

НЕФТЕЮГАНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ КОЛЛЕДЖ
(филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Югорский государственный университет»

ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Методические указания и контрольные задания
для обучающихся заочной формы обучения
Часть 1

Специальности 21.02.01 Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений

Нефтеюганск
2019

РАССМОТРЕНЫ
Предметной (цикловой)
комиссией
Протокол № 1 от 12.09.19
Председатель П(Ц)К
Г.А. Ребенок Г.А. Ребенок

Утверждены
заседанием методсовета
Протокол № 1 от 17.09.19
Председатель методсовета
Н.И. Савватеева Н.И. Савватеева

Методические указания и контрольные задания для обучающихся заочной формы обучения Часть 1. по учебной дисциплине «Техническая механика» разработаны в соответствии с требованиями ФГОС СПО по специальности 21.02.01 Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений

Разработчик: Рева Н.Ю. – преподаватель НИК (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Югорский государственный университет».

Содержание

1. Пояснительная записка	4
2. Тематический план и содержание учебной дисциплины «Техническая механика»	5
3. Требования к выполнению и оформлению контрольной работы	10
4. Контрольная работа	11
5. Список используемой литературы	23
Приложение 1 - Сталь прокатная угловая равнополочная (ГОСТ 8609-86)	24
Приложение 2 - Коэффициент приведения длины стержня	28
Приложение 3 - Коэффициенты продольного изгиба φ центрально-сжатых элементов из стали	29
Приложение 4 - Расчётные сопротивления R стали и алюминия	30

Пояснительная записка

Методические указания и контрольные задания для обучающихся заочной формы обучения по учебной дисциплине «Техническая механика» разработаны в соответствии с требованиями ФГОС СПО по специальности 21.02.01 Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен **уметь**:

- определять напряжения в конструкционных элементах;
- определять передаточные отношения;
- проводить расчет и проектирование детали и сборочной единицы общего назначения;
- проводить сборочно-разборочные работы в соответствии с характером соединений деталей и сборочных единиц;
- производить расчеты на сжатие, срез и смятие;
- производить расчеты элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость;
- собирать конструкции из деталей по чертежам и схемам;
- читать кинематические схемы.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен **знать**:

- виды движений и преобразующие движение механизмы;
- виды износа и деформаций деталей и узлов;
- виды передач, их устройство, назначение, преимущества и недостатки, условные обозначения на схемах;
- кинематику механизмов, соединения деталей машин, механические передачи, виды и устройство передач;
- методику расчета конструкций на прочность, жесткость и устойчивость при различных видах деформации;
- методику расчета на сжатие, срез и смятие;
- назначение и классификацию подшипников;
- характер соединения основных сборочных единиц и деталей;
- основные типы смазочных устройств;
- типы, назначение, устройство редукторов;
- трение, его виды, роль трения в технике;
- устройство и назначение инструментов и контрольно-измерительных приборов, используемых при техническом обслуживании и ремонте оборудования.

На изучение учебной дисциплины отводится 216 часов, в том числе 184 часа на самостоятельную работу. На заочной форме обучения учебная дисциплина «Техническая механика» изучается на первом и втором курсе. На первом курсе предусмотрено 14 часов аудиторных занятий, из них 4 часа отведено на выполнение практических работ.

Формой контроля на 1 курсе является дифференцированный зачет.

2. Тематический план и содержание учебной дисциплины «Техническая механика»

Наименование разделов и тем 1	Содержание учебного материала, лабораторные и практические работы, самостоятельная работа обучающихся 2	Объем часов 3	Уровень освоения 4
1 курс			
Раздел 1.	Сопротивление материалов	64/32	
Тема 1.1 Основные положения. Гипотезы и допущения	Основные требования к деталям и конструкциям и виды расчетов в сопротивлении материалов. Основные гипотезы и допущения. Классификация нагрузок и элементов конструкции. Нагрузки внешние и внутренние, метод сечений. Напряжения.	4	2
	Самостоятельная работа №1 Составление таблицы «Классификация нагрузок».	1	
Тема 1.2 Растяжение и сжатие.	Растяжение и сжатие. Построение эпюры продольных сил. Напряжения при растяжении и сжатии. Продольные и поперечные деформации. Закон Гука. Механические испытания. Механические характеристики. Виды диаграмм растяжения. Предельные и допустимые напряжения. Расчеты на прочность при растяжении и сжатии.	6	2
	Практическая работа № 1 Построение эпюр продольных сил и нормальных напряжений при растяжении (сжатии).	2	2
	Самостоятельная работа №2 Работа с конспектом лекции.	1	
	Самостоятельная работа №3 Подготовка ответов на контрольные вопросы.	1	
	Самостоятельная работа №4 Оформление практической работы №1.	2	
Тема 1.3 Практические расчеты на срез и смятие.	Сдвиг (срез). Смятие. Основные предпосылки расчетов и расчетные формулы.	4	2
	Практическая работа №2 Расчет на срез и смятие заклепочных соединений.	2	2
	Самостоятельная работа №5 Подготовка ответов на контрольные вопросы.	1	
	Самостоятельная работа №6 Решение вариативных задач на тему «Практические расчеты на срез и смятие».	1	
	Самостоятельная работа №7 Оформление практической работы №2.	2	
Тема 1.4 Геометрические характеристики плоских сечений.	Статический момент площади сечения. Центробежный момент инерции. Осевые моменты инерции. Полярный момент инерции сечения. Моменты инерции простейших сечений. Моменты инерции относительно параллельных осей. Главные оси и главные моменты инерции.	4	2
	Самостоятельная работа №8 Работа с конспектом лекции.	1	
	Самостоятельная работа №9 Решение вариативных задач на тему «Определение главных центральных моментов инерции плоских сечений, составленных из стандартных профилей».	1	
Тема 1.5 Кручение.	Деформации при кручении. Гипотезы при кручении. Внутренние силовые факторы при кручении. Эпюры крутящих моментов. Напряжения при кручении. Напряжения в любой точке поперечного сечения. Максимальные напряжения при кручении. Виды расчетов на прочность. Расчет на жесткость. Расчеты на прочность и жесткость при кручении.	6	2
	Практическая работа № 3 Расчет на прочность и жесткость при кручении круглого бруса.	2	2
	Самостоятельная работа №10 Подготовка ответов на контрольные вопросы.	1	
	Самостоятельная работа №11 Решение вариативных задач на тему «Расчет на прочность и жесткость при кручении круглого бруса».	2	
	Самостоятельная работа №12 Оформление практической работы №3.	2	

Тема 1.6 Изгиб.	Основные определения. Внутренние силовые факторы при изгибе. Принятые в машиностроении знаки поперечных сил и изгибающих моментов. Дифференциальные зависимости при прямом поперечном изгибе. Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов. Основные правила построения эпюр. Основные правила построения эпюр в случае приложения распределительной нагрузки. Контроль правильности решений. Деформации при чистом изгибе. Формула для расчета нормальных напряжений при изгибе. Рациональные сечения при изгибе. Расчет на прочность при изгибе. Поперечный изгиб. Внутренние силовые факторы. Напряжения. Понятия о линейных и угловых перемещениях при изгибе.	12	2
	Практическая работа №4 Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов. Расчет на прочность при изгибе.	4	2
	Самостоятельная работа №13 Работа с конспектом лекций	2	
	Самостоятельная работа №14 Решение вариативных задач на тему «Расчет на прочность при изгибе».	2	
	Самостоятельная работа №15 Подготовка ответов на контрольные вопросы.	2	
	Самостоятельная работа №16 Оформление практической работы №4	2	
Тема 1.7 Сочетание основных деформаций.	Напряженное состояние в точке. Понятие о сложном деформированном состоянии. Расчет круглого бруса на изгиб с кручением. Формулы для расчета эквивалентных напряжений. Особенность расчета валов.	4	2
	Практическая работа №5 Расчет круглого бруса при совместном действии изгиба и кручения	2	2
	Самостоятельная работа №17 Решение вариативных задач на тему «Расчет круглого бруса при совместном действии изгиба и кручения».	1	
	Самостоятельная работа №18 Оформление практической работы №5.	2	
Тема 1.8 Устойчивость сжатых стержней.	Понятие об устойчивом и неустойчивом равновесии. Расчет на устойчивость. Способы определения критической силы. Расчет по формуле Эйлера. Критические напряжения. Пределы применимости формулы Эйлера. Расчет критического напряжения по формуле Ф.О.Ясинского для стальных стержней. Порядок выполнения расчета на устойчивость.	6	2
	Практическая работа №6 Расчет на устойчивость сжатых стержней.	2	2
	Самостоятельная работа №19 Подготовка ответов на контрольные вопросы.	1	
	Самостоятельная работа №20 Решение вариативных задач на тему «Расчет критического напряжения по формуле Ф.О.Ясинского для стальных стержней».	2	
	Самостоятельная работа №21 Оформление практической работы №6	1	
Тема 1.9 Сопrotивление усталости.	Основные понятия. Факторы, влияющие на сопротивление усталости. Основы расчета на прочность при переменных напряжениях	4	2
	Самостоятельная работа №22 Работа с конспектом лекций	1	
2 курс			
Раздел 2	Теория механизмов и машин	80/40	
Тема 2.1 Общие сведения о некоторых механизмах.	Виды механизмов. Структура механизмов. Основные понятия и определения: машина, механизм, звено. кинематическая пара, кинематическая цепь.	2	2
	Классификация машин и механизмов. Самостоятельная работа №23 Работа с конспектом лекций.	1	
Тема 2.2 Виды движений и преобразующие движения	Простейшие движения твердого тела. Поступательное движение. Вращательное движение. Частные случаи вращательного движения. Скорости и ускорения точек вращающегося тела. Преобразующие движения механизмы. Сложное движение твердого тела. Плоскопараллельное движение твердого тела. Метод разложения сложного движения на поступательное и вращательное. Метод определения мгновенного центра скоростей. Кривошипный механизм	4	

механизмы	Самостоятельная работа №24 Работа с конспектом лекции	2	
Тема 2.3 Трение	Понятие о трении. Виды трения. Роль трения в технике.	2	2
	Самостоятельная работа №25 Работа с конспектом лекций	1	
Радел 3.	Детали машин		
Тема 3.1 Основные положения.	Цели и задачи раздела. Механизм. Машина. Классификация машин. Детали и сборочная единица. Требования, предъявляемые к машинам, деталям и сборочным единицам. Критерии работоспособности и расчета деталей машин. Понятие о системе автоматизированного проектирования.	2	2
	Самостоятельная работа №26 Составление таблицы «Классификация машин»	1	
Тема 3.2 Общие сведения о передачах.	Назначение механических передач и их классификация. Передаточное отношение и передаточное число. Основные кинематические и силовые соотношения в передачах. Расчет многоступенчатого привода.	4	2
	Практическая работа №7 Кинематический и силовой расчет многоступенчатого привода	4	2
	Самостоятельная работа №27 Решение вариативных задач на тему «Кинематический и силовой расчет многоступенчатого привода».	2	
	Самостоятельная работа №28 Оформление практической работы №7	2	
Тема 3.3 Фрикционные передачи и вариаторы.	Принцип работы фрикционных передач с нерегулируемым передаточным числом. Достоинства и недостатки, область применения. Цилиндрическая фрикционная передача. Виды разрушений и критерии работоспособности. Передача с бесступенчатым регулированием передаточного числа – вариаторы. Кинематические схемы вариаторов. Область применения. Определение диапазона регулирования.	2	2
	Самостоятельная работа №29 Составление таблицы «Достоинства и недостатки фрикционных передач»	1	
Тема 3.4 Зубчатые передачи.	Общие сведения о зубчатых передачах. Характеристики, классификации и область применения зубчатых передач. Основы теории зубчатого зацепления. Зацепление двух эвольвентных колес, основные элементы и характеристики зацепления. Зацепление шестерни с рейкой. Прямозубые цилиндрические передачи. Геометрические соотношения. Силы, действующие в зацеплении. Расчет на контактную прочность и изгиб. Косозубые цилиндрические передачи. Шевронные зубчатые передачи. Особенности геометрии и расчета на прочность. Конические зубчатые передачи. Основные геометрические соотношения. Силы, действующие в зацеплении. Расчет конических передач. Передачи с зацеплением Новикова. Планетарные зубчатые передачи. Принцип работы и устройство.	6	3
	Практическая работа №8 Проектный расчет цилиндрической зубчатой передачи. Ее геометрический, кинематический и силовой расчеты.	4	2
	Самостоятельная работа №30 Работа с конспектом лекции.	1	
	Самостоятельная работа №31 Решение вариативных задач на тему «Расчет на контактную прочность и изгиб».	2	
	Самостоятельная работа №32 Оформление практической работы №8.	2	
Тема 3.5 Передача винт – гайка.	Винтовая передача. Принцип работы, устройство, сравнительная оценка и область применения. Передачи с трением скольжения и трением качения, их сравнительная оценка. КПД передачи. Виды разрушения и критерии работоспособности. Материалы винтовой пары. Проектный и проверочный расчеты передачи с трением скольжения.	4	2
	Самостоятельная работа №33 Подготовка к текущему контролю.	2	

Тема 3.6 Червячная передача.	Общие сведения о червячных передачах: принцип работы, устройство, сравнительная оценка и область применения. Классификация. Геометрические соотношения, передаточное число., КПД. Силы, действующие в зацеплении. Виды разрушений зубьев червячных колес и основные критерии работоспособности передачи. Материалы звеньев червячной пары. Допускаемые напряжения. Расчет зубьев колес на контактную прочность и изгиб. Тепловой расчет червячной передачи.	4	2
	Практическая работа №9 Проектный расчет червячной передачи. Ее геометрический, кинематический и силовой расчеты.	2	2
	Самостоятельная работа №34 Составление таблицы «Виды разрушений зубьев червячных колес»	1	
	Самостоятельная работа №35 Подготовка к текущему контролю.	1	
	Самостоятельная работа №36 Оформление практической работы №9	1	
Тема 3.7 Общие сведения о редукторах.	Общие сведения о редукторах. Назначение, устройство, классификация. Конструкции одно- и двухступенчатых редукторов. Мотор- редукторы. Основные параметры редукторов. Основные типы смазочных устройств.	2	2
	Самостоятельная работа №37 Составление таблицы «Классификация редукторов».	1	
Тема 3.8 Ременные передачи.	Общие сведения о ременных передачах: принцип действия, устройство, сравнительная оценка, область применения. Классификация. Детали ременных передач. Основные геометрические соотношения. Силы и напряжения в ветвях ремня. Скольжение ремня на шкивах. Передаточное число. Виды разрушений и критерии работоспособности передачи. Расчет передач по тяговой способности.	4	3
	Практическая работа №10 Проектный расчет ременной передачи. Ее геометрический, кинематический и силовой расчеты.	2	2
	Самостоятельная работа №38 Решение вариативных задач на тему «Кинематический, геометрический и силовой расчет ременных передач».	1	
	Самостоятельная работа №39 Оформление практической работы №10.	1	
Тема 3.9 Цепные передачи.	Общие сведения о цепных передачах: принцип действия, устройство, сравнительная оценка, область применения. Классификация. Детали цепных передач. Основные геометрические соотношения. Передаточное число. Силы, действующие в цепной передаче. Виды разрушений и критерии работоспособности передачи. Проверочный и проектный расчеты цепных передач.	4	2
	Самостоятельная работа №40 Решение вариативных задач на тему «Подбор и проверочный расчет приводных роликовых цепей».	1	
Тема 3.10 Валы и оси.	Валы и оси, их назначение и классификация. Элементы конструкций. Материалы валов и осей. Выбор расчетных схем. Проектировочный и проверочный расчеты валов	2	2
	Практическая работа №11 Проектный расчет и конструирование валов.	2	2
	Самостоятельная работа №41 Решение вариативных задач на тему «Уточненный расчет валов по коэффициенту запаса прочности».	1	
	Самостоятельная работа №42 Оформление практической работы №11	1	
Тема 3.11 Опоры валов и осей.	Подшипники скольжения: принцип действия, устройство, сравнительная оценка, область применения. Материалы и смазка. Виды разрушения и критерии работоспособности. Расчеты на износостойкость и теплостойкость. Подшипники качения: принцип действия, устройство, сравнительная оценка. Классификация. Условное обозначение подшипников качения. Особенности работы и причины выхода из строя. Подбор подшипников по динамической грузоподъемности. Расчет на долговечность. Смазка и уплотнение. Краткие сведения о конструировании опор валов.	2	2

	Лабораторная работа № 1 Изучение конструкции подшипников качения и скольжения.	2	2
	Практическая работа № 12 Подбор подшипников качения для валов и осей. Проверка подшипников на долговечность.	2	2
	Самостоятельная работа №43 Решение вариативных задач на тему «Расчет подшипников скольжения на износостойкость и теплостойкость».	1	
	Самостоятельная работа №44 Оформление лабораторной работы №1.	1	
	Самостоятельная работа №45 Оформление практической работы №12.	1	
Тема 3.12 Муфты.	Назначение и классификация муфт. Устройство и принцип действия основных типов муфт. Подбор стандартных и нормализованных муфт.	2	2
	Самостоятельная работа №46 Решение вариативных задач на тему «Подбор соединительных муфт по заданному моменту и диаметру вала».	1	
Тема 3.13 Неразъемные соединения деталей.	Общие требования к неразъемным соединениям. Клепаные, сварные, паяные и клеевые соединения. Допускаемые напряжения. Расчет соединений.	2	2
	Общие сведения о соединениях с натягом. Расчет соединений и выбор стандартной посадки.		
	Практическая работа №13 Расчет соединений с натягом. Выбор стандартной посадки.	2	2
	Самостоятельная работа №47 Решение вариативных задач на тему «Проверочный расчет сварных соединений».	1	
	Самостоятельная работа №48 Оформление практической работы №13.	1	
Тема 3.14 Разъемные соединения.	Резьбовые соединения. Классификация резьбы и основные геометрические параметры резьбы. Основные типы резьбы, их сравнительная характеристика и область применения. Расчет на прочность.	2	2
	Шпоночные и шлицевые соединения. Классификация, сравнительная характеристика. Расчет соединений.		
	Практическая работа №14 Расчет на прочность одиночного болта при постоянной нагрузке.	2	2
	Самостоятельная работа №49 Решение вариативных задач «Подбор шпонок и шлицевых соединений и их проверочный расчет»	1	
	Самостоятельная работа №50 Оформление практической работы №14.	1	
Тема 3.15 Сборка зубчатых передач.	Сборка валов, осей и муфт. Сборка подшипников качения и скольжения. Применение уплотнительных устройств подшипников. Сборка редуктора цилиндрического с косозубыми колесами. Основные типы смазочных устройств.	2	2
	Лабораторная работа №2 Сборка и разборка зубчатых передач.	4	2
	Самостоятельная работа №51 Работа с конспектом лекций.	1	
	Самостоятельная работа №52 Оформление лабораторной работы №2.	1	
Тема 3.16 Инструмент и контрольно- измерительные приборы, применяемые при техническом обслуживании и ремонте оборудования	Устройство и назначение инструментов и контрольно-измерительных приборов, используемых при техническом обслуживании и ремонте оборудования.	2	2
	Самостоятельная работа №53 Подготовка к экзамену.	4	
	ВСЕГО	216	

Требования к выполнению и оформлению контрольной работы

Методические указания и контрольные задания для обучающихся заочной формы обучения по учебной дисциплине «Техническая механика» составлены на основании рабочей программы по учебной дисциплине «Техническая механика» и предназначены для обучающихся специальности 21.02.01 Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

При выполнении контрольной работы следует обратить внимание на следующие требования:

1. К выполнению контрольной работы необходимо приступить после изучения материала, указанного в тематическом плане.
2. Контрольная работа должна быть правильно оформлена: на обложке тетради указывается название дисциплины, специальность, вариант, ФИО обучающегося и преподавателя.
3. В тетради нужно оставить поля шириной 2-3 см, в конце 1-2 страницы для рецензии.
4. Контрольная работа должна быть написана грамотно (без стилистических и грамматических ошибок), не должно быть ошибок по существу предмета.
5. В начале работы указывается номер варианта, затем вопрос и ответ на поставленный вопрос. При необходимости записи сопровождаются схемами, рисунками, таблицами. Записи выполняются четко и разборчиво.
6. Решаемая задача должна иметь логическое заключение. При необходимости сделать выводы по решаемой задаче.
7. В конце контрольной работы указывается перечень литературы, которой студент пользовался при выполнении контрольной работы (фамилия автора, название книги и год издания).
8. При возврате контрольной работы обучающийся должен внимательно прочитать рецензию преподавателя, выполнить все его рекомендации и советы. Исправления необходимо выполнить в той же тетради и сдать контрольную работу повторно.
9. Контрольная работа должна быть предоставлена в учебную часть в срок, указанный в учебном графике.
10. Выполненная контрольная работа оценивается оценкой «зачтено» или «не зачтено». Контрольная работа, выполненная небрежно или не по своему варианту, возвращается обучающемуся без проверки.
11. Обучающиеся, не выполнившие контрольную работу, к зачету не допускаются.
12. Контрольная работа предусматривает 30 вариантов. Вариант контрольной работы должен соответствовать номеру списка в журнале.
13. Контрольная работа предусматривает решение 4 задач.
14. При решении задачи, условие задачи и решение оформляется в соответствии с методическими указаниями, приведенными в контрольной работе.
15. По всем вопросам, которые возникают в процессе изучения материала и выполнения контрольной работы, следует обратиться к преподавателю данной дисциплины за консультацией.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1

Задание 1. Для ступенчатого бруса (рис. 1) требуется:

- 1) построить эпюры продольных сил и нормальных напряжений;
- 2) определить полное удлинение стержня, если $E = 2 \cdot 10^5$ МПа;
- 3) проверить прочность стержня, если $[\sigma] = 160$ МПа.

Данные своего варианта взять из таблицы 1.

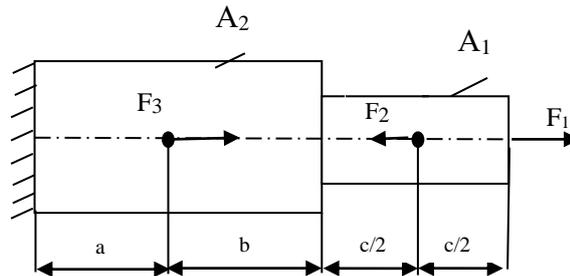


Рисунок 1. Схема нагружения бруса

Методические указания

1. Изобразить расчетную схему в соответствии с условием задачи.
2. Выписать исходные данные из таблицы.
3. Разделить брус на участки, границы которых определяются сечениями, где приложены внешние нагрузки (для построения эпюры продольных сил) и меняется площадь поперечного сечения (для эпюры напряжений). Пронумеровать участки.
4. Определить внутренние силовые факторы на каждом участке, для чего применить метод сечения и правило знаков.

5. Построить эпюру N .

6. Определить напряжение на каждом участке по формуле

$$\sigma = N/A, \quad (1.1)$$

где N – продольная сила, Н;

A – площадь поперечного сечения, мм²;

σ – нормальное напряжение, МПа.

7. Построить эпюру нормальных напряжений по длине бруса.

8. Определить деформацию на каждом участке бруса и его полную абсолютную деформацию по формулам

$$\Delta l = \frac{Nl}{EA} = \frac{\sigma l}{E}, \quad (1.2)$$

где Δl – абсолютное удлинение бруса, мм;

E – модуль упругости, МПа;

l – начальная длина бруса, мм.

$$\Delta l = \Delta l_1 + \Delta l_2 + \Delta l_3 + \Delta l_4 \quad (1.3)$$

9. Проверить прочность бруса через условие прочности $\sigma \leq [\sigma]$.

Примечание:

- вычисленные значения продольных сил N и напряжений σ необходимо округлить в дальнейших расчетах до целых чисел согласно правилам округления;
- вычисленные значения деформаций необходимо округлить до тысячных ($0,15868 \approx 0,159$);
- точка приложения силы P_2 делит отрезок «с» пополам;
- $1 \text{ кН} = 10^3 \text{ Н}$, $1 \text{ см}^2 = 10^2 \text{ мм}^2$ ($2 \text{ см}^2 = 2 \cdot 10^2 \text{ мм}^2$), $1 \text{ МПа} = 1 \text{ Н/мм}^2$, $1 \text{ м} = 10^3 \text{ мм}$.

Таблица 1. Исходные данные для решения задания по вариантам

Вариант			F ₁ , кН	F ₂ , кН	F ₃ , кН	A ₁ , см ²	A ₂ , см ²	a, м	b, м	c, м
1	16	31	10	40	15	2	7	0,1	0,2	0,4
2	17	32	15	12	20	3	8	0,2	0,3	0,5
3	18	33	20	14	25	4	9	0,3	0,4	0,6
4	19	34	25	15	30	5	10	0,4	0,5	0,8
5	20	35	30	22	35	6	11	0,5	0,6	0,9
6	21	36	35	24	40	7	12	0,6	0,8	0,2
7	22	37	40	26	14	8	13	0,7	0,9	0,1
8	23	38	12	45	15	9	14	0,8	0,2	0,1
9	24	39	14	42	22	10	2	0,9	0,1	0,2
10	25	40	15	10	24	11	18	0,2	0,2	0,3
11	26	41	22	15	26	12	16	0,1	0,3	0,4
12	27	42	24	20	45	13	14	0,2	0,4	0,5
13	28	43	26	25	42	14	12	0,3	0,1	0,6
14	29	44	28	30	10	2	8	0,4	0,2	0,7
15	30	45	8	12	22	4	9	0,5	0,3	0,8

Контрольные вопросы:

1. Какие силы называют внешними и внутренними?
2. В чём заключается метод сечений?
3. Что такое напряжение?
4. Назовите внутренние силовые факторы при растяжении (сжатии).
5. От чего зависят продольные силы?
6. Дайте определение продольной и поперечной деформации.
7. Что характеризует модуль упругости?
8. Что такое коэффициент запаса прочности?

Литература: ОИИ стр. 162-196.

Задание 2. Определить необходимое количество заклепок для передачи внешней нагрузки F . Заклепки расположить в два ряда. Определить размеры соединяемых листов. Данные своего варианта взять из таблицы 2.

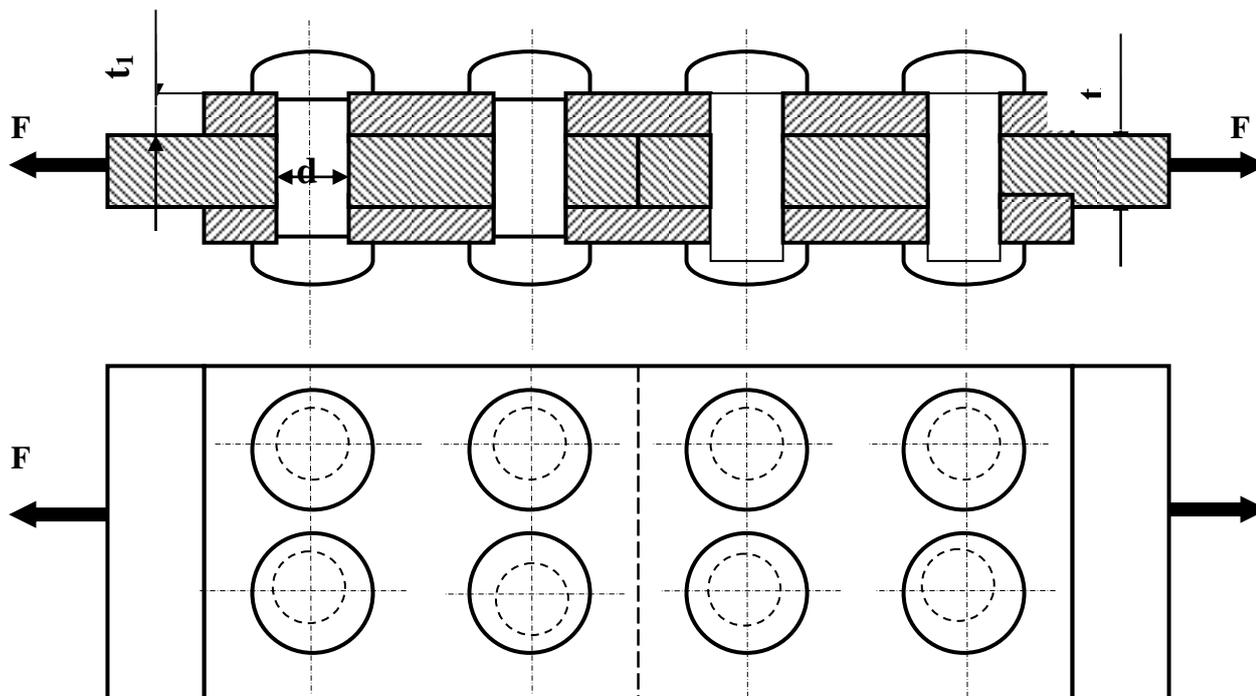


Рисунок 2. Заклепочное соединение

Методические указания

1. По условию прочности на срез количество заклёпок i должно быть:

$$i \geq F / (k \cdot A_{\text{ср}} \cdot [\tau_{\text{ср}}]), \quad (2.1)$$

где $k=2$, так как заклёпки двухсрезные,

F – внешняя сила, Н;

$A_{\text{ср}}$ – площади среза, мм²;

$[\tau_{\text{ср}}]$ – допускаемое напряжение среза, МПа.

$$A_{\text{ср}} = \pi d^2 / 4 \quad (2.2)$$

2. По условию прочности на смятие количество заклёпок должно быть:

$$i \geq F / (A_{\text{см}} \cdot [\sigma_{\text{см}}]), \quad (2.3)$$

где $A_{\text{см}}$ – площадь смятия, мм²;

$[\sigma_{\text{см}}]$ – допускаемое напряжение смятия, МПа.

$$\text{при } t < 2t_1 \quad A_{\text{см}} = t \cdot d \quad (2.4)$$

$$\text{при } t > 2t_1 \quad A_{\text{см}} = 2t_1 \cdot d, \quad (2.5)$$

где t, t_1 – толщина соединяемых листов, мм.

3. Для размещения заклёпок в плане надо определить необходимую ширину листов.

Из условия прочности на растяжение рабочая площадь сечения листа A должна быть $A \geq F / [\sigma_p]$

$$\text{Рабочая ширина листа } b = A / t \quad (2.6)$$

$$\text{Полная ширина листа } B = b + m \cdot d, \quad (2.7)$$

где m – число заклёпок в поперечном сечении.

При ширине $B \geq 120$ мм число заклёпок в поперечном ряду должно быть не менее двух.

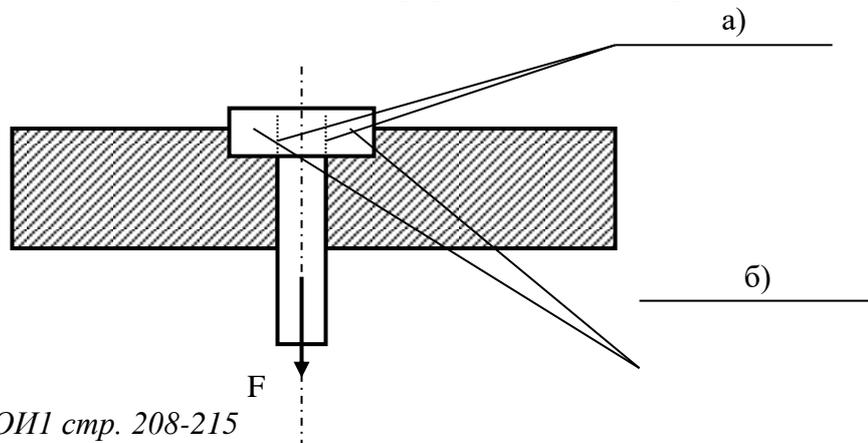
4. Приняв шаг $a = 3d$ и расстояние от осей заклёпочных отверстий до краёв листов и накладок по $c = 2,5d$, размещаем заклепки как показано на рис.2.

Таблица 2. Исходные данные для решения задания по вариантам

Варианты			t, мм	t ₁ , мм	d, мм	F, кН	[τ _{ср}], МПа	[σ _{см}], МПа	[σ _р], МПа
1	11	21	5	2	10	150	100	240	160
2	12	22	6	3	12	155	100	280	160
3	13	23	7	4	14	160	100	240	160
4	14	24	8	5	16	165	100	280	160
5	15	25	9	6	18	170	100	240	160
6	16	26	10	7	20	175	100	280	160
7	17	27	5	2	10	180	140	280	160
8	18	28	6	3	12	185	140	320	160
9	19	29	7	4	14	190	140	280	160
10	20	30	8	5	16	195	140	320	160

Контрольные вопросы

1. Какие напряжения возникают при сдвиге (срезе) и смятии?
2. Укажите единицы измерения напряжений сдвига (среза) и смятия.
3. Выберите правильный вариант ответа.
Закон Гука при сдвиге (срезе) устанавливает зависимость между:
 - а) напряжением и силой
 - б) напряжением и площадью
 - в) напряжением и деформацией
 - г) напряжением и массой
4. Запишите условия прочности на срез и смятие.
5. Какая часть детали испытывает деформацию сдвига (среза), смятия?



Литература: ОИИ стр. 208-215

Задание 3. Для стального вала круглого поперечного сечения определить значения внешних моментов, соответствующих передаваемым мощностям, и уравновешенный момент. Данные для своего варианта необходимо взять из таблицы 3.

1. Построить эпюру крутящих моментов по длине вала.
2. Рациональным расположением шкивов на валу добиться уменьшения значения максимального крутящего момента на валу.
3. Построить эпюру крутящих моментов для этого случая.
4. Дальнейшие расчеты вести для вала с рациональным расположением шкивов.
5. Определить диаметры вала по сечениям из расчетов на прочность и жесткость. Полученный больший результат округлить до ближайшего четного или оканчивающегося на 5 числа.
6. При расчете использовать следующие данные: вал вращается с угловой скоростью 25 рад/с; материал вала — сталь, допускаемое напряжение кручения 30 МПа, модуль упругости при сдвиге $8 \cdot 10^4$ МПа; допускаемый угол закручивания $[\varphi_0] = 0,02$ рад/м.
7. Провести расчет для вала кольцевого сечения, приняв $c = 0,9$. Сделать выводы о целесообразности выполнения вала круглого или кольцевого сечения, сравнив площади поперечных сечений.

Методические указания

1. Определить численные значения внешних скручивающих моментов на каждом участке:

$$M = \frac{P}{\omega} \quad (3.1)$$

Из условия равновесия вала определить уравновешивающий момент M_0 : $\sum M = 0$ (3.2)

2. Разбить вал на 3 участка. С помощью метода сечений определить крутящие моменты на каждом участке.

Эпюру крутящих моментов по длине вала построить в масштабе: $\mu_M = 20$ Н·м/мм.

3. Определить требуемые полярные моменты сопротивления:

$$W_p \geq \frac{M_k}{[\tau]} \quad (3.3)$$

Определить диаметры вала из расчета на прочность:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot W_p}{\pi}} \quad (3.4)$$

4. Определить требуемые полярные моменты инерции:

$$J_p \geq \frac{M_k}{G[\varphi_0]} \quad (3.5)$$

5. Определить диаметры вала из расчета на жесткость:

$$d \geq \sqrt[4]{\frac{32 \cdot J_p}{\pi}} \quad (3.6)$$

6. Округлить диаметры вала до ближайшего четного или оканчивающегося на 5 числа.

7. Определить площади валов для случаев круглого и кольцевого сечений в наиболее нагруженном сечении (по максимальному крутящему моменту на эпюре моментов).

$$\text{Для круглого сечения - } A_1 = \frac{\pi d^2}{4} \quad (3.7)$$

$$\text{Для кольцевого сечения - } A_2 = \frac{\pi d^2}{4} (1 - c^4) \quad (3.8)$$

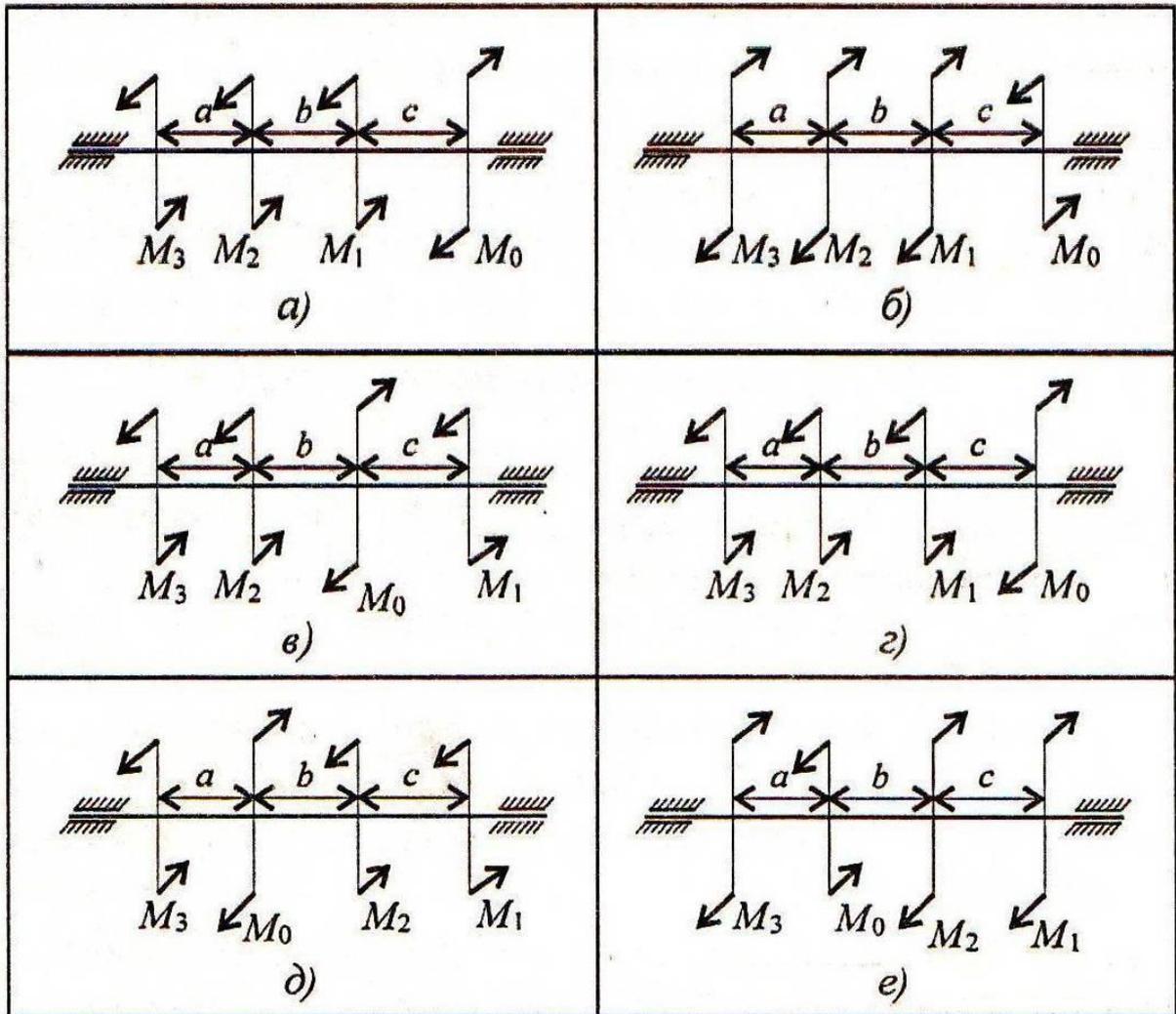
Диаметр для кольцевого сечения в наиболее нагруженном сечении определить из условия прочности: $d \geq \sqrt[3]{\frac{M_k}{0,2(1-c^4)[\tau_k]}}$ (3.9)

8. Сравнить площади поперечного сечения и сделать вывод о целесообразности выполнения вала круглого или кольцевого сечения.

Таблица 3. Исходные данные для решения задания по вариантам

Вариант	Схема нагрузки	Параметр			
		$a = b = c, \text{ м}$	$P_1, \text{ кВт}$	$P_2, \text{ кВт}$	$P_3, \text{ кВт}$
1	а	1,1	2,1	2,6	3,1
2	б	1,2	2,2	2,7	3,2
3	в	1,3	2,3	2,8	3,3
4	г	1,4	2,4	2,9	3,4
5	д	1,5	2,5	3,0	3,5
6	е	1,6	2,6	3,1	3,6
7	а	1,7	2,7	3,2	3,7
8	б	1,8	2,8	3,3	3,8
9	в	1,9	2,9	3,4	3,9
10	г	2,0	3,0	3,5	4,0
11	д	2,1	3,1	3,6	4,1
12	е	2,2	3,2	3,7	4,2
13	а	2,3	3,3	3,8	4,3
14	б	2,4	3,4	3,9	4,4
15	в	2,5	3,5	4,0	4,5
16	г	2,6	3,6	4,1	4,6
17	д	2,7	3,7	4,2	4,7
18	е	2,8	3,8	4,3	4,8
19	а	2,9	3,9	4,4	4,9
20	б	3,0	4,0	4,5	5,0
21	в	3,1	4,1	4,6	5,1
22	г	3,2	4,2	4,7	5,2
23	д	3,3	4,3	4,8	5,3
24	е	3,4	4,4	4,9	5,4
25	а	3,5	4,5	5,0	5,5
26	б	3,6	4,6	5,1	5,6
27	в	3,7	4,7	5,2	5,7
28	г	3,8	4,8	5,3	5,8
29	д	3,9	4,9	5,4	5,9
30	е	4,0	5,0	5,5	6,0

СХЕМЫ НАГРУЖЕНИЯ



Контрольные вопросы:

1. Что такое кручение?
2. Назовите внутренние силовые факторы при кручении.
3. Какие напряжения возникают в сечении при кручении бруса? Как они распределяются?
4. Назовите виды расчётов на прочность.

Литература: ОИИ Стр. 216-231

Задание 4. Подобрать сечение центрально-сжатой стойки по данным одного из вариантов. Материал стойки для нечетных вариантов — сталь С-245, для четных вариантов — сталь С-345. Схему нагружения выбрать в соответствии со своим вариантом.

Методические указания

1. Выбрать величину коэффициента продольного изгиба φ . В первом приближении его можно принять равным 0,6...0,8.

2. Определить требуемую площадь сечения стойки

$$A_{\text{тр}} = \frac{F}{\varphi R} \quad (4.1)$$

где F – центрально-сжимающая сила;

$R = 240$ МПа – расчетное сопротивление стали С-245;

$R = 335$ МПа – расчетное сопротивление стали С-345.

3. По найденной площади определить номера профилей проката, из которых состоит сечение согласно стандартам (Приложение 1).

Определить общую площадь сечения A .

4.. Проверить устойчивость принятого сечения стержня в следующем порядке:

а) определить расчетную длину стержня.

$$l_0 = \mu l \quad (4.2)$$

где μ – коэффициент приведения длины, который зависит от способа закрепления концов (Приложение 2);

l – геометрическая длина стержня.

б) определить момент инерции сечения J_x и J_y относительно главных центральных осей x, y , которые совпадают с осями симметрии сечения. Моменты инерции профилей проката относительно собственных осей определяются по ГОСТам (Приложение 1).

в) определить радиусы инерции сечения

$$i_x = \sqrt{J_x / A} \quad (4.3)$$

$$i_y = \sqrt{J_y / A}$$

г) определить гибкость стержня относительно осей x и y :

$$\lambda_x = l_0 / i_x \quad (4.4)$$

$$\lambda_y = l_0 / i_y$$

д) по наибольшему значению гибкости λ и в зависимости от материала стойки определить коэффициент продольного изгиба определим коэффициент φ (Приложение 3).

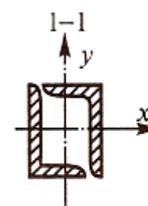
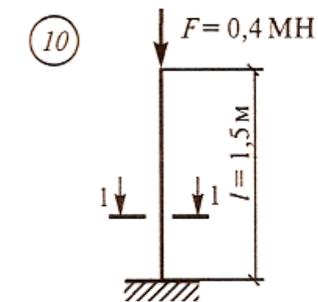
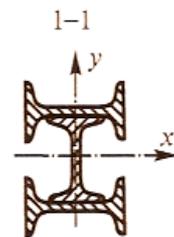
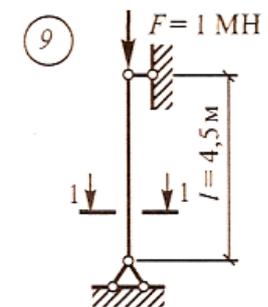
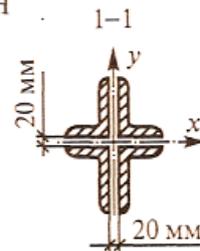
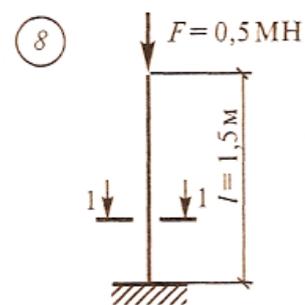
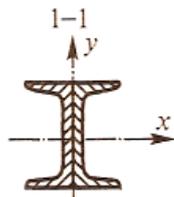
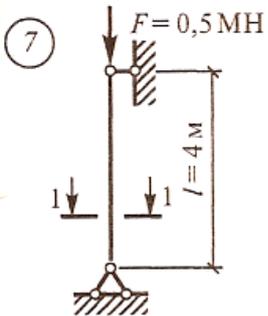
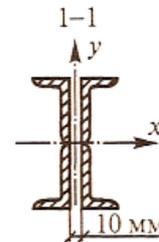
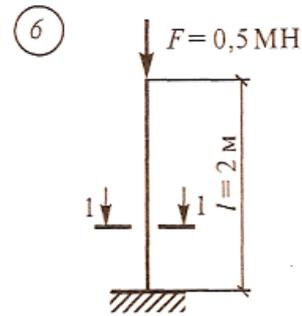
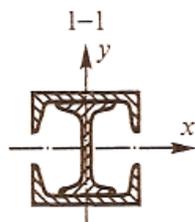
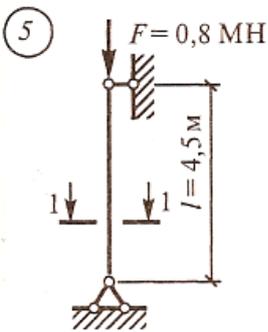
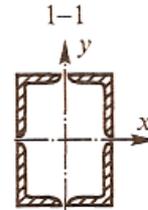
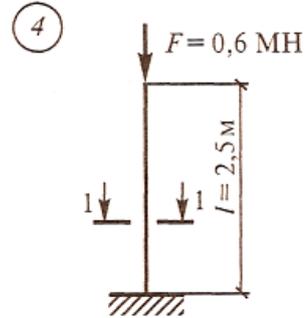
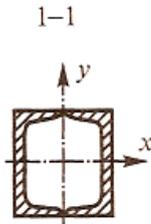
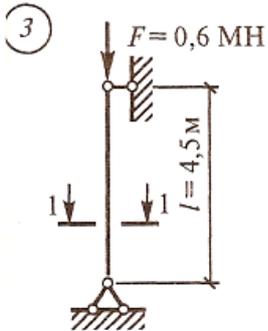
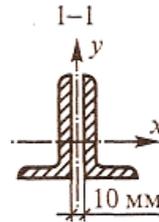
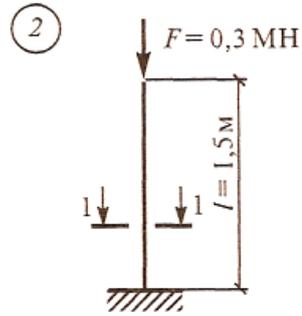
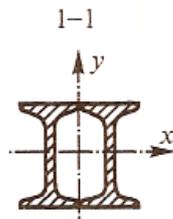
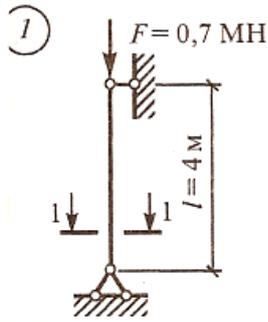
е) определить расчетное напряжение в сечении: $\frac{F}{\varphi A} \leq R$ (4.5)

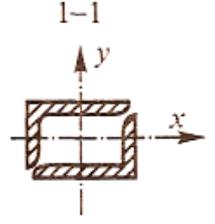
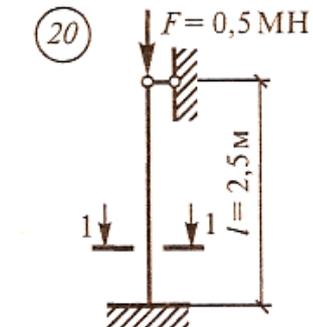
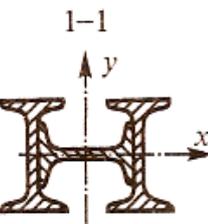
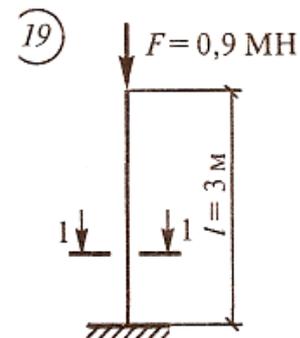
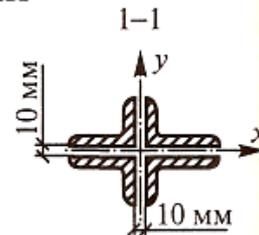
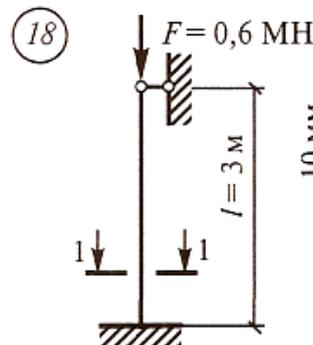
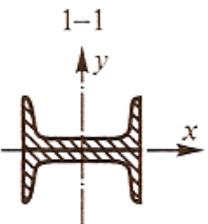
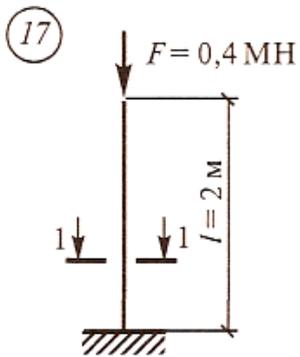
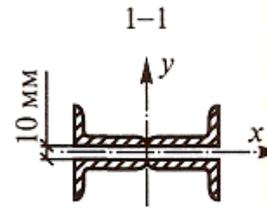
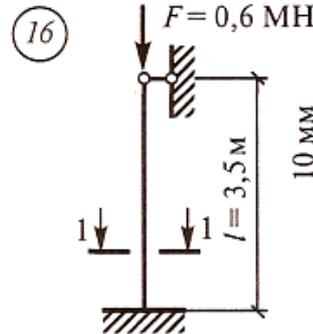
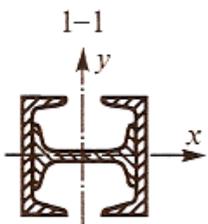
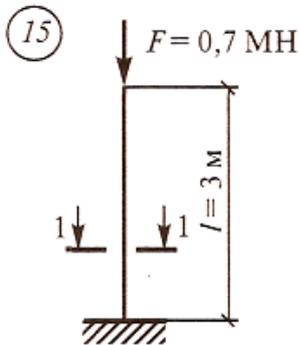
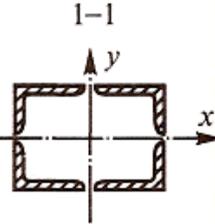
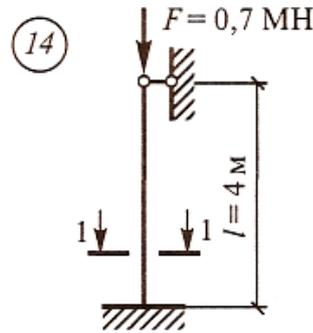
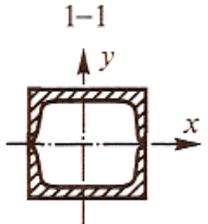
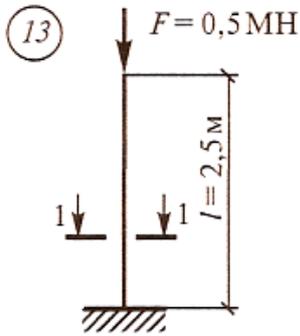
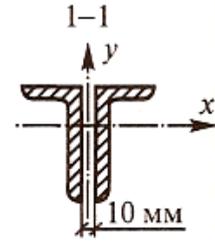
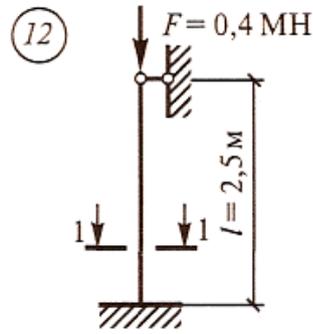
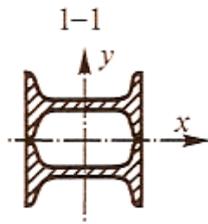
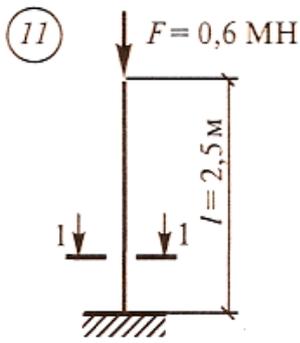
где R – расчетное сопротивление (Приложение 4).

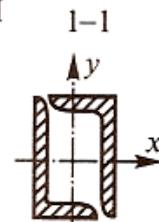
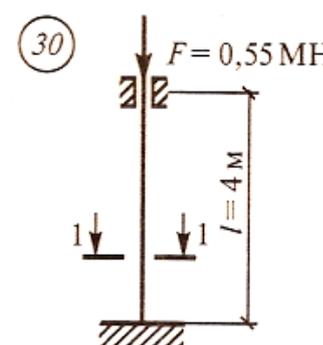
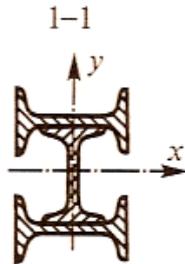
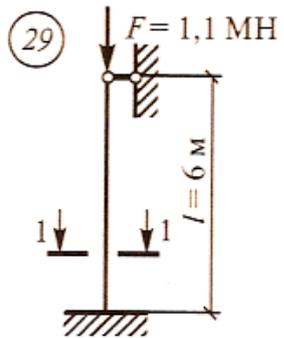
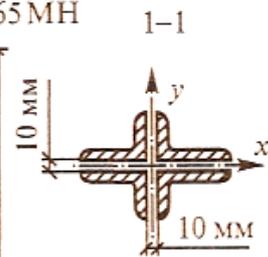
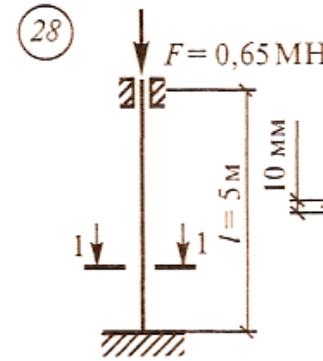
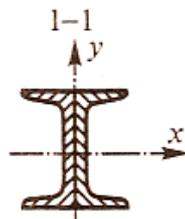
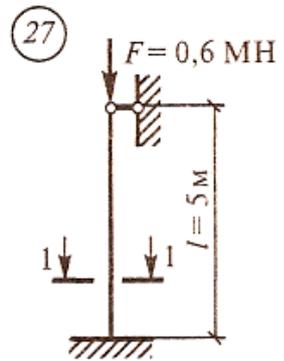
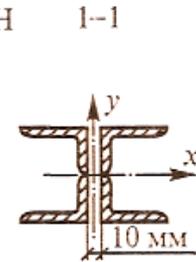
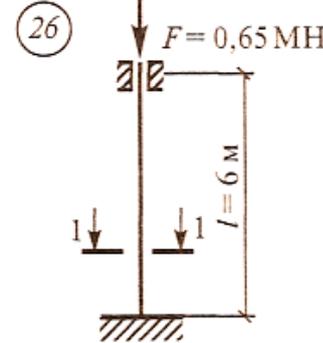
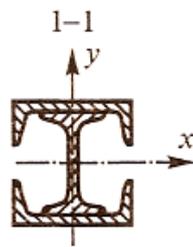
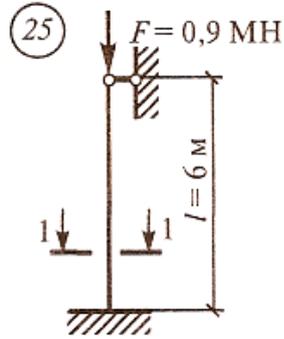
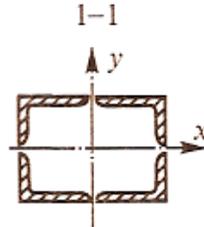
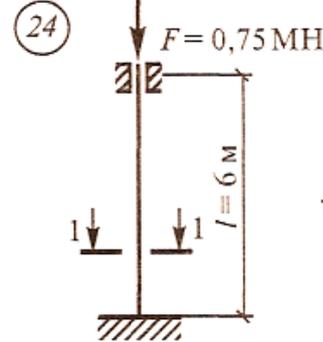
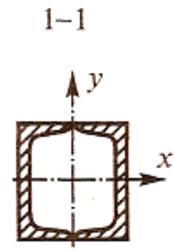
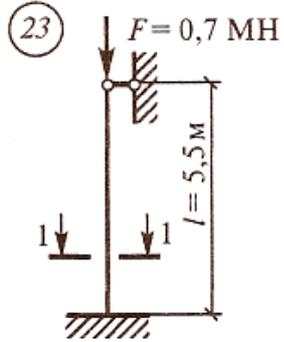
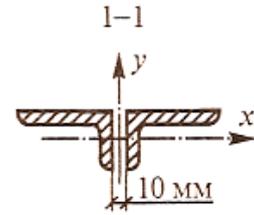
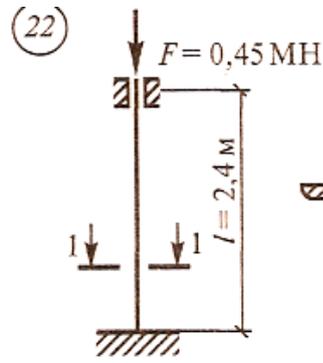
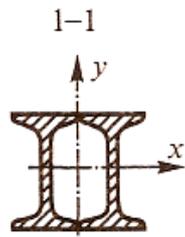
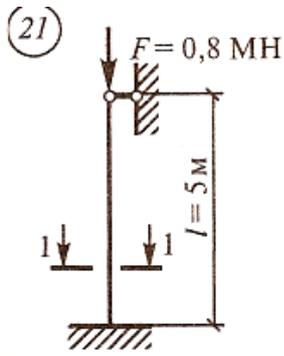
Если условие удовлетворено, то устойчивость стержня обеспечена, если не удовлетворенно – не обеспечено.

Если несущая способность стойки не обеспечена, то необходимо увеличить площадь сечения, приняв больший профиль, и проверить устойчивость стойки, добиваясь выполнения неравенства.

СХЕМЫ НАГРУЖЕНИЯ







Контрольные вопросы:

1. Какое равновесие называется устойчивым?
2. Написать формулу Эйлера для расчета критической силы и назовите входящие величины и единицы их измерения.
3. При каких условиях можно использовать формулу Эйлера для расчета критической силы?
4. Написать условие устойчивости. Чем отличается допускаемая сжимающая сила от критической?

Литература ОИИ стр. 290-300

Список используемой литературы

Основные источники

1. Куклин, Н.Г. Детали машин [Текст]: учебник / Н.Г. Куклин, Г.С. Куклина, В.К. Житков. - 9-е изд., перераб. и доп. - М.: КУРС: ИНФРА-М, 2019. - 512 с.
2. Олофинская, В.П. Техническая механика. Курс лекций с вариантами практических и тестовых заданий [Текст]: учебное пособие / В.П. Олофинская.- 3-е изд., испр.- Москва: ФОРУМ, 2019.- 352 с.

Дополнительные источники

1. Смелягин, А.И. Структура машин, механизмов и конструкций [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.И. Смелягин. - М.: ИНФРА-М, 2019. - 387 с. – Режим доступа <http://znanium.com/catalog/product/948876> (ЭБС Znanium).
2. Тимофеев, Г.А. Теория механизмов и машин. [Текст]: учебник и практикум для СПО / Г.А. Тимофеев. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Юрайт, 2016. – 429с.
3. Хруничева, Т.В. Детали машин: типовые расчеты на прочность [Электронный ресурс]: учебное пособие / Т.В. Хруничева. - М.: ИД ФОРУМ: ИНФРА-М, 2019. - 224 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/988129> (ЭБС Znanium).
4. Чернавский, С.А. Курсовое проектирование деталей машин [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.А. Чернавский, К.Н. Боков, И.М. Чернин. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: ИНФРА-М, 2019. - 414 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/982378> (ЭБС Znanium).

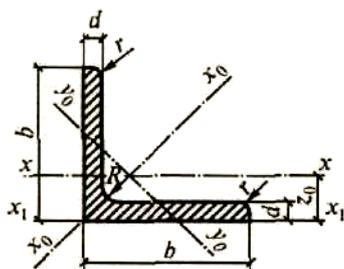
Интернет-ресурсы (И-Р)

- И-Р 1 <http://znanium.com>
И-Р 2 <http://e.lanbook.com>

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Сталь прокатная угловая равнополочная (ГОСТ 8609-86)



Обозначения;

- b — ширина полки;
- d — толщина полки;
- R — радиус внутреннего закругления;
- r — радиус закругления полки;
- J — момент инерции;
- i — радиус инерции;
- Z_0 — расстояние от центра тяжести до полки.

Таблица 1

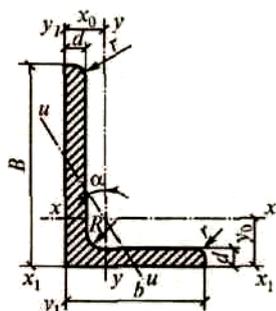
Номер профиля	Размеры, мм				Площадь сечения, см ²	Масса 1 м длины, кг	Справочные величины для осей							
	b	d	R	r			$x-x$		x_0-x_0		y_0-y_0		x_1-x_1	Z_0 , см
							J_x , см ⁴	i_x , см	J_{x0} , см ⁴	i_{x0} , см	J_{y0} , см ⁴	i_{y0} , см	J_{x1} , см ⁴	
4,5	45	3	5	1,7	2,65	2,08	5,13	1,39	8,13	1,75	2,12	0,89	9,04	1,21
		4			3,48	2,73	6,63	1,38	10,50	1,74	2,74	0,89	12,10	1,26
		5			4,29	3,37	8,03	1,37	12,70	1,72	3,33	0,88	15,30	1,30
5	50	3	5,5	1,8	2,96	2,32	7,11	1,55	11,3	1,95	2,95	1,00	12,4	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	11,20	1,53	17,8	1,92	4,63	0,98	20,9	1,42
5,6	56	4	6	2	4,38	3,44	13,10	1,73	20,8	2,18	5,41	1,11	23,3	1,52
		5			5,41	4,25	16,00	1,72	25,4	2,16	6,59	1,10	29,2	1,57
6,3	63	4	7	2,3	4,96	3,90	18,90	1,95	29,9	2,45	7,81	1,25	33,1	1,69
		5			6,13	4,81	23,10	1,94	36,6	2,44	9,52	1,25	41,5	1,74
		6			7,28	5,72	27,10	1,93	42,9	2,43	11,20	1,24	50,0	1,78
7	70	4,5	8	2,7	6,20	4,87	29,00	2,16	46,0	2,72	12,0	1,39	51,0	1,88
		5			6,86	5,38	31,90	2,16	50,7	2,72	13,2	1,39	56,7	1,90
		6			8,15	6,39	37,60	2,15	59,6	2,71	15,5	1,38	68,4	1,94
		7			9,42	7,39	43,00	2,14	68,2	2,69	17,8	1,37	80,1	1,99
		8			10,70	8,37	48,20	2,13	76,4	2,68	20,0	1,37	91,1	2,02
7,5	75	5	9	3	7,39	5,80	39,50	2,31	62,6	2,91	16,4	1,49	69,6	2,02
		6			8,78	6,89	46,60	2,30	73,9	2,90	19,3	1,48	83,9	2,06
		7			10,10	7,96	53,30	2,29	84,6	2,89	22,1	1,48	98,3	2,10
		8			11,50	9,02	59,80	2,28	94,9	2,87	24,8	1,47	113,0	2,15
		9			12,80	10,10	66,10	2,27	105,0	2,86	27,5	1,46	127,0	2,18
8	80	5,5	9	3	8,63	6,78	52,70	2,47	83,6	3,11	21,8	1,59	93,2	2,17
		6			9,38	7,36	57,00	2,47	90,4	3,11	23,5	1,58	102,0	2,19
		7			10,80	8,51	65,30	2,45	104,0	3,09	27,0	1,58	119,0	2,23
		8			12,30	9,65	73,40	2,44	116,0	3,08	30,3	1,57	137,0	2,27
9	90	6	10	3,3	10,60	8,33	82,10	2,78	130,0	3,50	34,0	1,79	145,0	2,43
		7			12,30	9,64	94,30	2,77	150,0	3,49	38,9	1,78	169,0	2,47
		8			13,90	10,90	106,00	2,76	168,0	3,48	43,8	1,77	194,0	2,51
		9			15,60	12,20	118,00	2,75	186,0	3,46	48,6	1,77	219,0	2,55
10	100	6,5	12	4	12,8	10,1	122,0	3,09	193,0	3,88	50,7	1,99	214,0	2,68
		7			13,8	10,8	131,0	3,08	207,0	3,88	54,2	1,98	231,0	2,71
		8			15,6	12,2	147,0	3,07	233,0	3,87	60,9	1,98	265,0	2,75
		10			19,2	15,1	179,0	3,05	284,0	3,84	74,1	1,96	333,0	2,83
		12			22,8	17,9	209,0	3,03	331,0	3,81	86,9	1,95	402,0	2,91
		14			26,3	20,6	237,0	3,00	375,0	3,78	99,3	1,94	472,0	2,99
		16			29,7	23,3	264,0	2,98	416,0	3,74	113,0	1,94	542,0	3,06
11	110	7	12	4	15,2	11,9	176,0	3,40	279,0	4,29	72,7	2,19	308,0	2,96
		8			17,2	13,5	198,0	3,39	315,0	4,28	81,8	2,18	353,0	3,00
12,5	125	8	14	4,6	19,7	15,5	294,0	3,87	467,0	4,87	122,0	2,49	516,0	3,36
		9			22,0	17,3	327,0	3,86	520,0	4,86	135,0	2,48	582,0	3,40
		10			24,3	19,1	360,0	3,85	571,0	4,84	149,0	2,47	649,0	3,45
		12			28,9	22,7	422,0	3,82	670,0	4,82	174,0	2,46	782,0	3,53
		14			33,4	26,2	482,0	3,80	764,0	4,78	200,0	2,45	916,0	3,61
		16			37,8	29,6	539,0	3,78	853,0	4,75	224,0	2,44	1051,0	3,68
14	140	9	14	4,6	24,7	19,4	466,0	4,34	739,0	5,47	192,0	2,79	818,0	3,78
		10			27,3	21,5	512	4,33	814,0	5,46	211,0	2,78	911,0	3,82
		12			32,5	25,5	602,0	4,31	957,0	5,43	248,0	2,76	1097,0	3,90

Продолжение таблицы 1

Номер профиля	Размеры, мм				Площадь сечения, см ²	Масса 1 м длины, кг	Справочные величины для осей							
	b	d	R	r			x-x		x ₀ -x ₀		y ₀ -y ₀		x ₁ -x ₁	Z ₀ , см
							J _x , см ⁴	i _x , см	J _{x0} , см ⁴	i _{x0} , см	J _{y0} , см ⁴	i _{y0} , см		
16	160	10	16	5,3	31,4	24,7	774,0	4,96	1229,0	6,25	319,0	3,19	1356,0	4,30
		11			34,4	27,0	844,0	4,95	1341,0	6,24	348,0	3,18	1494,0	4,35
		12			37,4	29,4	913,0	4,94	1450,0	6,23	376,0	3,17	1633,0	4,39
		14			43,3	34,0	1046,0	4,92	1662,0	6,20	431,0	3,16	1911,0	4,47
		16			49,1	38,5	1175,0	4,89	1866,0	6,17	485,0	3,14	2191,0	4,55
		18			54,8	43,0	1299,0	4,87	2061,0	6,13	537,0	3,13	2472,0	4,63
		20			60,4	47,4	1419,0	4,85	2248,0	6,10	589,0	3,12	2756,0	4,70
18	180	11	16	5,3	38,8	30,5	1216,0	5,60	1933,0	7,06	500,0	3,59	2128,0	4,85
		12			42,2	33,1	1317,0	5,59	2093,0	7,04	540,0	3,58	2324,0	4,89
20	200	12	18	6	47,1	37,0	1823,0	6,22	2896,0	7,84	749,0	3,99	3182,0	5,37
		13			50,9	39,9	1961,0	6,21	3116,0	7,83	805,0	3,98	3452,0	5,42
		14			51,6	42,8	2097,0	6,20	3333,0	7,81	861,0	3,97	3722,0	5,46
		16			62,0	48,7	2363,0	6,17	3755,0	7,78	970,0	3,96	4264,0	5,54
		20			76,5	60,1	2871,0	6,12	4560,0	7,72	1182,0	3,93	5355,0	5,70
		25			94,3	74,0	3466,0	6,06	5494,0	7,63	1438,0	3,91	6733,0	5,89
		30			111,5	87,6	4020,0	6,00	6351,0	7,55	1688,0	3,89	8130,0	6,07
22	220	14	21	7	60,4	47,4	2814,0	6,83	4470,0	8,60	1159,0	4,38	4941,0	5,93
		16			68,6	53,8	3175,0	6,81	5045,0	8,57	1306,0	4,36	5661,0	6,02
		16			78,4	61,5	4717,0	7,76	7492,0	9,78	1942,0	4,98	8286,0	6,75
		18			87,7	68,9	5247,0	7,73	8337,0	9,75	2158,0	4,96	9342,0	6,83
		20			97,0	76,1	5765,0	7,71	9160,0	9,72	2370,0	4,94	10401	6,91
25	250	22	24	8	106,1	83,3	6270,0	7,69	9961,0	9,69	2579,0	4,93	11464	7,00
		25			119,1	94,0	7006,0	7,65	11125	9,64	2887,0	4,91	13064	7,11
		28			133,1	104,5	7717,0	7,61	12244	9,58	3190,0	4,89	14674	7,23
		30			142,0	111,4	8177,0	7,59	12965	9,56	3389,0	4,89	15753	7,31

Таблица 2

Сталь прокатная угловая неравнополочная (ГОСТ 8510-86)



Обозначения:

- B — ширина большой полки;
- b — ширина малой полки;
- d — толщина полки;
- R — радиус внутреннего закругления;
- r — радиус закругления полки;
- J — момент инерции;
- i — радиус инерции;
- x₀, y₀ — расстояния от центра тяжести до наружных граней полки.

Номер профиля	Размеры, мм					Площадь сечения, см ²	Масса 1 м длины, кг	Справочные величины для осей										Тангенс угла α
	B	b	d	R	r			x-x		y-y		x ₁ -x ₁		y ₁ -y ₁		u-u		
								J _x , см ⁴	i _x , см	J _y , см ⁴	i _y , см	J _{x1} , см ⁴	y ₀ , см	J _{y1} , см ⁴	x ₀ , см	J _{umin} , см ⁴	i _{umin} , см	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
5,5/3,6	56	36	4 5	6	2	3,58 4,41	2,81 3,46	11,4 13,8	1,78 1,77	3,7 4,48	1,02 1,01	23,2 29,2	1,82 1,86	6,25 7,91	0,84 0,88	2,19 2,66	0,78 0,78	0,506 0,404
6,3/4	63	40	4	7	2,3	4,04	3,17	16,3	2,01	5,16	1,13	33,0	2,03	8,51	0,91	3,07	0,87	0,397
			5			5,98	3,91	19,9	2,00	6,26	1,12	41,4	2,08	10,80	0,95	3,73	0,86	0,396
			6			5,90	4,63	23,3	1,99	7,28	1,11	49,9	2,12	13,00	0,99	4,36	0,86	0,393
7,4/5	70	45	5	7,5	2,5	7,68	6,03	29,6	1,96	9,25	1,09	66,9	2,20	17,90	1,07	5,58	0,85	0,386
			5			6,11	4,79	34,8	2,39	12,5	1,43	69,7	2,39	20,8	1,17	7,24	1,09	0,436
			6			7,25	5,69	40,9	2,38	14,6	1,42	83,9	2,44	25,2	1,21	8,48	1,08	0,435
7,5/5	75	50	8	8	2,7	7,47	7,43	52,4	2,35	18,5	1,40	112,0	2,52	34,2	1,29	10,90	1,07	0,430
			5			6,36	4,99	41,6	2,56	12,7	1,41	84,6	2,60	20,8	1,13	7,58	1,09	0,387
8/5	80	50	6	8	2,7	7,55	5,92	49,0	2,55	14,8	1,40	102,0	2,65	25,2	1,17	8,88	1,08	0,386
			5,5			7,86	6,17	65,3	2,88	19,7	1,58	132,0	2,92	32,2	1,26	11,80	1,22	0,384

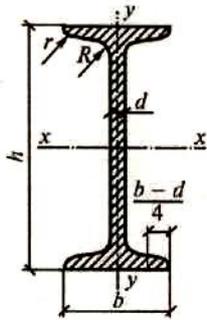
			6			8,54	6,70	70,6	2,88	21,2	1,58	145,0	2,95	35,2	1,28	12,70	1,22	0,384
			8			11,18	8,77	90,9	2,85	27,1	1,56	194,0	3,04	47,8	1,36	16,30	1,21	0,380

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
10/6,3	100	63	6	10	3,3	9,59	7,53	98,3	3,20	30,6	1,79	198,0	3,23	49,9	1,42	18,20	1,38	0,393
			7			11,10	8,70	113,0	3,19	35,0	1,78	232,0	3,28	58,7	1,46	20,80	1,37	0,392
			8			12,60	9,87	127,0	3,18	39,2	1,77	266,0	3,32	67,6	1,50	23,40	1,36	0,391
			10			15,50	12,10	154,0	3,15	47,1	1,75	333,0	3,40	85,8	1,58	28,30	1,35	0,387
11/7	110	70	6,5	10	3,3	11,40	8,98	142,0	3,53	45,6	2,00	286,0	3,55	74,3	1,58	26,90	1,53	0,402
			8			13,90	10,90	172,0	3,51	54,6	1,98	353,0	3,61	92,3	1,64	32,30	1,52	0,400
12,5/8	125	80	7	11	3,7	14,10	11,00	227,0	4,01	73,7	2,29	452,0	4,01	119,0	1,80	43,30	1,76	0,407
			8			16,00	12,50	256,0	4,00	83,0	2,28	518,0	4,05	137,0	1,84	48,80	1,75	0,406
			10			19,70	15,50	312,0	3,98	100,0	2,26	649,0	4,14	173,0	1,92	59,30	1,74	0,404
			12			23,40	18,30	365,0	3,95	117,0	2,24	781,0	4,22	210,0	2,00	69,50	1,72	0,400
14/9	140	90	8	12	4	18,00	14,10	364,0	4,49	120,0	2,58	727,0	4,49	194,0	2,03	70,30	1,98	0,401
			10			22,20	17,50	444,0	4,47	146,0	2,56	911,0	4,58	245,0	2,12	85,50	1,96	0,409
16/10	160	100	9	13	4,3	22,90	18,00	606,0	5,15	186,0	2,85	1221	5,19	300,0	2,23	110,0	2,20	0,391
			10			25,30	19,80	667,0	5,13	204,0	2,84	1359	5,23	335,0	2,28	12,0	2,19	0,390
			12			30,00	23,60	784,0	5,11	239,0	2,82	1634	5,32	405,0	2,36	142,0	2,18	0,388
			14			34,70	27,30	897,0	5,08	272,0	2,80	1910	5,40	477,0	2,43	162,0	2,16	0,385
18/11	180	110	10	14	4,7	28,30	22,20	952,0	5,80	276,0	3,12	1933	5,88	444,0	2,44	165,0	2,42	0,375
			12			33,70	26,40	1123,0	5,77	324,0	3,10	2324	5,97	537,0	2,52	194,0	2,40	0,374
20/12,5	200	125	11	14	4,7	34,90	27,40	1449,0	6,45	446,0	3,58	2920	6,50	718,0	2,79	264,0	2,75	0,392
			12			37,90	29,70	1568,0	6,43	482,0	3,57	3189	6,54	786,0	2,83	285,0	2,74	0,392
			14			43,90	34,40	1801,0	6,41	551,0	3,54	3726	6,62	922,0	2,91	327,0	2,73	0,390
			16			49,80	39,10	2026,0	6,38	617,0	3,52	4264	6,71	1061	2,99	367,0	2,72	0,388
25/16	250	160	12	18	6	48,30	37,90	3147,0	8,07	1032	4,62	6212	7,97	1634	3,53	604,0	3,54	0,410
			16			63,60	49,90	4091,0	8,02	1333	4,58	8308	8,14	2200	3,69	781,0	3,50	0,408
			18			71,10	55,80	4545,0	7,99	1450	4,56	9358	8,23	2487	3,77	866,0	3,49	0,407
			20			78,50	61,70	4987,0	7,97	1613	4,53	10410	8,31	2776	3,85	949,0	3,48	0,405

Таблица 3

Сталь прокатная – балки двутавровые (ГОСТ 8239-72)



Обозначения:

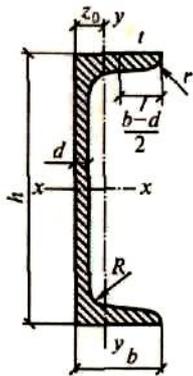
- h — высота балки;
- b — ширина полки;
- d — толщина стенки;
- t — средняя толщина полки;
- R — радиус внутреннего закругления;
- r — радиус закругления полки;
- J — момент инерции;
- W — момент сопротивления;
- S — статический момент полусечения;
- i — радиус инерции.

Номер профиля	Масса 1 м длины, кг	Размеры, мм						Площадь сечения, см ²	Справочные величины для осей							
		h	b	d	t	R	r		$x-x$				$y-y$			
									J_x , см ⁴	W_x , см ³	i_x , см	S_x , см ³	J_y , см ⁴	W_y , см ³	i_y , см	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
10	9,46	100	55	4,5	7,2	7,0	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	3,0	14,7	350	58,4	4,88	33,7	27,9	8,72	1,38	
14	13,7	140	73	4,9	7,5	8,0	3,0	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	109,0	6,57	62,3	58,6	14,5	1,70	
18	18,4	180	90	5,1	8,1	9,0	3,5	23,4	1290	143,0	7,42	81,4	82,6	18,4	1,88	
18a	19,9	180	100	5,1	8,3	9,0	3,5	25,4	1430	159,0	7,51	89,8	114,0	22,8	2,12	
20	21,0	200	100	5,2	8,4	9,5	4,0	26,8	1840	184,0	8,28	104,0	115,0	23,1	2,07	
20a	22,7	200	110	5,2	8,6	9,5	4,0	28,9	2030	203	8,37	114	155	28,2	2,32	
22	24,0	220	110	5,4	8,7	10,0	4,0	30,6	2550	232	9,13	131	157	28,6	2,27	
22a	25,8	220	120	5,4	8,9	10,0	4,0	32,8	2790	254	9,22	143	166	34,3	2,50	
24	27,3	240	115	5,6	9,5	10,5	4,0	34,8	3460	289	9,97	163	198	34,5	2,37	
24a	29,4	240	125	5,6	9,8	10,5	4,0	37,5	3800	317	10,10	178	260	41,6	2,63	
27	31,5	270	125	6,0	9,8	11,0	4,5	40,2	5010	371	11,20	210	260	41,5	2,54	
27a	33,9	270	135	6,0	10,2	11,0	4,5	43,2	5500	407	11,30	229	337	50,0	2,80	
30	36,5	300	135	6,5	10,2	12,0	5,0	46,5	7080	472	12,30	268	337	49,9	2,69	
30a	39,2	300	145	6,5	10,7	12,0	5,0	49,9	7780	518	12,50	292	436	60,1	2,93	
33	42,2	330	140	7,0	11,2	13,0	5,0	53,8	9840	597	13,50	339	419	59,9	3,79	
36	48,6	360	145	7,5	12,3	14,0	6,0	61,9	13380	743	14,70	423	516	71,1	2,89	
40	57,0	400	155	8,3	13,0	15,0	6,0	72,6	19062	953	16,20	545	667	86,1	3,03	
45	66,5	450	160	9,0	14,2	16,0	7,0	84,7	27696	1231	18,10	708	808	101,0	3,09	

50	78,5	500	170	10,0	15,2	17,0	7,0	100	39727	1589	19,90	919	1043	123,0	3,23
55	92,6	550	180	11,0	16,5	18,0	7,0	118	55962	2035	21,80	1181	1356	151,0	3,39
60	108,0	600	190	12,0	17,8	20,0	8,0	138	76806	2560	23,60	1491	1725	182,0	3,54

Таблица 4

Сталь прокатная – швеллеры (ГОСТ 8240-72)



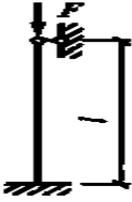
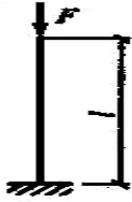
Обозначения:

- h — высота швеллера;
- b — ширина полки;
- d — толщина стенки;
- t — средняя толщина полки;
- R — радиус внутреннего закругления;
- r — радиус закругления полки;
- J — момент инерции;
- W — момент сопротивления;
- S — статический момент полусечения;
- i — радиус инерции;
- Z_0 — расстояние от оси y — y до наружной грани стенки.

Номер профиля	Масса 1 м длины, кг	Размеры, мм						Площадь сечения, см ²	Справочные величины для осей							
		h	b	d	t	R	r		x - x				y - y			Z_0 , см
									J_x , см ⁴	W_x , см ³	i_x , см	S_x , см ²	J_y , см ⁴	W_y , см ³	i_y , см	
5	4,84	50	32	4,4	7	6	2,5	6,16	22,8	9,1	1,925	5,59	5,61	2,75	0,954	1,16
6,5	5,9	65	36	4,4	7,2	6	2,5	7,51	48,6	15	2,54	9	8,7	3,68	1,08	1,24
8	7,05	80	40	4,5	7,4	6,5	2,5	8,98	89,4	22,4	3,16	13,3	12,8	7,75	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	5,6	40,8	45,4	11	1,7	1,67
14а	13,3	140	62	4,9	8,7	8	3	17	545	77,8	5,66	45,1	57,5	13,3	1,84	1,87
16	14,2	160	64	5	8,4	8,5	3,5	18,1	747	93,4	6,42	54,1	63,3	13,8	1,87	1,8
16а	15,3	160	68	5	9	8,5	3,5	19,5	823	103	6,49	59,4	78,8	16,4	2,01	2,0
18	16,3	180	70	5,1	8,7	9	3,5	20,7	1090	121	7,24	69,8	86	17	2,04	1,94
18а	16,4	180	74	5,1	9,3	9	3,5	22,2	1190	132	7,32	76,1	105	20	2,18	2,13
20	18,4	200	76	5,2	9	9,5	4	23,4	1520	152	8,07	87,8	113	20,5	2,20	2,07
20а	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	220	82	5,4	9,5	10	4	26,7	2110	192	8,89	110	151	25,1	2,37	2,21
22а	22,6	220	87	5,4	10,2	10	4	28,8	2330	212	8,99	121	187	30	2,55	2,46
24	24	240	90	5,6	10	10,5	4	30,6	2900	242	9,73	139	208	31,6	2,60	2,42
24а	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	27,2	270	95	6	10,5	11	4,5	35,2	4160	308	10,9	178	272	37,3	2,73	2,47
30	31,8	300	100	6,5	11	12	5	40,5	5810	387	12,0	224	327	43,6	2,84	2,52
33	36,5	330	105	7	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

Коэффициент приведения длины стержня

Таблица 1

<p>Способы закрепления концов стержня</p>				
<p>Коэффициент μ</p>	<p>1</p>	<p>2</p>	<p>0,7</p>	<p>0,5</p>

**Коэффициенты продольного изгиба ϕ
центрально-сжатых элементов из стали**

Таблица 1

Гибкость λ	Коэффициенты ϕ для элементов из стали с расчётным R_y , МПа								
	200	220	225	230	235	240	280	290	300
10	0,998	0,987	0,987	0,987	0,987	0,985	0,985	0,985	0,984
20	0,967	0,964	0,963	0,963	0,962	0,959	0,959	0,958	0,957
30	0,939	0,935	0,934	0,933	0,932	0,924	0,924	0,922	0,920
40	0,906	0,900	0,898	0,897	0,895	0,883	0,883	0,880	0,878
50	0,869	0,860	0,858	0,856	0,854	0,836	0,836	0,832	0,829
60	0,827	0,816	0,813	0,810	0,807	0,785	0,785	0,780	0,775
70	0,782	0,768	0,764	0,761	0,757	0,724	0,724	0,714	0,705
80	0,734	0,710	0,704	0,698	0,692	0,641	0,641	0,631	0,621
90	0,665	0,638	0,631	0,625	0,618	0,565	0,565	0,554	0,543
100	0,559	0,710	0,563	0,556	0,549	0,493	0,493	0,481	0,470
110	0,537	0,507	0,499	0,492	0,485	0,427	0,427	0,415	0,404
120	0,479	0,779	0,441	0,434	0,426	0,366	0,366	0,354	0,343
130	0,425	0,394	0,386	0,379	0,371	0,313	0,313	0,303	0,294
140	0,376	0,345	0,337	0,330	0,322	0,272	0,272	0,264	0,256
150	0,328	0,302	0,295	0,389	0,282	0,239	0,239	0,232	0,225
160	0,290	0,267	0,261	0,355	0,249	0,212	0,212	0,205	0,199

Таблица 2

Гибкость λ	Коэффициенты ϕ для элементов из алюминия			Гибкость λ	Коэффициенты ϕ для элементов из алюминия		
	АМг2М	Амг2П АД31Т1	АД31Т		Амг2М	Амг2П АД31Т1	АД31Т
10	1	1	2	90	0,608	0,392	0,656
20	0,982	0,924	0,995	100	0,555	0,318	0,610
30	0,915	0,850	0,930	110	0,506	0,263	0,562
40	0,860	0,785	0,880	120	0,458	0,221	0,518
50	0,812	0,717	0,835	130	0,415	0,188	0,475
60	0,766	0,645	0,793	140	0,362	0,162	0,435
70	0,717	0,565	0,750	150	0,313	0,141	0,400
80	0,665	0,490	0,706	160	-	-	-

Расчётные сопротивления R стали и алюминия

Таблица 1

Материал	Марка, класс	ГОСТ	Расчётное сопротивление	
			По пределу текучести, на растяжение, сжатие	На сдвиг
Сталь прокатная	C-235	27772-88	230	130
	C-245		240	140
	C-345		335	190
Алюминий деформируемый	AMг2М	-	68	39
	AMг2П	-	147	88
	AD31T	-	54	34
	AD31T1	-	147	88
Сталь арматурная горячекатаная	A-I	-	225	-
	A-II			-
	A-III, d=6...8мм			-
	A-III, d=10...40мм			-