

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования «Брестский государственный технический
университет»
Филиал Учреждения образования «Брестский государственный техниче-
ский университет» Политехнический колледж

Утверждаю
Зам. директора по учебной
работе
_____ С.В. Марикина
« _____ » _____ 2017

ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Контрольные задания

с программой и методическими указаниями для учащихся заочного отделе-
ния по специальности 2–70 02 01 «Промышленное и гражданское строитель-
ство (по направлениям)»

Разработала: Ж.П. Омеленецкая, преподаватель Филиала УО «Брестский государственный технический университет» Политехнический колледж.

_____ Протокол № _____

Председатель цикловой комиссии
общестроительных дисциплин

(инициалы, фамилия)

_____ Н.Ю. Бешанова
(подпись)

1. ПРЕДИСЛОВИЕ

Успешному решению задачи улучшения качества выпускаемой продукции и повышения эффективности всех отраслей народного хозяйства республики способствует глубокое изучение будущими техниками общетехнических дисциплин и в том числе технической механики.

Назначение дисциплины – дать будущим специалистам основные сведения о равновесии материальных тел, о методах расчета элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость, о способах образования различного вида геометрически неизменяемых систем и методах их статического расчета.

Для специальности 2-70 02 01 дисциплина состоит из трех разделов: статика, сопротивление материалов и статика сооружений.

Базой для изучения дисциплины «Техническая механика» являются знания, полученные при изучении математики и физики. В свою очередь, знания, которые будут приобретены при изучении технической механики, являются в дальнейшем базой для изучения смежных специальных дисциплин.

В результате изучения программного материала учащиеся *должны знать на уровне представления:*

- основные понятия и аксиомы статики;
- плоскую и пространственную систему сил;

на уровне понимания:

- классификацию нагрузок;
- методику решения задач на равновесие плоской системы сил;
- формулы и порядок расчета на прочность сжатых, растянутых стержней и изгибаемых элементов конструкций;
- порядок расчета статически неопределимых систем;
- основные понятия о сопротивлении материалов и методах выбора расчетной схемы элемента и расчетной схемы элемента и расчетной схемы сечения;

уметь:

- определять опорные реакции конструкции;
- анализировать геометрическую структуру сооружений;
- отличать статически определимые системы от статически неопределимых;
- выполнять расчет статически неопределимых систем с помощью таблиц, справочников;
- выполнять проектные и проверочные расчеты на прочность, жесткость статически определимых брусьев при прямом поперечном и при косом поперечном изгибах.

Для закрепления и углубления теоретических знаний и приобретения практических навыков и умений программой предмета предусматриваются практические занятия и лабораторные работы.

При решении задач, выполнении расчетов или экономической оценке полученных результатов рекомендуется использовать ЭВМ.

2. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Изучать курс технической механики необходимо в строгом порядке, предусмотренном программой. Это обеспечит систематичность получаемых знаний и логическую связь между различными разделами и темами дисциплины.

Ведение конспекта обязательно. Только в этом случае можно получить прочные знания и навыки расчетов по всем разделам курса и успешно выполнять контрольные работы и сдать экзамены.

Работать с учебником рекомендуется в следующей последовательности:

1. Прочитать по учебнику материал всей темы.
2. Затем при вторичном чтении внимательно разобрать каждый узловый вопрос.
3. Записать основные определения, доказательства, правила и формулы, иллюстрируя выписки необходимыми схемами и рисунками.

Нет необходимости записывать вывод формул, достаточно указать принцип, на котором этот вывод основан.

После усвоения каждой темы, в целях приобретения навыков, запоминания теорем, основных, расчетных формул или уравнений законов, необходимо разобрать примеры и задачи, которые помещены в учебнике, а затем решить ряд задач.

В качестве примеров записать решение двух, трех задач в конспект.

3. ВЫПОЛНЕНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

В процессе изучения предмета каждый учащийся должен выполнить две контрольные работы.

Выполнять контрольную работу необходимо только после того, как изучена тема и получены навыки решения задач. Задачи контрольной работы даны в последовательности тем программы и должны решаться по мере изучения материала, постепенно.

Каждый учащийся выполняет семь задач в первой контрольной работе и пять задач во второй контрольной работе.

Вариант контрольной работы определяется по двум последним цифрам шифра (номера личного дела) учащегося. Например, учащийся, имеющий шифр 114 выполняет вариант 14, имеющий шифр 103 – вариант 03. Если номер личного дела однозначный (1,2,3...9), то для получения варианта перед номером следует поставить цифру 0. Например, при шифре 2 учащийся выполняет вариант 02.

Лабораторные и практические работы, предусмотренные учебными планами заочного обучения, выполняются в периоды лабораторно-экзаменационных сессий.

4. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

При выполнении контрольных работ необходимо соблюдать следующие требования:

1. Контрольные работы выполнять строго в соответствии с вариантом учащегося. В противном случае они не зачитываются и возвращаются для переделки в соответствии с данным требованием.

2. Каждую контрольную работу выполнять на стандартных листах А4 (210 x 297 мм) сброшюрованных в тетрадь с титульным листом.

3. На титульном листе указывать фамилию, имя, отчество, номер шифра, наименование дисциплины, номер контрольной работы, дату отправления, точный почтовый адрес учащегося; на последнем листе выполненной контрольной работы писать полное наименование и год издания методического пособия, из которого взято задание.

4. Работы выполнять четко и аккуратно. Для пометок и замечаний преподавателя соблюдать достаточный интервал между строчками и оставлять на листах поля шириной примерно 20 мм. Каждую задачу начинать с новой строки. В конце контрольной работы оставлять чистый лист для рецензии.

5. Тексты условий задач переписывать обязательно.

6. Решения задач пояснять аккуратно выполняемыми схемами (эскизами), подзаголовками (с указанием, что определяется, что рассматривается и т.п.) и ссылками на теоремы, законы, правила, методы справочные данные и источники, из которых они заимствованы.

Рекомендуется задачи решать в общем виде, а затем, подставляя числовые значения величин, вычислять результат. Перед чистовым оформлением следует тщательно проверить все действия, правильность подстановки величин, соблюдение размерности, правдоподобность полученных результатов. Если возможно, проверить правильность ответа, решив задачу вторично каким-либо иным путем.

Выполненную контрольную работу необходимо своевременно (согласно учебному графику) выслать в колледж.

После получения зачетной работы учащийся должен внимательно изучить рецензию и все замечания преподавателя, обратить внимание на допущенные ошибки, доработать материал.

Незачтенная работа или выполняется заново, или переделывается частично по указанию преподавателя.

Для допуска к экзамену учащемуся необходимо выполнить все контрольные работы, сделать все необходимые исправления, указанные преподавателем в рецензиях и защитить упомянутые работы, т.е. в процессе опроса по ним показать хорошую осведомленность и самостоятельность выполнения.

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Раздел и тема	Количество часов	
	всего	в т.ч. на лаб.и практ. работы
Введение	1	
Раздел 1. Основы теоретической механики	37	12
1.1. Статика. Основные понятия и аксиомы статики	3	
1.2. Плоская система сходящихся сил	8	2
1.3. Пара сил и момент силы относительно точки	2	
1.4. Плоская система произвольно расположенных сил	10	4
1.5. Пространственная система сил	1	
<i>Обязательная контрольная работа № 1</i>	1	
1.6. Центр тяжести	10	6
1.7. Устойчивость равновесия твердого тела	2	
Раздел 2. Сопротивление материалов	72	22
2.1. Основные положения. Гипотезы и допущения.	2	
2.2. Растяжение и сжатие	18	6
2.3. Сдвиг (срез) и смятие	4	2
2.4. Геометрические характеристики плоских сечений	10	4
2.5. Изгиб	25	8
<i>Обязательная контрольная работа № 2</i>	1	
2.6. Сложное сопротивление	4	
2.7. Устойчивость прямолинейных стержней	6	2
2.8. Кручение брусков круглого поперечного сечения	1	
2.9. Действие динамических и повторно-переменных нагрузок	1	
Раздел 3. Основы строительной механики стержневых систем	36	10
3.1. Основные положения	2	
3.2. Кинематический анализ расчетных схем сооружений	2	

3.3. Статически определимые плоские фермы	10	4
3.4. Статически определимые составные балки	8	4
3.5. Статически определимые плоские рамы	6	2
3.6. Трехшарнирные системы	2	
3.7. Определение перемещений плоских статически определимых систем	2	
3.8. Основы расчета статически неопределимых систем методом сил	4	
ИТОГО:	146	44

ВВЕДЕНИЕ

Определение науки "Механика". История развития механики, ее роль в строительстве и других отраслях. Понятие о технической механике и ее разделах: теоретическая механика, сопротивление материалов, строительная механика.

Раздел 1 СТАТИКА

Тема 1.1 Основные понятия и аксиомы статики

Теоретическая механика и ее разделы: статика, кинематика, динамика. Основные понятия статики: абсолютно твердое (недеформируемое) тело, сила и ее характеристики, единица силы в Международной системе единиц (СИ). Силы внешние и внутренние. Система сил ее равнодействующая, эквивалентные системы, уравновешенная система. Аксиомы статики. Основные типы связей и их реакции. Принцип освобождения от связей. Опорные связи и реакции опор.

Тема 1.2 Плоская система сходящихся сил

Система сходящихся сил. Силовой многоугольник. Геометрическое условие равновесия плоской системы сходящихся сил.

Методика решения задач на равновесие плоской системы сходящихся сил с использованием геометрического условия равновесия. Проекция силы на ось. Правило знаков. Проекция силы на две взаимно перпендикулярные оси. Аналитическое определение равнодействующей плоской системы сходящихся сил. Аналитические условия равновесия плоской системы сходящихся сил (уравнения равновесия).

Методика решения задач на равновесие плоской системы сходящихся сил аналитическим способом. Рациональный выбор осей координат. Использование симметрии.

Тема 1.3. Пара сил и момент силы относительно точки

Понятие пары сил. Вращающее действие пары сил на тело. Момент пары сил, знаки и единицы измерения момента. Эквивалентность пар. Сложение пар. Условие равновесия плоской системы пар. Определение момента силы относительно точки.

Тема 1.4 Плоская система произвольно расположенных сил

Приведение силы к данному центру. Приведение системы сил к данному центру. Главный вектор и главный момент. Теорема Вариньона. Частные случаи приведения плоской системы сил. Равновесие плоской системы сил; аналитическое условие равновесия.

Уравнения равновесия плоской системы произвольно расположенных сил (три вида). Уравнения равновесия плоской системы параллельных сил (два вида). Основные виды опор балочных систем: цилиндрическая подвижная (шарнирно-подвижная) опора, цилиндрическая неподвижная (шарнирно-неподвижная), защемляющая неподвижная (жесткое защемление) - их реакции. Виды нагрузок - сосредоточенные силы, сосредоточенные пары сил (моменты), распределенные нагрузки и их интенсивность.

Методика решения задач на равновесие плоской системы произвольно расположенных и параллельных сил. Рациональный выбор координатных осей, центров моментов. Аналитическое определение опорных реакций балок. Про-

верка решения.

Тема 1.5 Пространственная система сил

Пространственная система сходящихся сил. Параллелепипед сил. Равнодействующая пространственной системы сходящихся сил. Проекция силы на три взаимно перпендикулярные оси. Равновесие пространственной системы сходящихся сил. Уравнение равновесия. Момент силы относительно оси, его знак и условия равенства нулю. Пространственная система произвольно расположенных сил. Уравнения равновесия такой системы (без вывода).

Тема 1.6 Центр тяжести

Центр параллельных сил, его свойства. Формулы для определения координат центра параллельных сил. Сила тяжести. Центр тяжести тела как центр параллельных сил. Координаты центра тяжести однородного тела. Координаты центра тяжести тонкой однородной пластинки. Статический момент площади плоской фигуры относительно оси - определение, единица измерения, способ нахождения, условие равенства нулю.

Положение центра тяжести фигур, имеющих ось и плоскость симметрии. Положение центров тяжести простых геометрических фигур: прямоугольника, треугольника, трапеции, полукруга, параболического треугольника.

Определение координат центра тяжести сложных сечений, представляющих собой совокупность простых геометрических фигур, и сечений, составленных из стандартных профилей проката.

Тема 1.7 Устойчивость равновесия твердого тела

Устойчивое, неустойчивое и безразличное равновесия твердого тела. Условие равновесия тел, имеющего опорную плоскость. Момент опрокидывающий и момент удерживающий. Коэффициент устойчивости

Раздел 2 СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Тема 2.1 Основные положения. Гипотезы и допущения.

Цели и задачи раздела "Соппротивление материалов" и его связь с другими разделами технической механики и специальными предметами. Краткие сведения по истории развития сопротивления материалов. Понятие об упругих и пластических деформациях. Внешние силы (нагрузки), их классификация: объемные, поверхностные, статические, динамические.

Основные допущения и гипотезы принятые сопротивлением материалов. Определение внутренних сил (метод сечений). Внутренние силы в поперечных сечениях бруса. Основные виды деформированного состояния бруса (виды нагружения). Напряжения: полное, нормальное и касательное.

Тема 2.2 Растяжение и сжатие

Продольная сила. Гипотеза плоских сечений (гипотеза Бернулли). Нормальное напряжение в поперечных сечениях бруса. Построение эпюр продольных сил и нормальных напряжений. Понятие о концентрации напряжений. Коэффициент концентрации напряжений. Продольная деформация при растяжении (сжатии). Закон Гука. Модуль продольной упругости. Определение перемещений поперечных сечений. Жесткость сечения бруса при растяжении и сжатии. Коэффициент поперечной деформации (коэффициент Пуассона).

Механические испытания материалов. Диаграммы растяжения пластичных и хрупких материалов, их механические характеристики: предел пропорциональности; предел текучести (физический и условный); предел прочности. Характеристики пластических свойств: относительное остаточное удлинение при разрыве и относительное остаточное сужение. Допускаемое напряжение и коэффициент запаса прочности по пределу текучести и пределу прочности. Основные факторы, влияющие на выбор коэффициента запаса прочности.

Расчеты на прочность: проверочный расчет, проектный расчет, определение допускаемой нагрузки. Метод расчета по предельным состояниям. Предельные состояния и надежность строительных конструкций. Нормативные и расчетные нагрузки. Нормативные и расчетные сопротивления. Условие прочности при растяжении (сжатии). Простейшие расчеты на прочность по предельным состояниям.

Влияние собственной силы тяжести бруса на напряжения и деформации. Понятие о брусках равного сопротивления.

Тема 2.3 Сдвиг (срез) смятие.

Понятие о чистом сдвиге. Деформация сдвига. Модуль сдвига. Срез и смятие: внутренние силовые факторы и геометрические характеристики прочности. Условия прочности при срезе и смятии. Понятие о расчетах заклепочных, болтовых, сварных, клееных соединений, соединений на врубках.

Тема 2.4 Геометрические характеристики плоских сечений

Понятие о геометрических характеристиках плоских поперечных сечений бруса. Моменты инерции; осевой (экваториальный), полярный и центробежный. Осевые моменты инерции простейших сечений: прямоугольного, треугольного, кругового и кольцевого.

Зависимость между осевыми моментами инерции относительно параллельных осей. Главные оси и главные центральные моменты инерции. Определение главных центральных моментов инерции составных сечений, имеющих ось симметрии. Применение таблиц сортамента прокатных профилей.

Тема 2.5 Изгиб

Основные понятия и определения. Внутренние силовые факторы в поперечном сечении бруса при прямом изгибе: поперечная сила и изгибающий момент. Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов. Основные правила построения эпюр.

Нормальные напряжения при изгибе. Жесткость сечения. Распространение формул, полученных для чистого изгиба, на поперечный изгиб. Понятие об осевом моменте сопротивления сечения. Формула Журавского для касательных напряжений в поперечных сечениях балок. Эпюры касательных напряжений для балок прямоугольного и двутаврового сечений.

Расчет балок по предельным состояниям. Рациональные формы сечений балок, применяемых в строительстве.

Примеры определения линейных и угловых перемещений сечений статически определимых балок. Расчет балок на жесткость с использованием готовых таблиц и формул.

Тема 2.6 Сложное сопротивление

Косой изгиб, основные понятия и определения. Силовые плоскости и линии. Нормальные напряжения в поперечном сечении бруса при косом изгибе. Уравнение нулевой линии. Построение эпюр нормальных напряжений. Расчет на прочность при косом изгибе по предельному состоянию. Определение прогибов.

Понятие о внецентренном сжатии (растяжении). Условия возникновения внецентренного сжатия (растяжения). Понятие об эксцентриситете. Внецентренное сжатие бруса большой жесткости (случай, когда точка приложения силы лежит на одной из главных осей инерции, и общий случай). Нормальные напряжения в поперечном сечении бруса. Уравнение нулевой линии. Построение эпюр нормальных напряжений. Ядро сечения и его свойства. Построение контура ядра простейших сечений (прямоугольного, кругового).

Тема 2.7 Устойчивость центрально-сжатых стержней

Понятие об устойчивых и неустойчивых формах равновесия центрально-сжатых стержней. Явление продольного изгиба. Критическая сила. Критическое напряжение. Гибкость стержня. Пределы применимости формулы Эйлера. Предельная гибкость. Эмпирическая формула Ясинского.

Расчет центрально-сжатых стержней на устойчивость с применением коэффициента продольного изгиба. Рациональные формы поперечного сечения сжатых стержней.

Тема 2.8 Кручение брусьев круглого сечения

Кручение прямого бруса круглого поперечного сечения. Скручивающий и крутящий моменты. Построение эпюры крутящих моментов. Напряжение в поперечном сечении круглого бруса, угол закручивания. Полярный момент сопротивления для кругового и кольцевого сечений. Расчеты на прочность и жесткость.

Тема 2.9 Понятие о действии динамических и повторно-переменных нагрузок

Основные понятия о динамических задачах сопротивления материалов. Расчет при известных силах инерции. Приближенный расчет на удар. Динамический коэффициент. Понятие об усталости материала. Прочность при переменных напряжениях.

Раздел 3 СТАТИКА СООРУЖЕНИЙ

Тема 3.1 Основные положения

Задачи строительной механики, ее связь с теоретической механикой, сопротивлением материалов и смежными специальными дисциплинами. Основные рабочие гипотезы: допущение идеальных шарниров и абсолютно-жесткого защемления. Замена действительных сооружений расчетными схемами, расчленение пространственных систем на плоские, неизменяемость систем. Расчетная схема сооружения. Классификация расчетных схем сооружений. Краткий обзор развития строительной механики стержневых систем.

Тема 3.2 Кинетический анализ расчетных схем сооружений.

Геометрически неизменяемые и изменяемые системы. Степень свободы си-

стемы. Основные способы образования геометрически неизменяемых систем. Необходимое условие геометрической неизменяемости. Последовательность кинематического анализа.

Тема 3.3 Статически определяемые плоские фермы

Общие сведения о фермах. Классификация ферм: по назначению, направлению опорных реакций, очертанию поясов, системе решетки. Образование простейших ферм. Условия геометрической неизменяемости и статической определимости ферм. Анализ геометрической структуры ферм. Аналитическое определение опорных реакций. Аналитическое определение сил в стержнях фермы методом вырезания узлов и сквозных сечений (способы моментных точек и проекций). Графическое определение сил в стержнях фермы путем построения диаграммы Максвелла-Кремоны

Тема 3.4 Статически определяемые составные балки

Основные сведения о многопролетных статически определяемых (шарнирных) балках. Условия статической определимости и геометрической неизменяемости. Анализ геометрической структуры. Типы шарнирных балок. Схемы взаимодействия (этажные схемы) элементов, составляющих шарнирные балки. Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов. Понятие о наиболее выгодном расположении шарниров в балке (равномоментные балки).

Тема 3.5 Статически определяемые плоские рамы

Общие сведения о рамных конструкциях. Типы рам: однопролетные, многопролетные, одноярусные (одноэтажные), многоярусные (многоэтажные), составные и специального назначения. Аналитический расчет простых рам. Построение эпюр поперечных сил, изгибающих моментов и продольных сил. Проверка правильности построения эпюр по условиям равновесия жестких узлов и отсекаемых частей рамы (статическая проверка).

Тема 3.6 Трехшарнирные арки

Общие сведения о трехшарнирных системах и их типах. Типы арок (бесшарнирные, двухшарнирные, трехшарнирные и арки с затяжками) и их элементы. Аналитический способ расчета трехшарнирных арок. Определение опорных реакций, изгибающего момента, поперечной и продольной сил в произвольном сечении арки.

Тема 3.7 Определение перемещений в плоских статически определяемых системах

Деформации и перемещения. Общий принцип обозначения перемещений. Формула Мора для элемента сооружения, испытывающего совместную деформацию изгиба с растяжением (сжатием). Примеры определения перемещений в статически определяемых плоских системах (рамах) методом Мора с применением правила Верещагина.

Тема 3.8 Основы расчета статически неопределимых систем методом сил

Деформации и перемещения. Общий принцип обозначения перемещений. Формула Мора для элемента сооружения, испытывающего совместную деформацию изгиба с растяжением (сжатием). Примеры определения перемещений в статически определяемых плоских системах (рамах) методом Мора с примене-

нием правила Верещагина.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

К введению

1. Что изучает техническая механика? 2. Что такое материя? 3. Что такое движение материи, какие формы движения вы знаете, что такое механическое движение? 4. Что понимается под равновесием? 5. Что изучается в теоретической механике и ее разделах: статике, кинематике, динамике?

К теме 1.1

1.1 Какое тело называется абсолютно твердым? 2. Что называется материальной точкой? 3. Что такое сила и какова ее единица? Какими тремя факторами определяется сила, действующая на твердое тело? 4. Что называется системой сил? 5. Какие две системы называются эквивалентными? 6. Какая сила называется равнодействующей данной системы сил? 7. Чем отличается равнодействующая данной системы сил от силы, уравнивающей эту систему? 8. Что такое аксиомы статики, как они формулируются? 9. Какое тело называется несвободным? 10. Что называется реакцией связи, как направлены реакции наиболее распространенных типов связей?

К теме 1.2

1. Какие силы называются сходящимися? 2. По какой формуле определяется величина равнодействующей двух сходящихся сил? 3. Как геометрически определяется равнодействующая системы сходящихся сил, влияет ли порядок сложения сил на величину и направление равнодействующей? 4. В чем состоит геометрическое условие равновесия системы сходящихся сил? 5. Сформулируйте теорему о равновесии трех непараллельных сил. 6. Что называется проекцией силы на ось, как определяется знак проекции? 7. Известно, что сумма проекций всех сил, приложенных к телу на одну из двух взаимно перпендикулярных осей, равна нулю, на другую – не равна нулю. Как направлена равнодействующая такой системы сил? Чему равна проекция этой равнодействующей на другую ось? 8. Как формулируются аналитические условия равновесия системы сходящихся сил?

К теме 1.3

1. Что называется парой сил? 2. Какое движение совершает свободное твердое тело под действием пары сил? 3. Что называется моментом пары и как определяется знак момента? Какова единица момента? 4. Каким образом можно уравновесить действие на тело пары сил? 5. Какие пары сил называют эквивалентными? 6. Какими свойствами обладают пары? 7. В чем состоит условие равновесия пар, лежащих в одной плоскости?

К теме 1.4

1. Что называется моментом силы относительно данной точки? 2. Как выбирается знак момента? 3. Что такое плечо силы? 4. Изменится ли момент силы относительно данной точки при переносе силы по линии ее действия? 5. В каком случае момент силы относительно точки равен нулю? 6. Что значит привести силу к данному центру? 7. Что называется присоединенной парой? Чему равен ее момент? 8. Что называется главным вектором и главным моментом

плоской системы сил и как они определяются? 9. Чем отличается главный вектор от равнодействующей данной системы? 10. Изменится ли главный момент и главный вектор при перенесении центра приведения? 11. В каких случаях плоская система сил приводится к одной силе или к одной паре? 12. В чем состоит теорема Вариньона? 13. Как с помощью теоремы Вариньона найти точку, через которую проходит линия действия равнодействующей плоской системы параллельных сил? 14. Каковы графические условия равновесия сил, расположенных как угодно на плоскости? 15. Сформулируйте условия равновесия плоской системы произвольно расположенных сил, напишите уравнения равновесия для системы сил (три вида). 16. Напишите уравнения равновесия для плоской системы параллельных сил (два вида). Что называется трением скольжения? Сформулируйте законы трения скольжения. 17. Какая существует зависимость между коэффициентом трения и углом трения?

К теме 1.5

1. Какая система сил называется пространственной? 2. Что называется пространственной системой сходящихся сил? 3. Сформулируйте правило параллелепипеда сил? 4. Как определяют проекции пространственной силы на координатные оси и плоскости? 5. Является ли проекция силы на плоскость векторной величиной? 6. В чем состоят графическое и аналитическое условия равновесия пространственной системы сходящихся сил? 7. Что называется моментом силы относительно данной оси? Как выбирается знак момента? В каких случаях момент силы относительно оси равен нулю? 8. Как приводятся силы, произвольно расположенные в пространстве, к данному центру? 9. Напишите уравнения равновесия системы сил, произвольно расположенных в пространстве, и объясните их смысл. 10. Напишите уравнения равновесия пространственной системы параллельных сил и объясните их смысл.

К теме 1.6

1. Дайте определение центра параллельных сил и укажите его свойство: напишите формулы для определения координат центра параллельных сил. 2. Что называется центром тяжести тела? 3. Напишите формулы для определения координат центров тяжести однородного тела и тонкой однородной пластинки. 4. Что называется статическим моментом площади плоской фигуры? Какова его единица? В каком случае он равен нулю? 5. Как определяется положение центра тяжести плоской фигуры сложной формы? 6. Как определяется центр тяжести сечений, составленных из стандартных профилей проката?

К теме 1.7

1. Какое равновесие твердого тела называется устойчивым, неустойчивым и безразличным? 2. При каком условии равновесие твердого тела, имеющего точку опоры или ось вращения, устойчивое, при каком – неустойчивое и при каком – безразличное? Приведите примеры. 3. Сформулируйте условие равновесия для тела, опирающегося на плоскость. 4. Что такое коэффициент устойчивости тела, имеющего плоскость опоры? Каким он должен быть – больше или меньше единицы?

К теме 2.1

1. Каковы основные задачи науки о сопротивлении материалов? 2. Что

называется прочностью, жесткостью и устойчивостью элемента конструкции? 3. Какие деформации называются упругими и пластическими (остаточными)? 4. Что называется упругостью? 5. Как классифицируются нагрузки, действующие на сооружения? 6. Сформулируйте основные гипотезы и допущения, принимаемые в сопротивлении материалов. 7. Что такое брус, пластинка (оболочка) и массивное тело? 8. В чем сущность метода сечений? 9. Охарактеризуйте внутренние силовые факторы (внутренние силы и моменты, которые могут возникнуть в поперечном сечении бруса. 10. Что называется напряжением в данной точке сечения? Какова его единица? 11. Что такое нормальное и касательное напряжение? Как они действуют в рассматриваемых сечениях твердого тела? 12. В чем состоит задача расчета на прочность? на жесткость? на устойчивость?

К теме 2.2

1. Какой вид нагружения бруса называется растяжением и какой сжатием? 2. Что такое продольная и поперечная деформация бруса при растяжении (сжатии) и какова зависимость между ними? 3. Что называется продольной силой в сечении бруса? 4. Что такое эпюры продольных сил и нормальных напряжений? Как они строятся? 5. Как записывается и как формулируется закон Гука при растяжении (сжатии)? 6. Что такое модуль продольной упругости материала? Как он определяется? В каких единицах выражается? Что называется жесткостью сечения бруса при растяжении (сжатии)? 7. Какой вид имеет диаграмма растяжения образца малоуглеродистой стали? 8. Что называется пределами: пропорциональности, текучести, прочности? Объясните физический смысл предела текучести. 9. Что такое условный предел текучести? Для каких материалов он определяется и почему? 10. В чем различие между условной и истинной диаграммой растяжения материалов? 11. Какими показателями характеризуется степень пластичности материала? 12. В чем сущность закона разгрузки и повторного нагружения? Что называется наклепом? 13. Чем отличается диаграмма растяжения пластичной стали от диаграммы растяжения хрупкой стали? 14. Что называется допускаемым напряжением материала? Каково его значение в вопросе прочности материала? Как оно выбирается для пластичных и хрупких материалов? 15. Почему допускаемое напряжение должно быть ниже предела пропорциональности данного материал. 16. Что называется коэффициентом запаса прочности? 17. Какие факторы влияют на выбор допускаемого напряжения и коэффициента запаса прочности? 18. Напишите расчетное уравнение прочное на растяжение и сжатие по допускаемому напряжению. Объясни его смысл. 19. Напишите расчетное уравнение прочности на растяжение и сжатие по предельному состоянию. 20. Какие коэффициенты применяются при расчете по предельным состояниям и что они учитывают? 21. Что называется нормативным сопротивлением материала и что расчетным сопротивлением? 22. В чем сущность метода расчета по предельным состояниям? 23. Охарактеризуйте две группы предельных состояний, установленные. 24. Напишите расчетную формулу проверки несущей способности конструкции при растяжении, сжатии. 25. Что называется опасным сечением бруса? Напишите формулы, по которым: а) проверяется действитель-

ное напряжение в сечении бруса; б) подбирается площадь поперечного сечения; в) определяется допускаемая нагрузка при заданном сечении бруса. 26. Напишите расчетное уравнение прочности бруса при растяжении и сжатии с учетом его собственной силы тяжести. 27. Что называется бруском равного сопротивления? 28. Какие задачи на растяжение и сжатие называются статически неопределимыми и в чем состоит сущность их решения?

К теме 2.3

1. Что такое чистый сдвиг? 2. Что называется абсолютным и относительным сдвигом? 3. Напишите формулу, выражающую закон Гука при сдвиге. 4. Что такое модуль сдвига? 5. Напишите формулу зависимости между модулем продольной упругости, модулем сдвига и коэффициентом Пуассона. 6. Как происходят срез и смятие? 7. Как рассчитывают односрезные и двухсрезные заклепочные соединения? 8. Из каких условий определяется количество заклепок, толщина и ширина фасонного листа и другие размеры заклепочного соединения? 9. Назовите основные типы сварных соединений. 10. Как рассчитывают каждый из них? 11. Как определяется длина фланговых сварных швов? 12. Почему при расчете прочности сварного шва его толщина умножается на коэффициент 0,7? 13. Как проверить несущую способность заклепочного соединения, сварного соединения?

К теме 2.4

1. Что называется осевым, полярным и центробежным моментами инерции сечения? Каковы их единицы? 2. Какие моменты инерции всегда положительны, какие могут принимать отрицательные значения и равные нулю? почему? 3. Какова зависимость между осевыми моментами инерции относительно двух взаимно перпендикулярных осей, с одной стороны, и полярным моментом инерции относительно точки пересечения этих осей - с другой? 4. Какова зависимость между моментами инерции относительно двух параллельных осей, из которых одна центральная? 5. Что такое главные и что такое главные центральные моменты инерции? 6. Какие оси называются главными и какие главными центральными? 7. В каких случаях можно без вычисления установить положения главных осей? 8. Напишите формулы для определения главных центральных моментов инерции прямоугольника, круга, кольца, равнобедренного треугольника. 9. Как определить положение главных центральных осей составного сечения, имеющего ось симметрии?

К теме 2.5

1. Что такое прямой изгиб? 2. Что такое чистый и поперечный изгиб? 3. Какие внутренние силовые факторы возникают в поперечных сечениях балки при поперечном изгибе? 4. Как вычисляют изгибающий момент в поперечном сечении бруса и каково правило знаков при этом? 5. Как вычисляют поперечную силу в поперечном сечении балки и каково правило знаков при этом? 6. Как формулируются и записываются дифференциальные зависимости между изгибающим моментом, поперечной силой и интенсивностью распределения нагрузки? 7. Что такое эпюры поперечных сил и изгибающих моментов? Как и для чего они строятся? 8. Как изменяется поперечная сила в сечении, соответствующем точке приложения внешней сосредоточенной силы? Изменяется

ли изгибающий момент в этом сечении? 9. Как изменяется изгибающий момент в сечении, в котором к балке приложен внешний сосредоточенный момент? Изменяется ли значение поперечной силы в этом сечении? 10. Как вычислить изгибающий момент в любом сечении балки по построенной для нее эпюре поперечных сил? 11. Чему равна поперечная сила в сечениях бруса, в которых изгибающий момент достигает экстремальных (максимального или минимального) значений? 12. Как определяют экстремальное значение изгибающего момента? 13. В чем заключается проверка правильности эпюр поперечных сил и изгибающих моментов? 14. Сформулируйте гипотезу плоских сечений. 15. Что такое нейтральный слой и нейтральная ось и как они расположены? 16. Чему равна кривизна оси балки при чистом изгибе? 17. По какой формуле определяют нормальные напряжения в поперечном сечении балки при изгибе и как они меняются по высоте балки? 18. Что называется жесткостью сечения при изгибе? 19. Что такое осевой момент сопротивления сечения? Каковы его физическая сущность и единица? 20. Напишите условие прочности при изгибе по предельному состоянию. 21. Какие задачи можно решить по этому условию? 22. В чем сущность проверки несущей способности балочных конструкций? 23. По каким формулам определяют осевые моменты сопротивления прямоугольника, квадрата, круга, кругового кольца? 24. Напишите формулу Журавского для определения касательных напряжений при изгибе. 25. В каких случаях следует производить проверку прочности балок по наибольшим касательным напряжениям, возникающим в поперечных сечениях? Как производится эта проверка? 26. В каких случаях и как производится проверка прочности балок по главным и эквивалентным напряжениям? 27. Как определяют перемещения по формуле Мора? 28. Как вычисляют интеграл Мора по правилу Верещагина? Как рассчитывают балки на жесткость?

К теме 2.6

1. Какой случай нагружения называется косым изгибом? 2. Какие элементы строительных конструкций работают на косой изгиб? 3. Может ли балка круглого сечения находиться в состоянии косоугольного изгиба? 4. Как определяют нормальные напряжения в сечениях балки при косом изгибе? 5. Как определяют перемещения сечений балки при косом изгибе? 6. Напишите условия прочности при косом изгибе по предельному состоянию. Какие задачи могут быть решены с помощью этого условия? 7. Какой случай нагружения называется внецентральным сжатием (растяжением)? 8. По каким формулам определяют нормальные напряжения в поперечных сечениях внецентренно нагруженного бруса большой жесткости? Какой вид имеет эпюра этих напряжений? 9. Как определяют положение нейтральной оси при внецентренном сжатии или растяжении? 10. Что такое ядро сечения? Как оно строится и в каких случаях нужно его построение?

К теме 2.7

1. Что называется скручивающим моментом? 2. Какой случай нагружения бруса круглого поперечного сечения называется кручением? 3. Что называется относительным углом закручивания и полным углом закручивания? 4. Какие основные допущения приняты при изучении теории кручения бруса круглого

сечения? 5. Что такое крутящий момент и чему он равен в произвольном сечении скручиваемого бруса? 6. Как строится эпюра крутящих моментов? 7. Что называется жесткостью сечения бруса при кручении? 8. Напишите формулы для определения полного угла закручивания. 9. Какие напряжения возникают в поперечном сечении скручиваемого цилиндрического бруса и как они распределяются по этому сечению? 10. Каковы преимущества полого вала перед сплошным? 11. Как производят расчет валов на прочность? на жесткость?

К теме 2.8

1. В чем сущность явления продольного изгиба? 2. Что называется критической силой и критическим напряжением? 3. Какой вид имеет формула Эйлера для определения критической силы сжатого стержня с шарнирного закрепленными концами? 4. Как записывается формула Эйлера для определения критической силы сжатого стержня в общем случае? 5. Как влияет жесткость EI поперечного сечения и длина l стержня на критическую силу? 6. Какой момент инерции обычно входит в формулу Эйлера? 7. Что называется приведенной длиной стержня? 8. Что называется коэффициентом приведения длины стержня? Укажите его значение для четырех основных случаев закрепления стоек. 9. Что такое гибкость стержня? 10. Укажите пределы применимости формулы Эйлера. 11. В каких случаях при расчете сжатых стержней применяют эмпирические формулы? 12. Как рассчитывают продольно сжатые стержни с применением коэффициента продольного изгиба по предельному состоянию и по допускаемому напряжению? 13. Какие формы поперечных сечений сжатых стержней являются рациональными?

К теме 2.9

1. Какие нагрузки называются динамическими? 2. Приведите примеры динамического действия нагрузки. 3. Какое существует правило при расчете элементов конструкций, подверженных динамическим нагрузкам? 4. Как выражается динамическое напряжение через статическое? 5. Что называется динамическим коэффициентом? 6. Какое явление называется ударом и результатом чего оно является? 7. Какие допущения приняты при расчете элементов конструкций ударную нагрузку? 8. Что называется повторно-переменной, или циклической, нагрузкой? 9. Приведите примеры элементов конструкций, испытывающих циклические нагрузки. 10. Что называется усталостью материала? 11. Что называется циклом напряжений? 12. Что такое симметричный, от нулевой и асимметричный цикл? Приведите примеры. 13. Что называется коэффициентом асимметрии цикла? 14. Что называется пределом выносливости? От каких факторов он зависит?

К теме 3.1

Каковы задачи статики сооружений? 2. Что такое расчетная схема сооружения? От чего зависит ее выбор? 3. Как классифицируются сооружения? Каковы основные особенности расчетных схем каждого вида сооружений? 4. Как классифицируются опоры? Какие опорные реакции могут возникнуть в каждом их типе? 5. Какие существуют виды нагрузок? 6. Как определяются расчетные нагрузки? 7. Укажите роль отечественных ученых в развитии стро-

ительной механики.

К теме 3.2

1. Какие системы называются геометрически изменяемыми и мгновенно изменяемыми? 2. Каковы основные признаки геометрически неизменяемых систем? 3. Как выявляется геометрическая неизменяемость систем? 4. Каковы признаки мгновенной изменяемости систем? 5. Приведите примеры геометрически неизменяемой, изменяемой и мгновенно изменяемой систем. Произведите анализ их геометрической структуры. 6. Можно ли применять в строительстве изменяемые, мгновенно изменяемые и почти мгновенно изменяемые системы? Если нельзя, то почему? 7. Каково различие между статически определимыми и неопределимыми системами? 8. Какие связи называют необходимыми и какие лишними?

К теме 3.3

1. Из каких элементов состоят фермы? 2. Каковы преимущества фермы по сравнению с балкой? 3. Приведите пример геометрически неизменяемой статически определимой фермы. Образуйте из нее геометрически изменяемую систему, оставив то же количество стержней. 4. Какого рода деформации испытывают стержни шарнирной фермы при узловой и внеузловой передаче нагрузки? 5. В чем сущность определения сил в стержнях ферм способами вырезания узлов, моментных точек и проекций? 6. Каковы принцип и порядок построения диаграммы Максвелла—Кремоны? 7. Как с помощью диаграммы Максвелла — Кремоны определить значение и знак силы стержне? 8. Как определяют узловые нагрузки от снега и ветра? Как определяют расчетные силы в стержнях ферм от действия постоянных и временных нагрузок?

К теме 3.5

1. Чем отличаются многопролетные определимые балки от неразрезных? 2. Какие требования предъявляются к количеству и размещению промежуточных шарниров? 3. Какие существуют основные типы шарнирных балок и из каких элементов они состоят? Приведите возможные варианты размещения промежуточных шарниров для получения шарнирных статически определимых балок неразрезной пятипролетной балки с шарнирными опорами и из неразрезной пятипролетной балки с одним защемленным концом. Составьте схемы взаимодействия элементов шарнирных балок. 5. Каковы порядок расчета и последовательность монтажа элементов шарнирных балок? 6. Охарактеризуйте методы расчета шарнирных балок с составлением без составления схемы взаимодействия элементов? Каковы достоинства и недостатки каждого из методов? 7. В чем достоинства равномоментных шарнирных балок?

К теме 3.6

1. Назовите особенности рамных конструкций. 2. Каково различие в определении опорных реакций статически определимых рам, не имеющих промежуточных шарниров, и рам с промежуточными шарнирами? 3. Как определяются знаки поперечных сил, изгибающих моментов и продольных сил при расчете рам? 4. Как строятся эпюры Q_x , M_x и N для рам? 5. Как про-

верить правильности построения эпюр Q_x , M_x и N для статически определимых рам?

К теме 3.7

1. В чем отличие распорной системы от безраспорной? 2. Каково назначение затяжки (в случае устройства арки с затяжкой)? 3. Как определяется сила в затяжке? 4. По каким правилам определяют поперечные силы, изгибающие моменты и продольные силы и сечениях арки? 5. Почему для построения эпюр Q_x , M_x и N при действии на арку сосредоточенных сил недостаточно определить значения этих внутренних силовых факторов в начале и конце каждого участка, чего, как известно, достаточно для построения эпюр для балок с прямой осью? 6. Каков порядок и принцип построения многоугольника и кривой давлений? 7. Что такое рациональное очертание оси арки? 8. Что называется сводом? 9. В чем сходство расчета арки и свода?

К теме 3.8

1. Какими буквами принято обозначать перемещения? Что означают индексы, ставящиеся при этих буквах? 2. Напишите общую формулу для определения перемещений (формулу Мора). Что означают входящие в нее величины? 3. Каков порядок вычисления перемещений по формуле Мора? 4. Назовите основные виды перемещений в плоских стержневых системах. Какая единичная сила, прикладываемая по направлению искомого перемещения, соответствует каждому из названных перемещений? 5. На что указывает положительный и на что отрицательный результат вычисленного перемещения? 6. Приведите пример на определение перемещения с применением правила Верещагина, в котором при перемножении эпюр площадь одной из них придется разбивать на простые формулы. Вычислите это перемещение. 7. Когда при перемножении эпюр ставят знак плюс и когда знак минус? 8. Сформулируйте теорему Максвелла о взаимности перемещений.

К теме 3.9

1. Какие системы называют статически неопределимыми? 2. В чем их преимущества и в чем недостатки? 3. Как определяется степень статической неопределимости различного вида систем? 4. Каков смысл понятия «лишние связи»? 5. В чем сущность расчета статически неопределимых систем методом сил? 6. Какую мысль выражает то или иное каноническое уравнение метода сил? . Как записывают канонические уравнения? 8. Какие требования предъявляются к выбору основной системы? 9. Какие способы, упрощающие расчет, можно применить к симметричной статически неопределимой раме и в чем их сущность? 10. В чем заключаются упрощения в результате использования рациональной опорной системы?

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ДОМАШНЕЙ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ № 2

Рекомендуется прочитать общие методические указания, прежде чем приступить к выполнению контрольной работы.

К ЗАДАЧЕ 1

Для заданного поперечного сечения (рис.), состоящего из двух стандартных профилей (швеллера и равнобокого уголка), необходимо найти осевые моменты инерции.

Исходные данные: двутавр №14, уголок №5.

Решение:

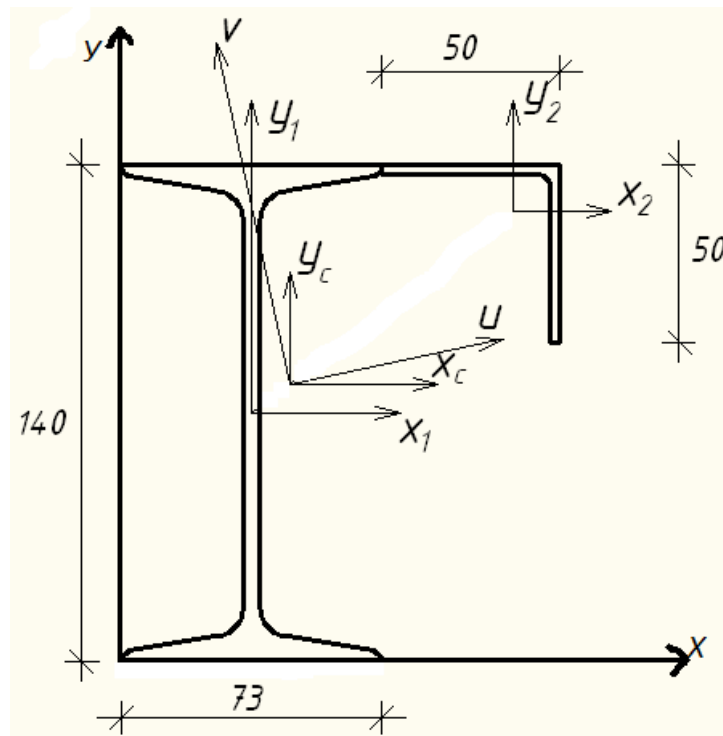


Рисунок 7- Составное сечение

Выписываем из сортаментов значения размеров и геометрических характеристик сечений:

1. двутавр:

$$A_1 = 17.4 \text{ см}^2$$

$$y_1 = \frac{h_{дв}}{2} = 7 \text{ см};$$

$$x_1 = \frac{b_{дв}}{2} = 3,65 \text{ см};$$

2. уголок:

$$A_2 = 2.96 \text{ см}^2;$$

$$x_2 = b_{дв} + b_{уг} - z_{0уг} = 73 \text{ мм} + 50 \text{ мм} - 1,33 \text{ см} = 10,97 \text{ см}$$

$$y_2 = h_{дв} - z_{0уг} = 140 \text{ мм} + 1,33 \text{ см} = 12,67 \text{ см};$$

Для уголка: $b_2 = 50 \text{ мм}$; $d_2 = 3 \text{ мм}$; $A_2 = 2,96 \text{ см}^2$; $I_x = 7,11 \text{ см}^4$; $x_c = y_c = 1,33 \text{ см}$;

1. Определение положения центра тяжести

$$x_c = \frac{x_1 \cdot A_1 + x_2 \cdot A_2}{A_1 + A_2} = \frac{3,65 \cdot 17,4 + 10,97 \cdot 2,96}{17,4 + 2,96} = 4,71 \text{ см};$$

$$y_c = \frac{y_1 \cdot A_1 + y_2 \cdot A_2}{A_1 + A_2} = \frac{7 \cdot 17,4 + 12,67 \cdot 2,96}{17,4 + 2,96} = 7,82 \text{ см};$$

2. Находим величину осевых и центробежных моментов инерции относительно центральных осей

$$x_{c1} = x_1 - x_c = 3,65 - 4,71 = -1,06 \text{ см};$$

$$x_{c2} = x_2 - x_c = 10,97 - 4,71 = 6,26 \text{ см};$$

$$y_{c1} = y_1 - y_c = 7 - 7,82 = -0,82 \text{ см};$$

$$y_{c2} = y_2 - y_c = 12,67 - 7,82 = 4,85 \text{ см};$$

$$I_{x1} = 572 \text{ см}^4;$$

$$I_{y1} = 41,9 \text{ см}^4;$$

$$I_{x2} = I_{y2} = 7,11 \text{ см}^4;$$

$$I_x = I_{xc}^{(1)} + I_{xc}^{(2)} = I_{x1} + y_{c1}^2 \cdot A_1 + I_{x2} + y_{c2}^2 \cdot A_2 = 572 + (-0,82)^2 \cdot 17,4 + 7,11 + 4,85^2 \cdot 2,96 = 660,43 \text{ см}^4;$$

$$I_y = I_{yc}^{(1)} + I_{yc}^{(2)} = I_{y1} + x_{c1}^2 \cdot A_1 + I_{y2} + x_{c2}^2 \cdot A_2 = 41,9 + (-1,06)^2 \cdot 17,4 + 7,11 + 6,26^2 \cdot 2,96 = 184,55 \text{ см}^4;$$

К ЗАДАЧЕ 2

Построить эпюру Q и M для однопролетной балки (рис. 7).

Дано: $l = 2,4 \text{ м}$; $F = 12 \text{ кН}$; $q = 10 \text{ кН/м}$; $M = 6 \text{ кНм}$.

Решение:

Схема нагружения балки представлена на рисунке. Определим опорные реакции, записывая уравнения моментов всех сил, приложенных к балке, относительно точек А и В.

$$\sum M_A = 0 \quad q \cdot 2,4 \cdot 1,2 + q \cdot 1,2 \cdot 5,4 + F \cdot 2,4 - M - R_B \cdot 4,8 = 0$$

$$R_B = \frac{q \cdot 2,4 \cdot 1,2 + q \cdot 1,2 \cdot 5,4 + F \cdot 2,4 - M}{4,8} = 24,25 \text{ кН}$$

$$\sum M_B = 0 \quad q \cdot 2,4 \cdot 3,6 - q \cdot 1,2 \cdot 0,6 + F \cdot 2,4 + M - R_A \cdot 4,8 = 0$$

$$R_A = \frac{q \cdot 2,4 \cdot 3,6 - q \cdot 1,2 \cdot 0,6 + F \cdot 2,4 + M}{4,8} = 23,75 \text{ кН}$$

$$\text{Проверка: } \sum P_y = 0 \quad R_A - F + R_B - q \cdot 2,4 - q \cdot 1,2 = 0$$

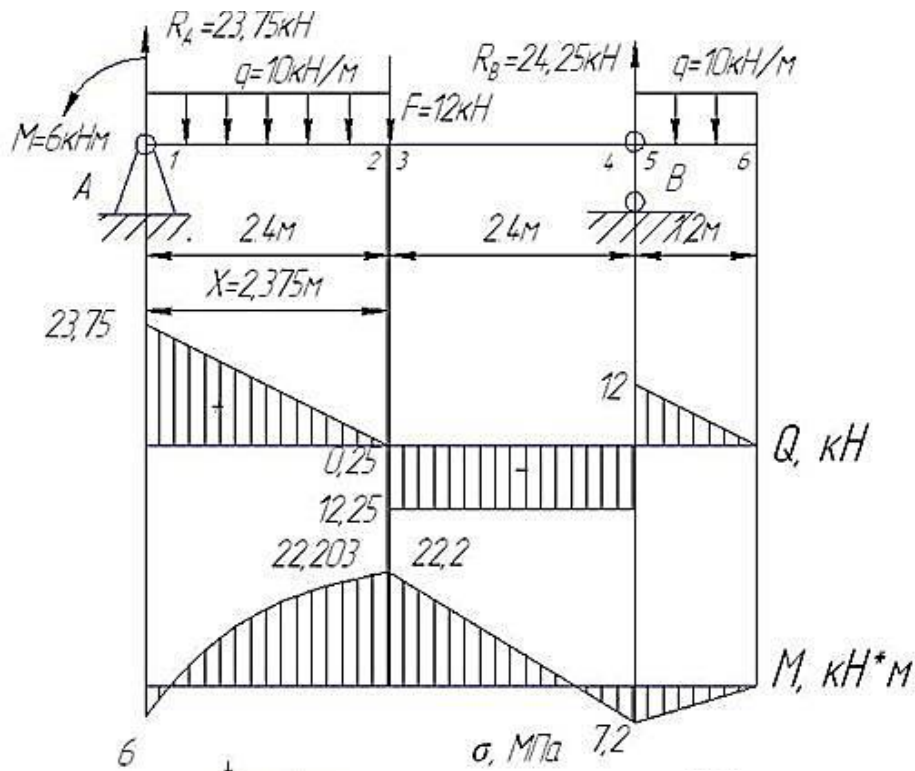


Рисунок 7- однопролетная балка

Положительные знаки опорных реакций свидетельствуют о том, что предполагаемое направление соответствует истинному. Возьмем на балке характерные сечения и вычислим в них величины Q и M .

Определение значений поперечной силы в характерных сечениях.

$$Q_1^n = R_A = 23,75 \text{ кН}$$

$$Q_1^{np} = R_A - q \cdot 2,4 = 23,75 - 10 \cdot 2,4 = -0,25 \text{ кН}$$

$$Q_2^n = R_A - q \cdot 2,4 - F = 23,75 - 10 \cdot 2,4 - 12 = -12,25 \text{ кН}$$

$$Q_2^{np} = R_A - q \cdot 2,4 - F = 23,75 - 10 \cdot 2,4 - 12 = -12,25 \text{ кН}$$

$$Q_3^n = R_A - q \cdot 2,4 - F + R_B = 23,75 - 10 \cdot 2,4 - 12 + 24,25 = 12 \text{ кН}$$

$$Q_3^{np} = R_A - q \cdot 2,4 - F + R_B - q_2 \cdot 1,2 = 23,75 - 10 \cdot 2,4 - 12 + 24,25 - 10 \cdot 1,2 = 0 \text{ кН}$$

По найденным значениям поперечных сил построена эпюра Q

Определение величин изгибающих моментов в характерных сечениях.

$$M_1^n = -m + R_A \cdot 0 = -6 \text{ кНм}$$

$$M_1^{np} = -m + R_A \cdot 2,4 - q \cdot 2,4 \cdot \frac{2,4}{2} = -6 + 23,75 \cdot 2,4 - 10 \cdot 2,4 \cdot 1,2 = 22,203 \text{ кНм}$$

$$M_2^n = -m + R_A \cdot 2,4 - q \cdot 2,4 \cdot \frac{2,4}{2} - F \cdot 0 = -6 + 23,75 \cdot 2,4 - 10 \cdot 2,4 \cdot 1,2 - 0 = 22,203 \text{ кНм}$$

$$M_2^{np} = -m + R_A \cdot (2,4 + 2,4) - q \cdot 2,4 \left(\frac{2,4}{2} + 2,4 \right) - F \cdot 2,4 = -6 + 23,75 \cdot 4,8 - 10 \cdot 2,4 \cdot 3,6 - 12 \cdot 2,4 = 7,2 \text{ кНм}$$

$$M_3^n = -m + R_A \cdot (2,4 + 2,4) - q \cdot 2,4 \left(\frac{2,4}{2} + 2,4 \right) - F \cdot 2,4 = -6 + 23,75 \cdot 4,8 - 10 \cdot 2,4 \cdot 3,6 - 12 \cdot 2,4 = 7,20 \text{ кНм}$$

$$M_3^{np} = -m + R_A \cdot (2,4 + 2,4 + 1,2) - q \cdot 2,4 \left(\frac{2,4}{2} + 2,4 + 1,2 \right) - F \cdot (2,4 + 1,2) + R_B \cdot 1,2 - q_2 \cdot 1,2 \cdot \frac{1,2}{2} =$$

$$= -6 + 23,75 \cdot 6 - 10 \cdot 2,4 \cdot 4,8 - 12 \cdot 3,6 + 24,5 \cdot 1,2 - 10 \cdot 1,2 \cdot 0,6 = 0 \text{ кНм}$$

К ЗАДАЧЕ 3

Стальной стержень длиной $h=4\text{ м}$ сжимается силой (рис.8). Вычислить размеры поперечного сечения стержня при условии $R=210\text{ МПа}$ с помощью метода последовательных приближений.

Дано: стержень длиной $h=4\text{ м}$, с поперечным сечением $2b \times b$ и $R=210\text{ МПа}$, $F=500\text{ кН}$.

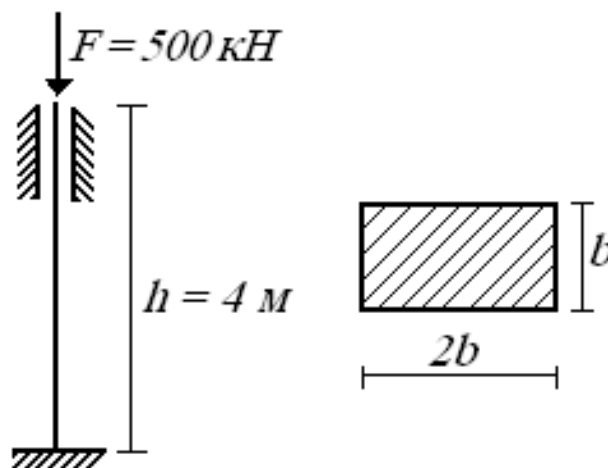


Рисунок 8-Исходные данные.

Решение:

Определяем коэффициент приведения длины μ . Согласно рисунку 9 $\mu=0,5$.

Первое приближение:

1. В первом приближении принимаем $\varphi=0,5$ (φ в первом приближении принимается равным любому числу в интервале от 0 до 1)

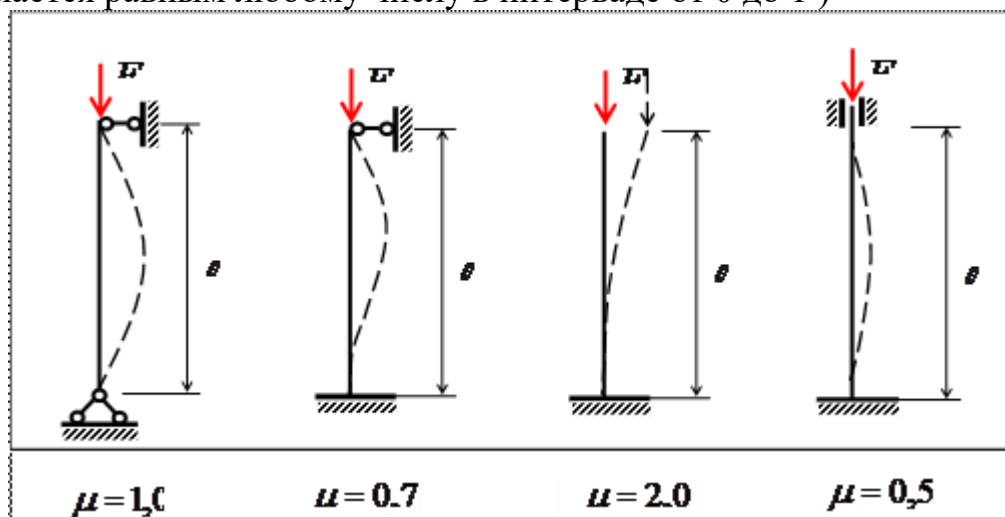


Рисунок 9- Коэффициент приведения длины

2. Из условия устойчивости $\sigma = \frac{F}{A} \leq \varphi \cdot R, \Rightarrow$

$$A = \frac{F}{\varphi_1 \cdot R} = \frac{500}{0.5 \cdot 210 \cdot 10^3} = 4.76 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 = 47,6 \text{ см}^2$$

3. С другой стороны для заданного сечения $A = 2b \cdot b = 2b^2$ Из сравнения этих значений получим, что $2b^2 \geq 4,76 \cdot 10^{-3}$, находим $b \geq \sqrt{\frac{47,6}{2}} \approx 4,87 \text{ см}$

4. Определяем радиусы инерции сечения (рис.11)

$$I_x = \frac{2b \cdot b^3}{12} = \frac{b^4}{6} = \frac{4,87^4}{6} = 93,74 \text{ см}^4$$

$$I_y = \frac{b \cdot (2b)^3}{12} = \frac{8b^4}{12} = \frac{8 \cdot 4,87^4}{12} = 374,99 \text{ см}^4$$

$$I_{\min} = I_x = 93,74 \text{ см}^4$$

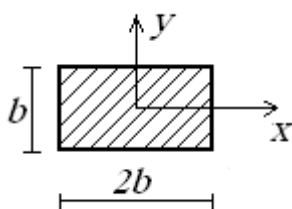


Рисунок 10- Сечение.

5. Вычисляем радиус инерции $i_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\min}}{A}} = \sqrt{\frac{93,74}{47,6}} = 1,40 \text{ см}$

6. Рассчитываем гибкость стержня λ переводим в сантиметры, тк i_{\min} мы вычислили в сантиметрах.

$$\lambda = \frac{\mu l}{i_{\min}} = \frac{0,5 \cdot 400}{1,40} = 142,86$$

7. Определяем уточненное значение коэффициента продольного изгиба.

Используя таблицу 3 находим:

При $\lambda = 140$ $\varphi_{140} = 0,36$

При $\lambda = 150$ $\varphi_{150} = 0,32$

Таблица 4- Коэффициенты продольного изгиба φ для ст.3

λ	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
φ	1,00	0,99	0,96	0,94	0,92	0,89	0,86	0,81	0,75	0,69	0,60
λ	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	
φ	0,52	0,45	0,40	0,36	0,32	0,29	0,26	0,23	0,21	0,19	

Путем интерполяции находим:

$$\varphi_1^* = \varphi_{140} - \frac{\varphi_{140} - \varphi_{150}}{10} \cdot 2,86 = 0,36 - \frac{0,36 - 0,32}{10} \cdot 2,86 = 0,35$$

8. Выполняем проверку, для чего необходимо найти $\sigma_{расч}$:

$$\sigma_{расч} = \frac{F}{A} = \frac{500 \cdot 10^3}{47,6 \cdot 10^{-4}} = 10,50 \cdot 10^7 = 105 \text{ МПа} \text{ и сравним с заданным значением}$$

$$\varphi_1^* R = 0,35 \cdot 210 \approx 73,5 \text{ МПа}$$

Вычисляем погрешность

$$\Delta\% = \left| \frac{\sigma_{расч} - \varphi_1^* R}{\varphi_1^* R} \right| \cdot 100\% = \left| \frac{105 - 73.5}{73.5} \right| \cdot 100\% = 42\%$$

42% > 5% , Продолжаем процесс вычисления дальше

Второе приближение:

$$1. \varphi_2 = \frac{\varphi_1 + \varphi_1^*}{2} = 0,425$$

$$2. A = \frac{F}{\varphi_2 \cdot R} = \frac{500}{0.425 \cdot 210 \cdot 10^3} = 5,60 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 = 56 \text{ см}^2$$

3. С другой стороны для заданного сечения $A = 2b \cdot b = 2b^2$ Из сравнения этих значений получим, что $2b^2 \geq 5,6 \cdot 10^{-3}$, находим $b \geq \sqrt{\frac{56}{2}} \approx 5,29 \text{ см}$

4. Определяем радиусы инерции сечения (рис.10)

$$I_x = \frac{2b \cdot b^3}{12} = \frac{b^4}{6} = \frac{5,29^4}{6} = 130,5 \text{ см}^4$$

$$I_y = \frac{b \cdot (2b)^3}{12} = \frac{8b^4}{12} = \frac{8 \cdot 5,29^4}{12} = 522,07 \text{ см}^4$$

$$I_{\min} = I_x = 130,5 \text{ см}^4$$

$$5. \text{Вычисляем радиус инерции } i_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\min}}{A}} = \sqrt{\frac{130,5}{56}} = 1,52 \text{ см}$$

6. Рассчитываем гибкость стержня λ переводим в сантиметры, тк i_{\min} мы вычислили в сантиметрах.

$$\lambda = \frac{\mu l}{i_{\min}} = \frac{0,5 \cdot 400}{1,52} = 131,57$$

7. Определяем уточненное значение коэффициента продольного изгиба.

Используя таблицу 3 находим:

$$\text{При } \lambda = 130 \quad \varphi_{140} = 0,40$$

$$\text{При } \lambda = 140 \quad \varphi_{150} = 0,36$$

Путем интерполяции находим:

$$\varphi_1^* = \varphi_{130} - \frac{\varphi_{130} - \varphi_{140}}{10} \cdot 2,86 = 0,40 - \frac{0,40 - 0,36}{10} \cdot 1,57 = 0,39$$

8. Выполняем проверку, для чего необходимо найти $\sigma_{расч}$:

$$\sigma_{расч} = \frac{F}{A} = \frac{500 \cdot 10^3}{56 \cdot 10^{-4}} = 8,92 \cdot 10^7 = 89,2 \text{ МПа} \text{ и сравним с заданным значением}$$

$$\varphi_1^* R = 0,39 \cdot 210 \approx 81,9 \text{ МПа}$$

Вычисляем погрешность

$$\Delta\% = \left| \frac{\sigma_{расч} - \varphi_1^* R}{\varphi_1^* R} \right| \cdot 100\% = \left| \frac{89,2 - 81,9}{81,9} \right| \cdot 100\% = 9\%$$

9% > 5% , Продолжаем процесс вычисления до тех пор, не будет удовлетворяться условие.

ЗАДАЧИ ДЛЯ ДОМАШНЕЙ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ 2

ЗАДАНИЕ 1

Для сечений (рис.11), требуется вычислить осевые моменты инерции.

Таблица 5- Исходные данные

Шифр	Схема сечения по рис.11	Номера прокатных профилей	Шифр	Схема сечения по рис.11	Номера прокатных профилей
1	2	3	4	5	6
01	1	1- швеллер №10 2- двугавр №14	51	1	1- швеллер №12 2- двугавр №14
02	2	1- двугавр №22 2- уголок №125x125x10	52	2	1- двугавр №20 2- уголок №90x90x7
03	3	1- швеллер №5 2- двугавр №24	53	3	1- швеллер №15 2- двугавр №24
04	4	1- швеллер №18 2- швеллер №20	54	4	1- швеллер №20 2- швеллер №18
05	5	1- швеллер №22 2- швеллер №30а	55	5	1- швеллер №22 2- швеллер №24
06	6	1- уголок №125x125x10 2- двугавр №33	56	6	1- уголок №125x125x10 2- двугавр №20
07	7	1- двугавр №10 2- уголок №100x100x8	57	7	1- двугавр №10 2- уголок №100x100x8
08	8	1- двугавр №22 2- двугавр №24	58	8	1- двугавр №22 2- двугавр №24
09	9	1- уголок №90x90x7 2- швеллер 24а	59	9	1- уголок №90x90x7 2- швеллер 24а
10	10	1- двугавр №18 2- швеллер №10	60	10	1- двугавр №18 2- швеллер №10
11	11	1- швеллер №16а 2- уголок №140x140x9	61	11	1- швеллер №16а 2- уголок №140x140x9
12	12	1- швеллер №12 2- швеллер №16а	62	12	1- швеллер №12 2- швеллер №16а
13	13	1- двугавр №20 2- швеллер №10	63	13	1- двугавр №20 2- швеллер №10
14	14	1- швеллер №18а 2- швеллер №18	64	14	1- швеллер №12 2- швеллер №16а
15	15	1- двугавр №18 2- швеллер №18а	65	15	1- двугавр №18 2- швеллер №18а
16	16	1- двугавр №16 2- швеллер №30	66	16	1- двугавр №16 2- швеллер №30
17	17	1- уголок №100x100x8 2- уголок №160x160x12	67	17	1- уголок №100x100x8 2- уголок №160x160x12
18	18	1- швеллер №8 2- швеллер №10	68	18	1- швеллер №12 2- швеллер №16а
19	19	1- двугавр №14 2- швеллер №20а	69	19	1- двугавр №14 2- швеллер №20а
20	20	1- уголок №125x125x10 2- уголок №160x160x12	70	20	1- уголок №125x125x10 2- уголок №160x160x12
21	21	1- уголок №125x125x10 2- уголок №160x160x12	71	21	1- уголок №125x125x10 2- уголок №160x160x12
22	22	1- уголок №90x90x7 2- двугавр №33	72	22	1- уголок №90x90x7 2- двугавр №33
23	23	1- уголок №100x100x8 2- швеллер 27	73	23	1- уголок №100x100x8 2- швеллер 27

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6
24	24	1- уголок №80х80х6 2- уголок №100х100х8	74	24	1- уголок №80х80х6 2- уголок №100х100х8
25	25	1- уголок №50х50х3 2- уголок №63х63х4	75	25	1- уголок №50х50х3 2- уголок №63х63х4
26	26	1- двутавр №16 2- швеллер №33	76	26	1- двутавр №16 2- швеллер №33
27	27	1- двутавр №24а 2- уголок №140х140х9	77	27	1- двутавр №24а 2- уголок №140х140х9
28	28	1- двутавр №27 2- уголок №63х63х4	78	28	1- двутавр №27 2- уголок №63х63х4
29	29	1- двутавр №30 2- двутавр №40	79	29	1- двутавр №30 2- двутавр №40
30	30	1- швеллер №5 2- двутавр №30	80	30	1- швеллер №5 2- двутавр №30
31	31	1- двутавр №30 2- швеллер №18а	81	31	1- двутавр №30 2- швеллер №18а
32	32	1- двутавр №24а 2- уголок №140х140х9	82	32	1- двутавр №24а 2- уголок №140х140х9
33	33	1- швеллер №15 2- швеллер №18а	83	33	1- швеллер №15 2- швеллер №18а
34	34	1- уголок №50х50х3 2- уголок №63х63х4	84	34	1- уголок №50х50х3 2- уголок №63х63х4
35	35	1- двутавр №24 2- уголок №90х90х7	85	35	1- двутавр №24 2- уголок №90х90х7
36	36	1- швеллер №18 2- швеллер №20а	86	36	1- швеллер №18 2- швеллер №20а
37	37	1- двутавр №30 2- пластина 20х5	87	37	1- двутавр №30 2- пластина 20х5
38	38	1- швеллер №18 2- швеллер №20а	88	38	1- швеллер №18 2- швеллер №20а
39	39	1- двутавр №30 2- швеллер №18а	89	39	1- двутавр №30 2- швеллер №18а
40	40	1- уголок №100х100х8 2- уголок №110х70х12	90	40	1- уголок №100х100х8 2- уголок №110х70х12
41	41	1- швеллер №16 2- пластина 20х2(см)	91	41	1- швеллер №16 2- пластина 20х2(см)
42	42	1- швеллер №18 2- уголок №90х90х7	92	42	1- швеллер №18 2- уголок №90х90х7
43	43	1- швеллер №24 2- пластина 25х5(см)	93	43	1- швеллер №24 2- пластина 25х5(см)
44	44	1- пластина 15х3(см) 2- уголок №110х70х12	94	44	1- пластина 15х3(см) 2- уголок №110х70х12
45	45	1- двутавр №30 2- пластина 15х5 (см)	95	45	1- двутавр №30 2- пластина 15х5 (см)
46	46	1- швеллер №5 2- уголок №100х100х8	96	46	1- швеллер №5 2- уголок №100х100х8
47	47	1- пластина 20х3(см) 2- швеллер №18а	97	47	1- пластина 20х3(см) 2- швеллер №18а
48	48	1- двутавр №14 2- уголок №90х90х7	98	48	1- двутавр №14 2- уголок №90х90х7
49	49	1- швеллер №16 2- пластина 20х4 (см)	99	49	1- швеллер №16 2- пластина 20х4 (см)
50	50	1- двутавр №14 2- швеллер №20а	00	50	1- двутавр №14 2- швеллер №20а

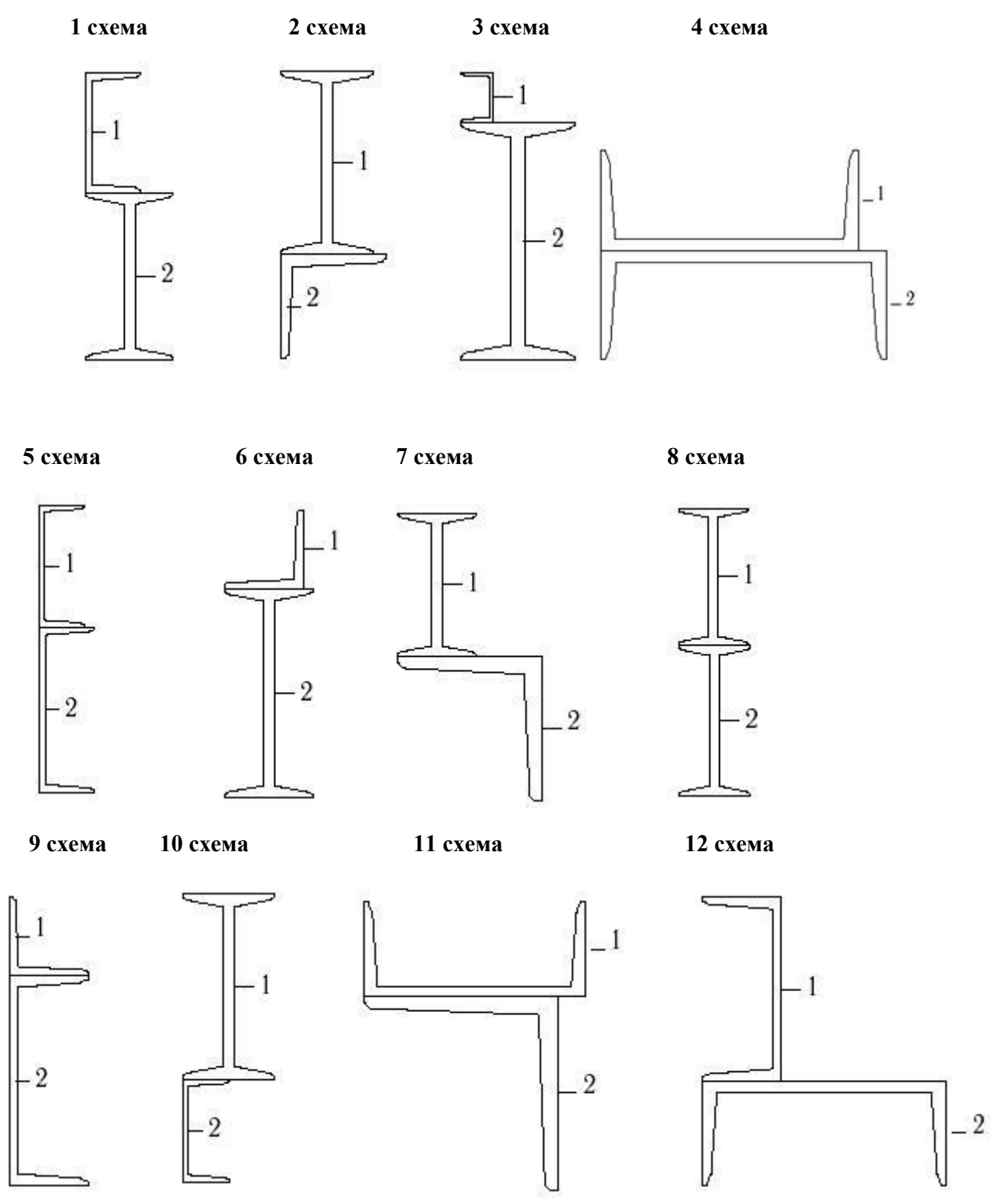
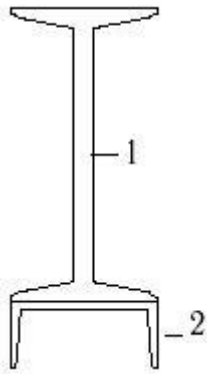
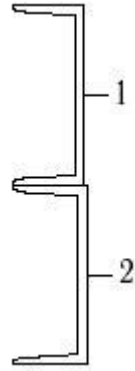


Рисунок 11 –Составное сечение

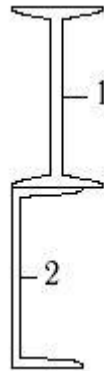
13 схема



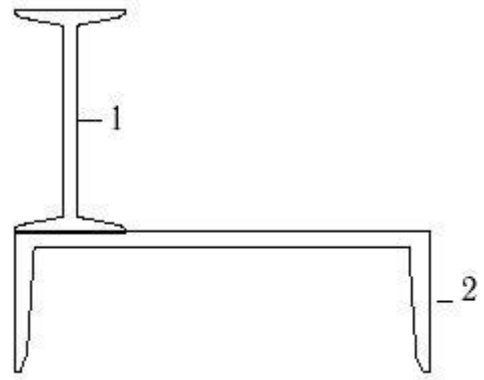
14 схема



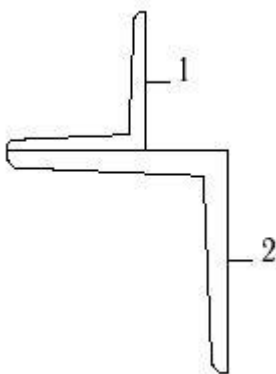
15 схема



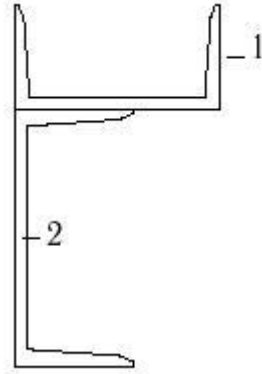
16 схема



17 схема



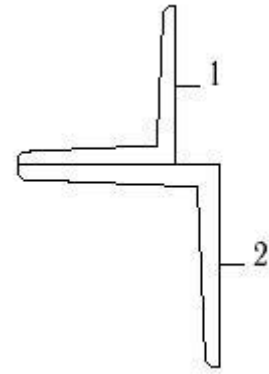
18 схема



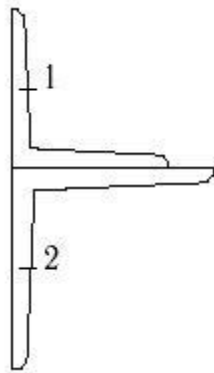
19 схема



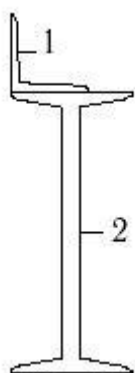
20 схема



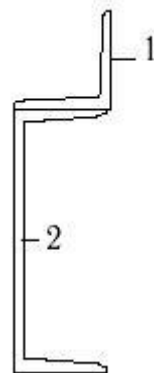
21 схема



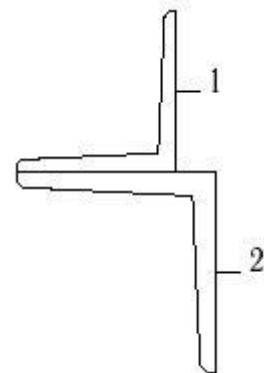
22 схема



23 схема

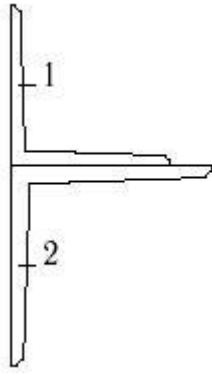


24 схема

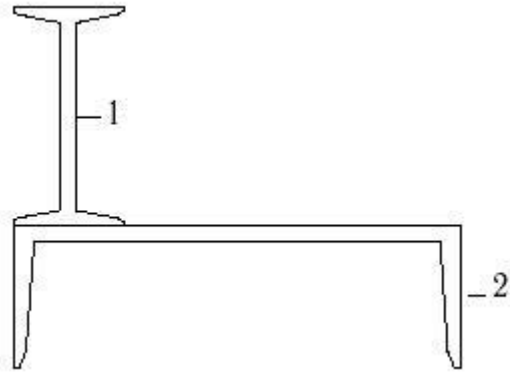


Продолжение рисунка

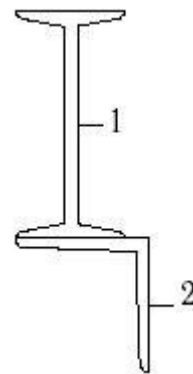
25 схема



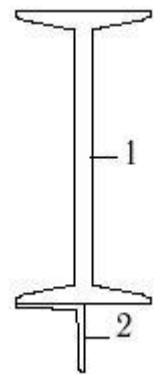
26 схема



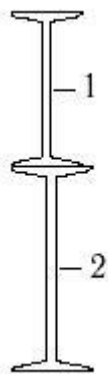
27 схема



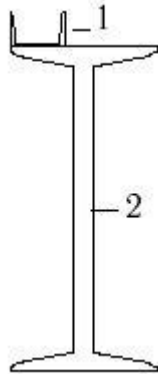
28 схема



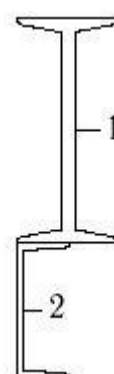
29 схема



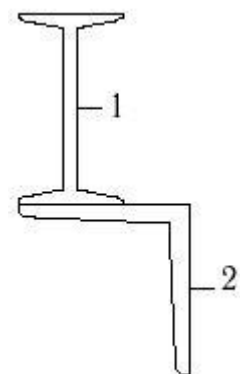
30 схема



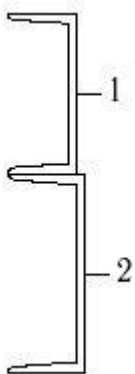
31 схема



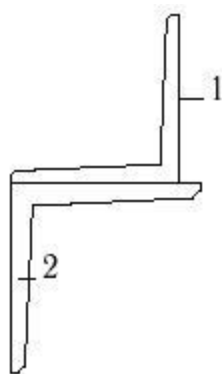
32 схема



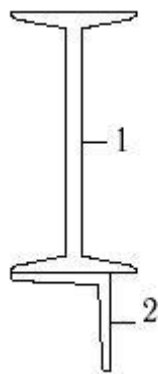
33 схема



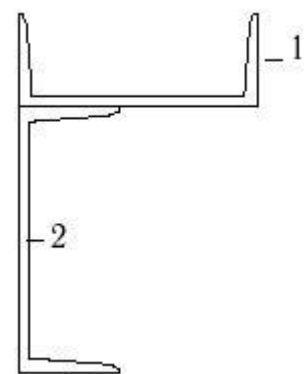
34 схема



35 схема

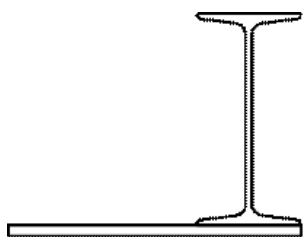


36 схема

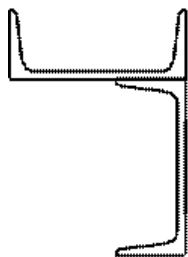


Продолжение рисунка

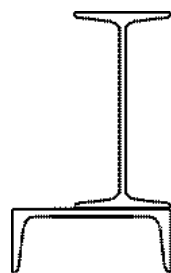
37 схема



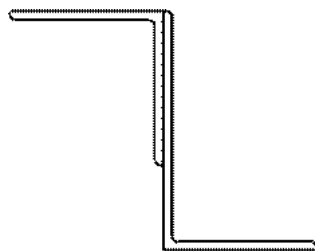
38 схема



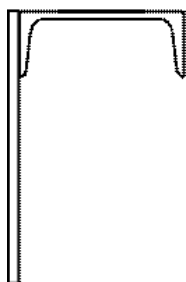
39 схема



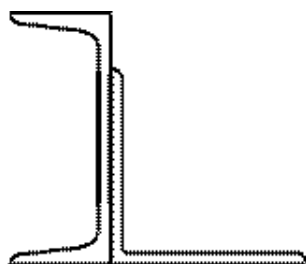
40 схема



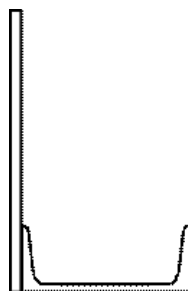
41 схема



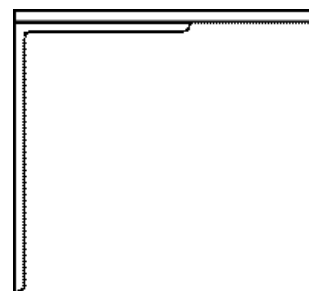
42 схема



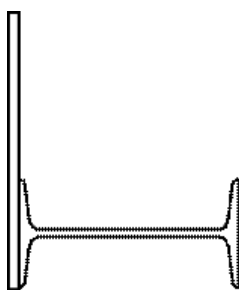
43 схема



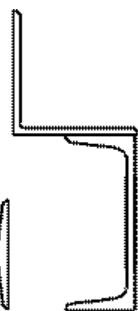
44 схема



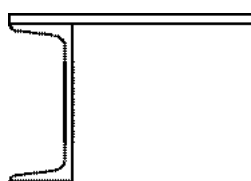
45 схема



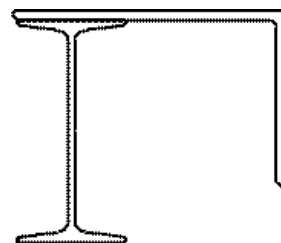
46 схема



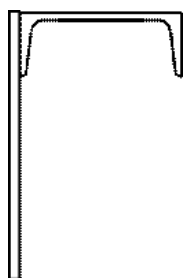
47 схема



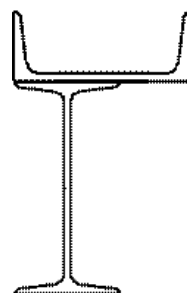
48 схема



49 схема



50 схема



Окончание рисунка

ЗАДАНИЕ 2

Для балки, построить эпюры моментов и поперечных сил, данные взять из табл.6.

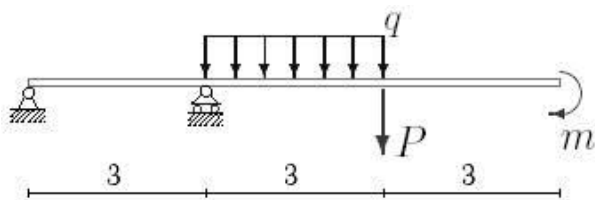
Таблица 6-Исходные данные

Шифр	Схема по рис.1	P, кН	m, кНм	q, кН/м	Шифр	Схема по рис.1	P, кН	m, кНм	q, кН/м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
01	1	3	20	12	51	15	23	20	12
02	2	6	20	28	52	16	10	30	16
03	3	1	20	12	53	17	12	20	24
04	4	3	10	16	54	18	10	25	20
05	5	6	10	24	55	19	15	23	8
06	6	9	24	20	56	20	18	32	32
07	7	8	30	8	57	21	5	35	36
08	8	21	30	32	58	22	6	3	36
09	9	7	40	36	59	23	7	36	24
10	10	18	40	36	60	24	8	20	2
11	11	7	10	24	61	25	10	10	12
12	12	12	18	2	62	26	13	14	16
13	13	11	20	12	63	27	6	15	24
14	14	6	20	12	64	28	25	4	20
15	15	13	10	24	65	29	15	8	8
16	16	21	10	24	66	30	19	5	32
17	17	16	10	24	67	31	12	25	36
18	18	5	20	12	68	32	17	15	36
19	19	21	40	4	69	33	10	10	24
20	20	17	20	12	70	34	18	12	12
21	21	16	10	16	71	35	6	13	16
22	22	6	40	4	72	36	9	14	24
23	23	14	30	32	73	1	7	10	20
24	24	2	30	32	74	2	5	12	8
25	25	2	40	4	75	3	8	15	32
26	26	20	21	20	76	4	10	14	36
27	27	16	30	8	77	5	19	17	36
28	28	18	20	12	78	6	8	19	24
29	29	14	22	20	79	7	9	12	12
30	30	10	30	8	80	8	10	20	16
31	31	4	20	12	81	9	14	3	24
32	32	16	30	8	82	10	15	23	20
33	33	15	10	16	83	11	10	21	8
34	34	4	10	16	84	12	13	25	32
35	35	12	40	36	85	13	6	20	36

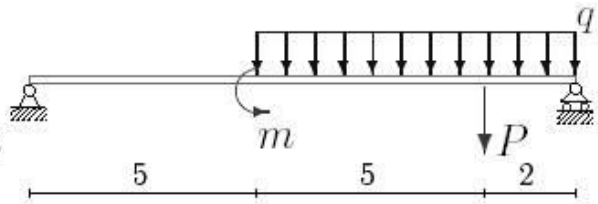
Продолжение таблицы

36	36	9	40	4	86	14	3	20	12
37	1	18	30	24	87	15	6	30	16
38	2	7	10	25	88	16	1	10	24
39	3	12	20	23	89	17	3	20	20
40	4	11	30	20	90	18	6	30	8
41	5	6	30	2	91	19	9	30	32
42	6	13	20	12	92	20	8	20	36
43	7	21	10	5	93	21	21	10	12
44	8	16	30	23	94	22	7	30	16
45	9	5	10	2	95	23	18	10	24
46	10	21	20	32	96	24	7	20	20
47	11	17	30	5	97	25	12	30	8
48	12	16	10	25	98	26	11	10	32
49	13	6	20	21	99	27	6	20	36
50	14	14	30	20	00	28	13	30	36

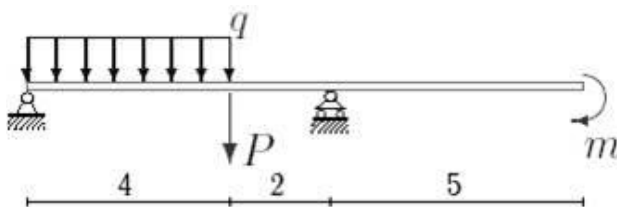
1 схема



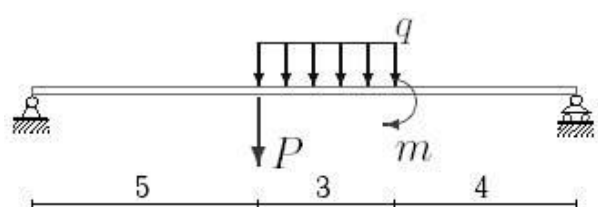
2 схема



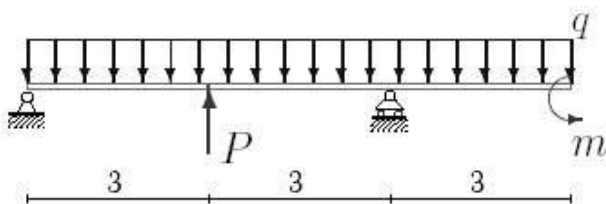
3 схема



4 схема



5 схема



6 схема

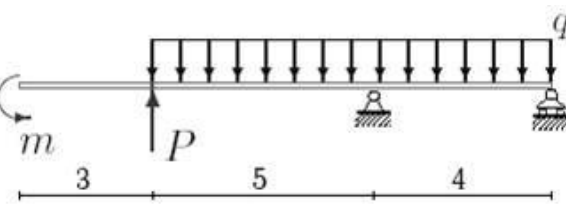
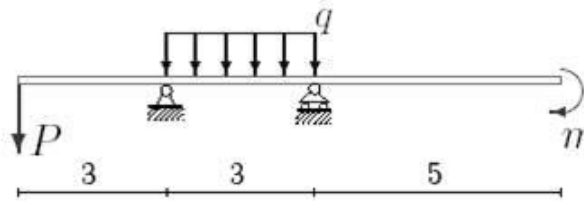
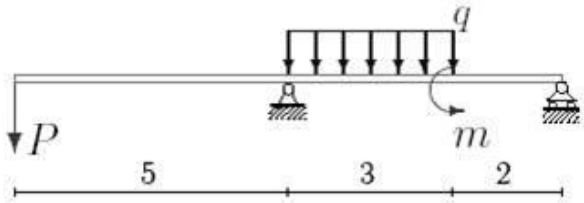


Рисунок 12-Однопролетная балка

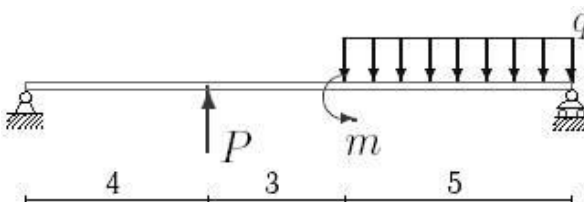
7 схема



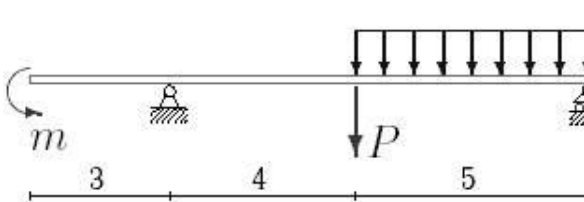
8 схема



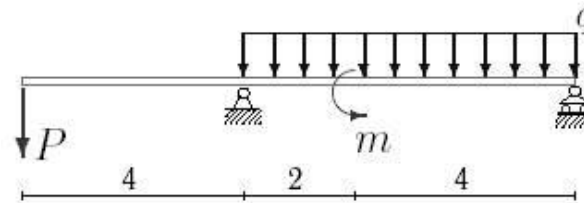
9 схема



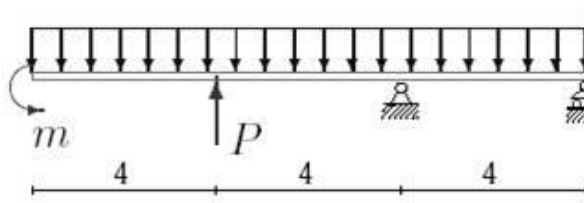
10 схема



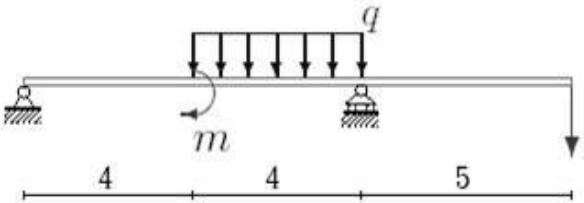
11 схема



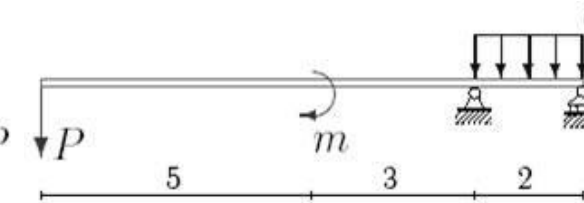
12 схема



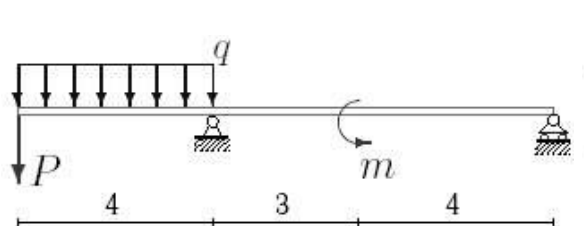
13 схема



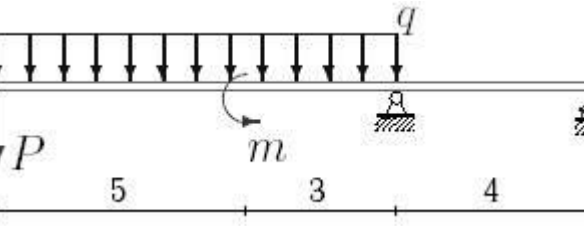
14 схема



15 схема

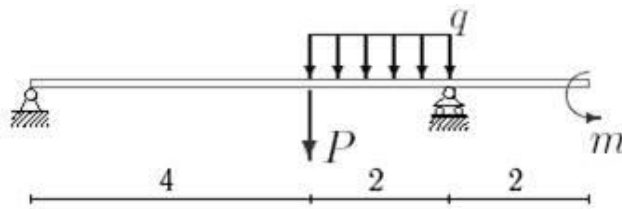


16 схема

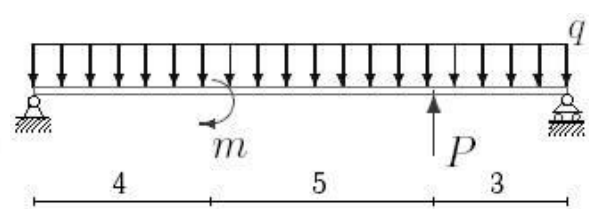


Продолжение рисунка

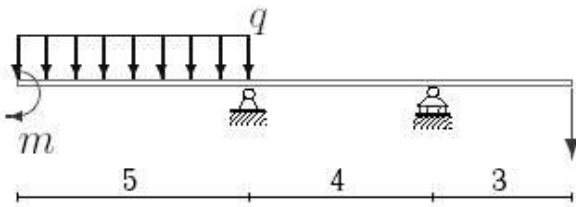
17 схема



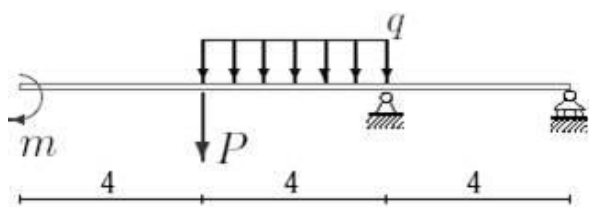
18 схема



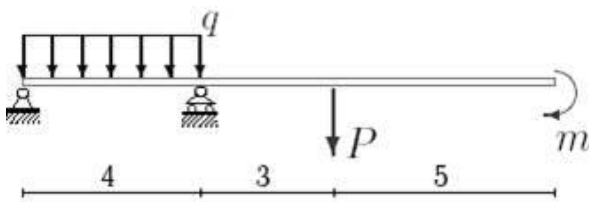
19 схема



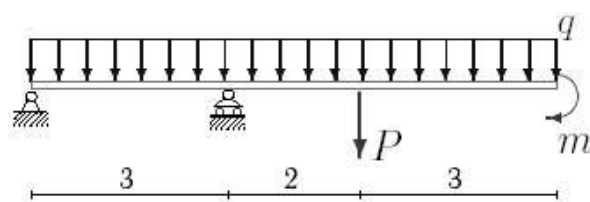
20 схема



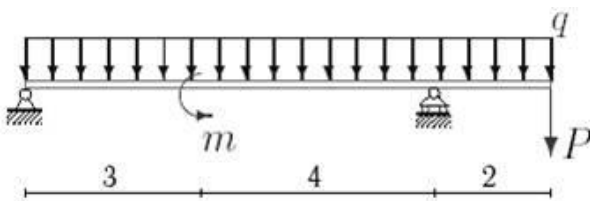
21 схема



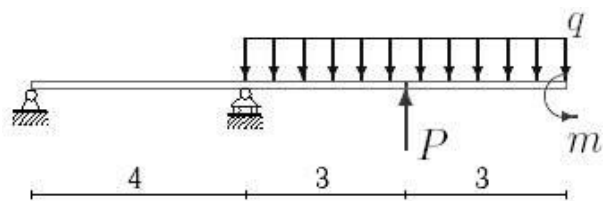
22 схема



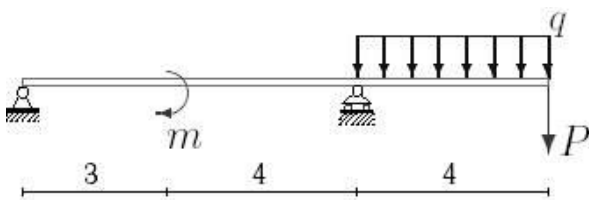
23 схема



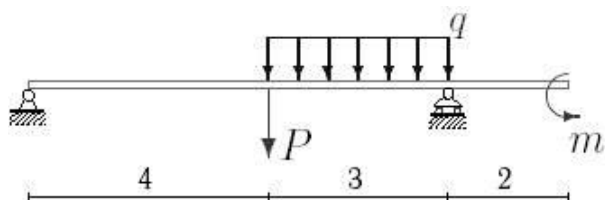
24 схема



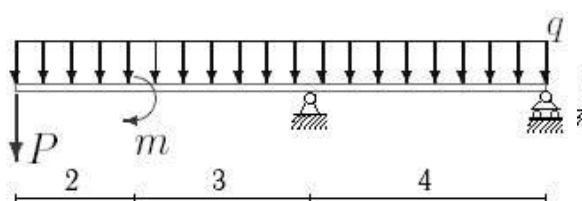
25 схема



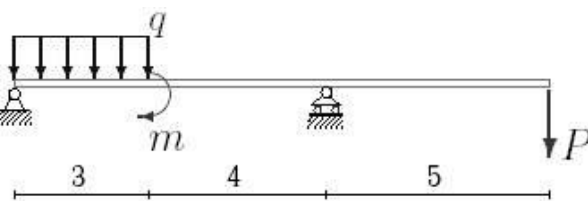
26 схема



27 схема

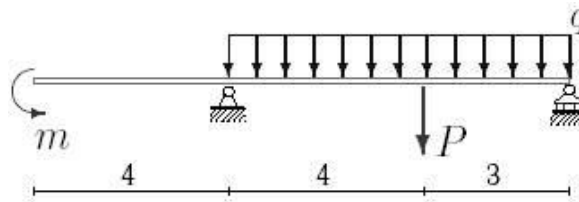


28 схема

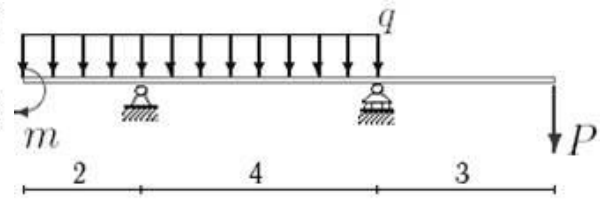


Продолжение рисунка

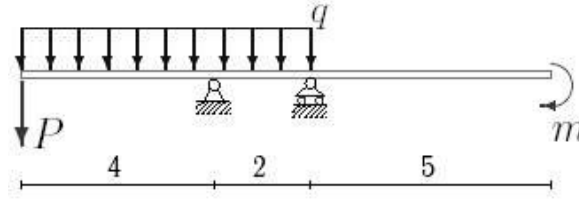
29 схема



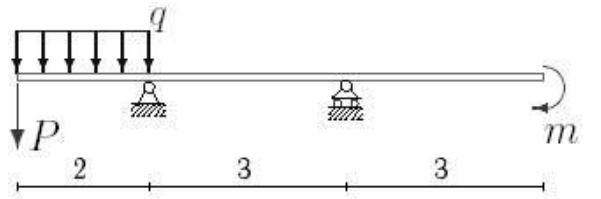
30 схема



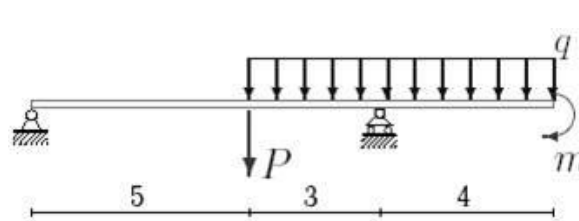
31 схема



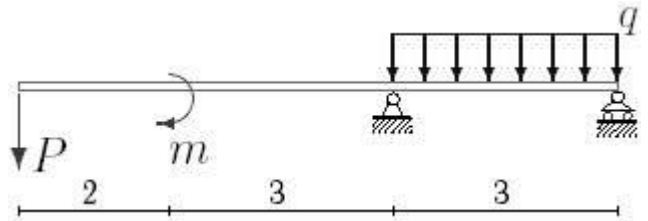
32 схема



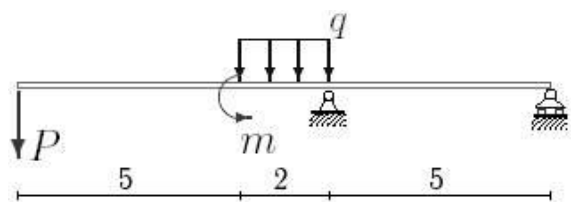
33 схема



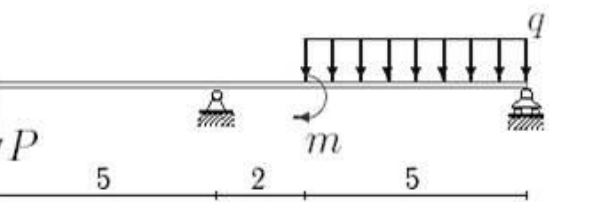
34 схема



35 схема



36 схема



Окончание рисунка

ЗАДАНИЕ 3

Стержень длиной l сжимается силой F , требуется найти размеры поперечного сечения при допуске напряжении на сжатие $[\sigma] = 160$ МПа (расчет производить последовательными приближениями, предварительно задаваясь величиной коэффициента φ);

Таблица 7– Исходные данные

Номер варианта	Схема по рис. 12	Форма сечения по рис.13	F , кН	l , м	Номер варианта	Схема по рис. 12	Форма сечения по рис.13	F , кН	l , м
1	1	1	100	2,1	51	1	5	300	2,2
2	2	2	200	2,2	52	2	2	400	2,3
3	3	3	300	2,3	53	2	3	500	2,4
4	4	4	400	2,4	54	1	2	600	2,5
5	1	2	500	2,5	55	2	3	700	2,6
6	2	3	600	2,6	56	3	2	800	2,7
7	3	4	700	2,7	57	2	5	900	2,8
8	4	1	800	2,8	58	3	2	1000	2,9
9	1	3	900	2,9	59	2	5	100	3,0
10	2	4	1000	3,0	60	2	5	200	2,1
11	1	1	100	2,1	61	4	4	300	2,2
12	2	2	200	2,2	62	1	1	400	2,3
13	3	4	300	2,3	63	2	1	500	2,4
14	4	1	400	2,4	64	3	4	600	2,5
15	1	4	500	2,5	65	2	5	300	2,6
16	2	1	600	2,6	66	1	5	400	2,7
17	3	2	700	2,7	67	4	2	500	2,2
18	4	3	800	2,8	68	1	3	600	2,3
19	1	1	700	2,7	69	4	3	700	2,4
20	2	2	800	2,8	70	1	5	800	2,5
21	3	3	100	2,1	71	1	3	900	2,6
22	4	4	200	2,2	72	3	5	1000	2,7
23	1	2	300	2,3	73	1	2	100	2,8
24	2	3	400	2,4	74	3	5	200	2,9
25	3	4	500	2,5	75	1	4	300	3,0
26	4	1	600	2,6	76	4	1	400	2,1
27	1	3	700	2,7	77	1	5	500	2,2
28	2	4	800	2,8	78	1	1	600	2,3
29	1	1	900	2,9	79	2	2	300	2,4
30	1	3	300	2,3	80	3	5	400	2,5

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
31	2	1	300	2,2	81	3	5	500	2,6
32	3	2	400	2,3	82	4	4	600	2,7
33	3	5	500	2,4	83	4	1	700	2,2
34	2	2	600	2,5	84	1	1	800	2,3
35	1	3	700	2,6	85	4	2	900	2,4
36	4	2	800	2,7	86	4	5	1000	2,5
37	1	5	900	2,8	87	4	3	100	2,6
38	4	4	1000	2,9	88	1	2	200	2,7
39	2	1	100	3,0	89	2	5	300	2,8
40	2	2	200	2,1	90	1	4	400	2,9
41	3	3	300	2,2	91	3	4	500	3,0
42	4		400	2,3	92	3	5	600	2,1
43	2	2	500	2,2	93	2	1	300	2,2
44	3	5	600	2,3	94	1	2	400	2,3
45	1	1	300	2,4	95	4	2	500	2,4
46	2	4	400	2,5	96	1	5	600	2,5
47	4	1	500	2,2	97	4	3	700	2,2
48	1	2	600	2,3	98	1	3	800	2,3
49	2	3	700	2,4	99	3	5	900	2,4
50	3	2	800	2,5	00	3	4	500	2,5

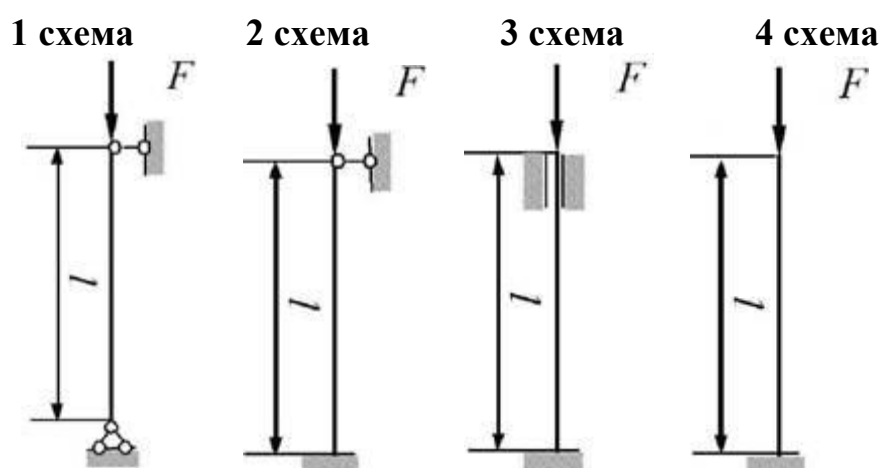


Рисунок 12 –Схема закрепления стержня

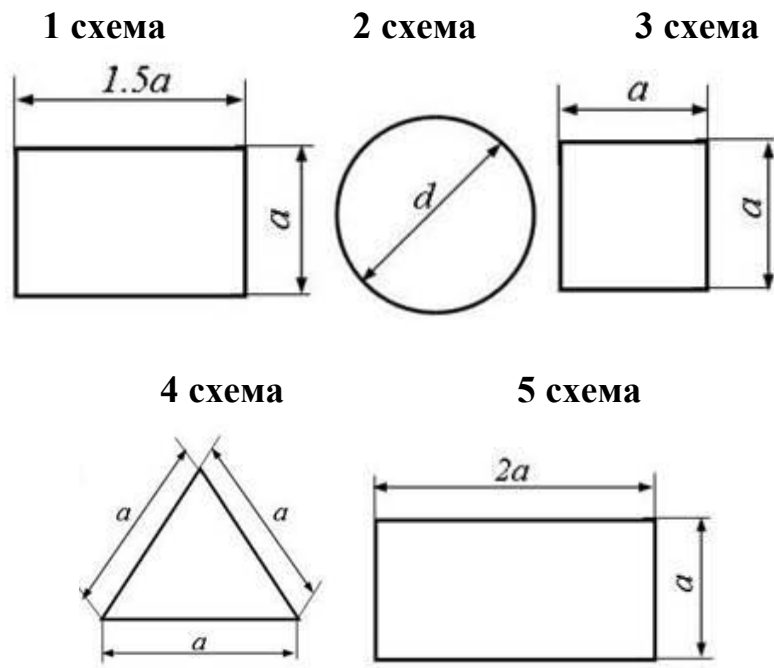


Рисунок 13– Форма сечения

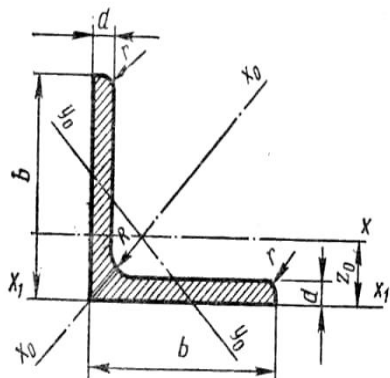
ЛИТЕРАТУРА

- Аркуша А.И.**, Техническая механика. – М., В.ш. 2002
- Аркуша А.И.** Руководство к решению задач по теоретической механике. – М., 1976
- Бычков Д. В., Мирон М. О.** Теоретическая механика. – М., 1976
- Михайлов А.М.** Основы расчета элементов строительных конструкций в примерах. – М., 1986
- Михайлов А.М.** Сопроотивление материалов. – М., 1989
- Мовнин М.С., Израелит А.Б., Рубашкин А.Г.** Основы технической механики.– Л., 1982
- Мухин Н. В.** Статика сооружений в примерах. – М., 1979
- Мухин Н. В., Першин А. Н., Шишман Б.А.** Статика сооружений. – М., 1989
- Портаев В.Л., Портаев Л.П., Петраков А.А.** Техническая механика. - М.,1987
- Рубашкин А.Г., Чернилевский Д.В.** Лабораторные работы по технической механике. – М., 1975
- Рудеиок Е.Н., Соколовская В.П.** Техническая механика: Сборник заданий. – Мн., 1990
- Сетков В.И.** Сборник задач для расчетно-графических работ по технической механике. – М., 1982
- Улитин Н.С., Першин А.Н., Лауенбург Л.В.** Сборник задач по технической механике. – М., 1978
- Эрдеди А.А.** Техническая механика. – М.; Вш. 2002
- СНиП II.23–81** Стальные конструкции.
- СНиП 2.01.07–85** Нагрузки и воздействия.
- СНБ 5.03.01–02** Конструкции бетонные и железобетонные

Приложение А СОРТАМЕНТ ПРОКАТНОЙ СТАЛИ

Сталь прокатная угловая равнополочная (по ГОСТ 8509–72)

Обозначения:



b – ширина полки;
 d – толщина полки;
 R – радиус внутреннего закругления;
 r – радиус закругления полки;
 I – момент инерции;
 i – радиус инерции;
 z_0 – расстояние от центра тяжести до полки.

Номер профиля	Размеры		Площадь сечения A	Масса l м длины	Справочные величины для осей							
	b	d			$x-x$		x_0-x_0		y_0-y_0		x_1-x_1	
					I_x	i_x	I_{x0max}	i_{x0max}	I_{y0min}	i_{y0min}	I_{x1}	z_0
	мм	мм			см ⁴	см	см ⁴	см	см ⁴	см	см ⁴	см
2	20	3	1,13	0,89	0,40	0,59	0,63	0,75	0,17	0,39	0,81	0,60
		4	1,46	1,15	0,50	0,58	0,78	0,73	0,22	0,38	1,09	0,64
2,5	25	3	1,43	1,12	0,81	0,75	1,29	0,95	0,34	0,49	1,57	0,73
		4	1,86	1,46	1,03	0,74	1,62	0,93	0,44	0,48	2,11	0,76
2,8	28	3	1,62	1,27	1,16	0,85	0,84	1,07	0,48	0,55	2,20	0,80
3,2	32	3	1,86	1,46	1,77	0,97	2,80	1,23	0,74	0,63	3,26	0,89
		4	2,43	1,91	2,26	0,96	3,58	1,21	0,94	0,62	4,39	0,94
3,6	36	3	2,10	1,65	2,56	1,10	4,06	1,39	1,06	0,71	4,64	0,99
		4	2,75	2,16	3,29	1,09	5,21	1,38	1,36	0,70	6,24	1,04
4	40	3	2,35	1,85	3,55	1,23	5,63	1,55	1,47	0,79	6,35	1,09
		4	3,08	2,42	4,58	1,22	7,26	1,53	1,90	0,78	8,53	1,13
4,5	45	3	2,65	2,08	5,13	1,39	8,13	1,75	2,12	0,89	9,04	1,21
		4	3,48	2,73	6,63	1,38	10,5	1,74	2,74	0,89	12,1	1,26
		5	4,29	3,37	8,03	1,37	12,7	1,72	3,33	0,88	15,3	1,30
5	50	3	2,96	2,32	7,11	1,55	11,3	1,95	2,95	1,00	12,40	1,33
		4	3,89	3,05	9,21	1,54	14,6	1,94	3,80	0,99	16,6	1,38
		5	4,80	3,77	11,2	1,53	17,8	1,92	4,63	0,98	20,9	1,42
5,6	56	4	4,38	3,44	13,1	1,73	20,8	2,18	5,41	1,11	23,3	1,52
		5	5,41	4,25	16,0	1,72	25,4	2,16	6,59	1,10	29,2	1,57
6,3	63	4	4,96	3,90	18,9	1,95	29,9	2,05	7,81	1,25	33,1	1,69
		5	6,13	4,81	23,1	1,94	36,6	2,44	9,52	1,25	41,5	1,74
		6	7,28	5,72	27,1	1,93	42,9	2,43	11,2	1,24	50,0	1,78
7	70	4,5	6,20	4,87	29,0	2,16	46,0	2,72	12,0	1,39	51,0	1,88
		5	6,86	5,38	31,9	2,16	50,7	2,72	13,2	1,39	56,7	1,90
		6	8,15	6,39	37,6	2,15	59,6	2,71	15,5	1,38	68,4	1,94
		7	9,42	7,39	43,0	2,14	68,2	2,69	17,8	1,37	80,1	1,99
		8	10,7	8,37	48,2	2,13	76,4	2,68	20,0	1,37	91,9	2,02
7,5	75	5	7,39	5,80	39,5	2,31	62,6	2,91	16,4	1,49	69,6	2,02
		6	8,78	6,89	46,6	2,30	73,9	2,90	19,3	1,48	83,9	2,06
		7	10,1	7,96	53,3	2,29	84,6	2,89	22,1	1,48	98,3	2,10
		8	11,5	9,02	59,8	2,28	94,9	2,87	24,8	1,47	113	2,15
		9	12,8	10,1	66,1	2,27	105	2,86	27,5	1,46	127	2,18

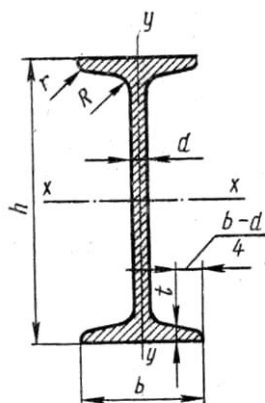
Продолжение приложения А

Номер профиля	Размеры		Площадь сечения A	Масса l м длины	Справочные величины для осей							
	b	d			$x-x$		x_0-x_0		y_0-y_0		x_I-x_I	z_0
					I_x	i_x	I_{x0max}	i_{x0max}	I_{y0min}	i_{y0min}	I_{xI}	
	мм				см ²	кг	см ⁴	см	см ⁴	см	см ⁴	см
8	80	5,5	8,63	6,78	52,7	2,47	83,6	3,11	21,8	1,59	93,2	2,17
		6	9,38	7,36	57,0	2,47	90,4	3,11	23,5	1,58	102	2,19
		7	10,8	8,51	65,3	2,45	104	3,09	27,0	1,58	119	2,23
		8	12,3	9,65	73,4	2,44	116	3,08	30,3	1,57	137	2,27
9	90	6	10,6	8,33	82,1	2,78	130	3,50	34,0	1,79	145	2,43
		7	12,3	9,64	94,3	2,77	150	3,49	38,9	1,78	169	2,47
		8	13,9	10,9	106	2,79	168	3,48	43,8	1,77	194	2,51
		9	15,6	12,2	118	2,75	186	3,46	48,6	1,77	219	2,55
10	100	6,5	12,8	10,1	122	3,09	193	3,88	50,7	1,99	214	2,68
		7	13,8	10,8	131	3,08	207	3,88	54,2	1,98	231	2,71
		8										
		10	15,6	12,2	147	3,07	233	3,87	60,9	1,98	256	2,75
		12	19,2	15,1	179	3,05	284	3,84	74,1	1,96	332	2,83
			22,8	17,9	209	3,03	331	3,81	86,9	1,95	402	2,91
10	100	14	26,3	20,6	237	3,00	375	3,78	99,3	1,94	472	2,99
		16	29,7	23,3	264	2,98	416	3,74	112	1,94	542	3,06
11	110	7	15,2	11,9	176	3,40	2,79	4,29	72,7	2,19	308	2,96
		8	17,2	13,5	198	3,39	315	4,28	81,8	2,18	353	3,00

Приложение В

СТАЛЬ ПРОКАТНАЯ – БАЛКИ ДВУТАВРОВЫЕ (по ГОСТ 8239–72)

Обозначения:



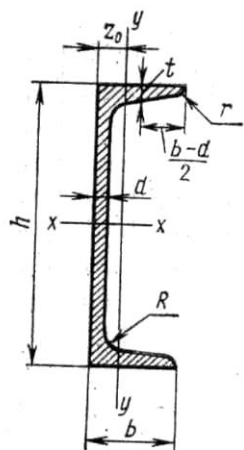
- h – высота балки
- b – ширина полки;
- d – толщина полки;
- t – средняя толщина полки;
- R – радиус внутреннего закругления;
- r – радиус закругления полки;
- I – момент инерции;
- W – момент сопротивления;
- S – статический момент полу-сечения;
- i – радиус инерции;

Но- мер про- филя	Мас- са 1м дли- ны	Размеры						Пло- щадь сече- ния A	Справочные величины для осей						
		h	b	d	t	R	r		$x-x$				$y-y$		
		I_x	W_x	i_x	S_x	I_y	W_y		i_y						
	кг	Мм					см ²	см ⁴	см ³	см	см ³	см ⁴	см ³	см	
10	9,46	100	55	4,5	7,2	7	2,5	12,0	198	39,7	4,06	23,0	17,9	6,49	1,22
12	11,5	120	64	4,8	7,3	7,5	3	14,7	350	58,4	4,88	33,7	27,9	8,72	1,38
14	13,7	140	73	4,9	7,5	8	3	17,4	572	81,7	5,73	46,8	41,9	11,5	1,55
16	15,9	160	81	5,0	7,8	8,5	3,5	20,2	873	109	6,57	62,3	58,6	14,5	1,70
18	18,4	180	90	5,1	8,1	9	3,5	23,4	1290	143	7,42	81,4	82,6	18,4	1,88
18a	19,9	180	100	5,1	8,3	9	3,5	25,4	1430	159	7,51	89,8	114	22,8	2,12
20	21,0	200	100	5,2	8,4	9,5	4	26,8	1840	184	8,28	104	115	23,1	2,07
20a	22,7	200	110	5,2	8,6	9,5	4	28,9	2030	203	8,37	114	155	28,2	2,32
22	24,0	220	110	5,4	8,7	10	4	30,6	2550	232	9,13	131	157	28,6	2,27
22a	25,8	220	120	5,4	8,9	10	4	32,8	2790	254	9,22	143	206	34,3	2,50
24	27,3	240	115	5,6	9,5	10,5	4	34,8	3460	289	9,97	163	198	34,5	2,37
24a	29,4	240	125	5,6	9,8	10,5	4	37,5	3800	317	10,1	178	260	41,6	2,63
27	31,5	270	125	6,0	9,8	11	4,5	40,2	5010	371	11,2	210	260	41,5	2,54
27a	33,9	270	135	6,0	10,2	11	4,5	43,2	5500	407	11,3	229	337	50,0	2,80
30	36,5	300	135	6,5	10,2	12	5	46,5	7080	472	12,3	268	337	49,9	2,69
30a	39,2	300	145	6,5	10,7	12	5	49,9	7780	518	12,5	292	436	60,1	2,95
33	42,2	330	140	7,0	11,2	13	5	53,8	9840	597	13,5	339	419	59,9	2,79
36	48,6	360	145	7,5	12,8	14	6	61,9	13380	743	14,7	423	516	71,1	2,89
40	57	400	155	8,3	13,0	15	6	72,6	19062	953	16,20	545	667	86,1	3,03
45	66,5	450	160	9,0	14,2	16	7	84,7	27696	1231	18,10	708	808	101	3,09
50	78,5	500	170	1,24	15,2	17	7	100	39727	1589	19,90	919	1043	123	3,23
55	92,6	550	180	11,0	16,5	18	7	118	55962	2035	21,80	1181	1356	151	3,39
60	108	600	190	12,0	17,8	20	8	138	76806	2560	23,60	1	1725	182	3,54

Приложение Г

СТАЛЬ ПРОКАТНАЯ – ШВЕЛЛЕР (по ГОСТ 8240–72)

Обозначения:



h – высота швеллера;
 b – ширина полки;
 d – толщина стенки;
 t – средняя толщина полки;
 R – радиус внутреннего закругления;
 r – радиус закругления полки;
 I – момент инерции;
 W – момент сопротивления;
 S – статический момент полусечения;
 i – радиус инерции;
 z_0 – расстояние от оси y – y до наружной грани стенки

Но- мер про- фи- ля	Мас- са 1 м дли- ны кг	Размеры						Пло- щадь сече- ния A	Справочные величины для осей							
		h	b	d	t	R	r		$x-x$			$y-y$			z_0	
									I_x	W_x	i_x	S_x	I_y	W_y		i_y
Мм	Мм	Мм	Мм	Мм	Мм	Мм	см ²	см ⁴	см ³	см	см ³	см ⁴	см ³	см	см	
5	4,84	50	32	4,4	7,0	6	2,5	6,16	22,8	9,10	1,92	5,59	5,61	2,75	0,954	1,16
6,5	5,90	65	36	4,4	7,2	6	2,5	7,51	48,6	15,0	2,54	9,00	8,70	3,68	1,08	1,24
8	7,05	80	40	4,5	7,4	6,5	2,5	8,89	89,4	22,4	3,16	13,3	12,8	4,75	1,19	1,31
10	8,59	100	46	4,5	7,6	7	3	10,9	174	34,8	3,99	20,4	20,4	6,46	1,37	1,44
12	10,4	120	52	4,8	7,8	7,5	3	13,3	304	50,6	4,78	29,6	31,2	8,52	1,53	1,54
14	12,3	140	58	4,9	8,1	8	3	15,6	491	70,2	5,60	40,8	45,4	11,0	1,70	1,67
14a	13,3	140	62	4,9	8,7	8	3	17,0	545	77,8	5,66	45,1	57,5	13,3	1,84	1,87
16	14,2	160	64	5,0	8,4	8,5	3,5	18,1	747	93,4	6,42	54,1	63,3	13,8	1,87	1,80
16a	15,3	160	68	5,0	9,0	8,5	3,5	19,5	823	103	6,49	59,4	78,8	16,4	2,01	2,00
18	16,3	180	70	5,1	8,7	9	3,5	20,7	1090	121	7,24	69,8	86,0	17,0	2,04	1,94
18a	17,4	180	74	5,1	9,3	9	3,5	22,2	1190	132	7,32	76,1	105	20,0	2,18	2,13
20	18,4	200	76	5,2	9,0	9,5	4	23,4	1520	152	8,07	87,8	113	20,5	2,20	2,07
20a	19,8	200	80	5,2	9,7	9,5	4	25,2	1670	167	8,15	95,9	139	24,2	2,35	2,28
22	21,0	220	82	5,4	9,5	10	4	26,7	2110	192	8,89	110	151	25,1	2,37	2,21
22a	22,6	220	87	5,4	10,2	10	4	28,8	2330	212	8,99	121	187	30,0	2,55	2,46
24	24,0	240	90	5,6	10,0	10,5	4	30,6	2900	242	9,73	139	208	31,6	2,60	2,42
24a	25,8	240	95	5,6	10,7	10,5	4	32,9	3180	265	9,84	151	254	37,2	2,78	2,67
27	27,7	270	95	6,0	10,5	11	4,5	35,2	4160	308	10,9	178	262	37,3	2,73	2,47
30	31,8	300	100	6,5	11,0	12	5	40,5	5810	387	12,0	224	327	43,6	2,84	2,52
33	36,5	330	105	7,0	11,7	13	5	46,5	7980	484	13,1	281	410	51,8	2,97	2,59
36	41,9	360	110	7,5	12,6	14	6	53,4	10820	601	14,2	350	513	61,7	3,10	2,68
40	48,3	400	115	8,0	13,5	15	6	61,5	15220	761	15,7	444	642	73,4	3,23	2,75