2,37	2,21
24	240	90	5,6	10,0	30,6	2900	242	9,73	139	208	31,6	2,60	2,42
27	270	95	6,0	10,5	35,2	4160	308	10,9	178	262	37,3	2,73	2,47
30	300	100	6,5	11,0	40,5	5810	387	12,0	224	327	43,6	2,84	2,52
33	330	105	7,0	11,7	46,5	7980	484	13,1	281	410	51,8	2,97	2,59
36	360	110	7,5	12,6	53,4	10820	601	14,2	350	513	61,7	3,10	2,68
40	400	115	8,0	13,5	61,5	15220	761	15,7	444	642	73,4	3,23	2,75

## Сталь горячекатаная. БАЛКИ ДВУТАВРОВЫЕ (по ГОСТ 8239-89)

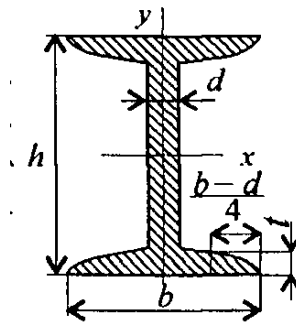


Рисунок 3.2

Обозначения:  $h$  – высота балки;  $b$  – ширина балки;  $d$  – толщина стенки;  $t$  – средняя толщина полки;  $A$  – площадь швеллера;  $J$  – момент инерции;  $W$  – момент сопротивления;  $i$  – радиус инерции;  $S$  – статический момент полусечения.

Таблица 3.2

№ про- филя	Размеры, мм				$A$ , см <sup>2</sup>	$J_x$ , см <sup>4</sup>	$W_x$ , см <sup>3</sup>	$i_x$ , см	$S_x$ , см <sup>3</sup>	$J_y$ , см <sup>4</sup>	$W_y$ , см <sup>3</sup>	$i_y$ , см
	$h$	$b$	$d$	$t$								
10	100	55	4,5	7,2	12,0	198	39,7	4,06	23,0	17,9	6,49	1,22
12	120	64	4,8	7,3	14,7	350	58,4	4,88	33,7	27,9	8,72	1,38
14	140	73	4,9	7,5	17,4	572	81,7	5,73	46,8	41,9	11,5	1,55
16	160	81	5,0	7,8	20,2	873	109	6,57	62,3	58,6	14,5	1,70
18	180	90	5,1	8,1	23,4	1290	143	7,42	81,4	82,6	18,4	1,88
20	200	100	5,2	8,4	26,8	1840	184	8,28	104	115	23,1	2,07
22	220	110	5,4	8,7	30,6	2550	232	9,13	131	157	28,6	2,27
24	240	115	5,6	9,5	34,8	3460	289	9,97	163	198	34,5	2,37
27	270	125	6,0	9,8	40,2	5010	371	11,2	210	260	41,5	2,54
30	300	135	6,5	10,2	46,5	7080	472	12,3	268	337	49,9	2,69
33	330	140	7,0	11,2	53,8	9840	597	13,5	339	419	59,9	2,79
36	360	145	7,5	12,3	61,9	13380	743	14,7	423	516	71,1	2,89
40	400	155	8,3	13,0	72,6	19062	953	16,2	545	667	86,1	3,03
45	450	160	9,0	14,2	84,7	27696	1231	18,1	708	808	101	3,09
50	500	170	10	15,2	100	39727	1589	19,9	919	1043	123	3,23
55	550	180	11	16,5	118	55962	2035	21,8	1181	1356	151	3,39
60	600	190	12	17,8	138	76806	2560	23,6	1491	1725	182	3,54