

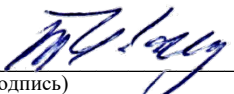


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

«СОГЛАСОВАНО»

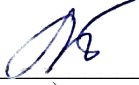
Руководитель ОП Строительство уникальных  
зданий и сооружений

  
(подпись) Т.Э. Уварова

« 21 » июня 2018 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующая кафедрой механики и  
математического моделирования

  
(подпись) А.А. Бочарова

« 21 » июня 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Сопротивление материалов**

Специальность 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений»

Специализация «Строительство гидротехнических сооружений повышенной ответственности»

Форма подготовки - очная

курс - 2 семестр – 3, 4

лекции – 54 час.

практические занятия – 54 час.

лабораторные работы – не предусмотрены

в том числе с использованием МАО лек. 6 / пр.8 час.

в том числе, в электронной форме не предусмотрено

всего часов аудиторной нагрузки - 108 час.

в том числе с использованием МАО – 14 час.

в том числе, в электронной форме не предусмотрено

в том числе контролируемая самостоятельная работа не предусмотрено

самостоятельная работа – 72 час.

в том числе на подготовку к экзамену – 27 час.

курсовая работа/курсовой проект не предусмотрены

расчетно-графические работы – 4

зачет – 3 семестр

экзамен – 4 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 11 августа 2016 г. №1030 и приказа ректора ДФУ №12-13-1282 от 07 июля 2015 г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры механики и математического моделирования протокол № 1 от « 21 » июня 2018 г.

Заведующая кафедрой: к.ф-м.н. Бочарова А.А.

Составитель: д.т.н., проф. Борисов Е.К.

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## ABSTRACT

**Specialist's degree in 08.05.01 Construction of unique buildings and structures**  
(указывается шифр и наименование направления подготовки/ специальности)

**Specialization Program "Construction of hydraulic structures increased responsibility"**  
(название профиля/ специализации/ магистерской программы)

**Course title: *Strength of materials***

**Basic (variable) part of Block 1, 5 credits** (указывается, к какой (базовой или вариативной) части Блока 1 «Дисциплины (модули)» относится дисциплина, трудоемкость в зачетных единицах)

**Instructor:** Professor Borisov E.K.

**At the beginning of the course a student should be able to:**

- should know how to use different information sources: books, textbooks, references, internet
- methodology of solving computational and theoretical and experimental tasks
- resolution on that basis, the foundation of general technical training
- should have an algorithmic mind, that was formed by classes "Mathematics", "Descriptive Geometry and Engineering Graphics", "Physics", "Chemistry", "Theoretical mechanics", "Informatics".
- possession of technical and technological terminology
- can use computational machines;
- can be used basic textual and graphical editors, office applications.

OPC-6 The graduate can use the basic laws of natural science disciplines in their professional activities, the use of methods of mathematical analysis and mathematical (computer) simulation, theoretical and experimental Research;

OPC-7 The graduate can to detect natural-scientific essence of problems arising in the course of professional activity, attract them to solve the corresponding physical-mathematical apparatus (приводятся формулировки формируемых компетенций)

**Course description:** Contents covers the following issues: the axial tensile, compression, shear and torsion, the geometrical characteristics of flat sections, lateral bending, the analysis of the stress-strain state, theory of strength, complex resistance, energy methods for determining the movements in constructions, the calculation of statically indeterminate systems, core stability systems, calculations on the dynamic and impact load action, strength calculations under varying stresses, calculation of axially symmetric shells on the membrane theory. Strength of Materials - a subject matter of strength, rigidity and stability of the elements of load-bearing structures. Wrong calculation of the most insignificant detail can result in very serious consequences - lead to the destruction of the structure as a whole. In carrying out the calculations necessary to strive for a combination of reliability design with its low cost, to achieve maximum strength with the minimum material consumption.

**Main course literature:**

1. Mikhailov A.M. Strength of Materials. Textbook. - M: the Academy. 2009. - 448 p.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:381826&theme=FEFU>
2. Pikul V.V. Mechanics of deformable solids: a textbook for high schools / V. Pikul; Far Eastern Federal University. - Vladivostok: Publishing house. House of the Far Eastern Federal University, 2012. - 333 p. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:681590&theme=FEFU>
3. Borisov E.K. Resistance of materials. Laboratory workshop. - Overhead to: Publishing house FESTU, 2011. - 64 p. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:381425&theme=FEFU>
4. Belyaev N.M. Strength of materials: [textbook for high schools] / NM Belyaev. - M: Alliance, 2014.- 607 p. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:720566&theme=FEFU>

5. Vardanyan G.S. Strength of materials (with the fundamentals of structural mechanics): Textbook / GS Vardanyan, NM Atari AA Gorshkov; Ed. GS Vardanyan. - M.: INFRA-M, 2010. - 480 p. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=204763>

6. Atarov N.M. The resistance of the materials in the examples and problems: Textbook / NM Atarov. - M.: INFRA-M, 2010. - 407 p. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=191566>

7. Ulozhenko A.G. Strength of materials: collection of assignments for course design; / Engineering school of Far Eastern Federal University. - Vladivostok: Publishing House of the Far Eastern Federal University, 2014. -148 p.

<http://elib.dvfu.ru/vital/access/manager/Repository/feFu:1698>

**Form of final control:** *exam and pass-fail exam.*

## **Аннотация к рабочей программе дисциплины «Сопротивление материалов»**

Дисциплина «Сопротивление материалов» включена в учебный план специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений» специализации «Строительство гидротехнических сооружений повышенной ответственности» в соответствии с требованиями ФГОС ВО по данному направлению. Дисциплина «Сопротивление материалов» относится к дисциплинам базовой части (согласно учебному плану – Б1.Б.20).

Трудоемкость дисциплины 5 зачетных единиц (180 час). Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (54 часа), практические занятия (54 часа) и самостоятельная работа студента (72 часа, в том числе 27 часов на подготовку к экзамену). Дисциплина реализуется на 2 курсе в 3 семестре – зачет, в 4 семестре – экзамен.

Дисциплина базируется на знаниях, полученных студентами при изучении дисциплин: «Математика», «Начертательная геометрия и инженерная графика», «Физика», «Химия», «Теоретическая механика», «Информатика»

**Цель дисциплины** «Сопротивление материалов» - заложить фундамент для грамотного проектирования и оценки прочности конструкций, обеспечить базу инженерной подготовки, теоретической и практической подготовки в области прикладной механики деформируемого твердого тела, развить инженерное мышление, способствовать приобретению знаний, необходимых для изучения последующих дисциплин.

### **Задача дисциплины**

- Изучение студентами важнейших разделов дисциплины «Сопротивление материалов»; расширение на этой основе фундамента общетехнической подготовки.

- Подготовка студентов к овладению методологией решения расчетно-теоретических и лабораторно - экспериментальных задач, к успешному овладению ими последующих профилирующих дисциплин профессионального цикла, для практического применения в будущей профессиональной деятельности.

- Установление межпредметных связей дисциплины «Сопротивление материалов» с фундаментальными дисциплинами естественнонаучного и профессионального профиля.

- Овладение студентами технической и технологической терминологии.

- Формирование способностей студентов к самостоятельной работе с научно-технической и методической литературой.

Для успешного изучения дисциплины «Сопротивление материалов» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат.

В результате изучения данной дисциплины у студентов формируются следующие профессиональные компетенции:

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
<b>ОПК-6</b> основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применением методов математического анализа и математического(компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования	знает	Приемы построения математических моделей и расчетных схем
	умеет	Намечать цель и абстрагироваться от несущественных особенностей объекта исследования
	владеет	Приемами построения расчетных схем исследуемого объекта
<b>ОПК-7</b> (способностью выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат)	знает	Математические формулы для расчетов на прочность, жесткость, устойчивость и надежность деталей зданий и сооружений
	умеет	составлять математические модели и расчетные схемы элементов инженерных сооружений
	владеет	Приемами решения дифференциальных уравнений

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины применяются следующие методы активного обучения: лекция-беседа, дискуссия.

# **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

## **Раздел I. Простейшие деформации упругих элементов конструкций (18 час.)**

### **Тема 1. Основные понятия сопротивления материалов (4 час.)**

Краткое содержание темы “Основные понятия сопротивления материалов”: Действие внешних сил на физические тела. Анализ реального объекта и составление расчетной модели. Внутренние силы. Напряжения, как мера внутренних сил. Деформации линейные и угловые. Связь напряжений и деформаций. Закон Гука. Механические характеристики материалов, снятые с диаграммы растяжения. Геометрические характеристики плоских сечений.

### **Тема 2. Осевое растяжение - сжатие (4 час.)**

Краткое содержание темы: Осевое растяжение–сжатие - простейшая деформация. Внутренние силовые факторы, напряжения и деформации при осевом при осевом растяжении.

Деформации и напряжения при изменении температуры. Расчет статически определимых и неопределимых конструкций в состоянии осевого растяжения – сжатия.

### **Тема 3. Деформации сдвига и кручения (2 час.)**

Деформация сдвига или среза. Расчет болтовых, заклепочных и сварных соединений. Кручение – касательные напряжения и деформация при кручении. Расчет вала на кручение. Разрушение вала при кручении, изготовленного из пластичного и хрупкого материала. Кручение вала некруглого поперечного сечения. Мембранная аналогия.

### **Тема 4. Прямой поперечный изгиб призматического бруса (4 час.)**

Деформация поперечного изгиба: построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов. Определение нормальных и касательных напряжений, формула Журавского. Условие прочности при изгибе.

### **Тема 5. Деформации при прямом поперечном изгибе (4 час.)**

Аналитический способ определения деформаций. Определение перемещений при поперечном изгибе: основное дифференциальное уравнение упругой линии бруса. Интегрирование основного дифференциального уравнения. Метод начальных параметров. Универсальное уравнение упругой линии балки. Условие жесткости при изгибе.

## **Раздел II. Сложное сопротивление элементов конструкций (18 час.)**

### **Тема 6. Напряженно деформированное состояние бруса (3 час.)**

Объемное напряженное состояние. Главные оси, главные напряжения и главные деформации. Круг Мора для напряженно-деформированного состояния. Типы напряженного состояния. Теории прочности.

### **Тема 7. Сложное сопротивление (5 час.)**

Внецентренное растяжение-сжатие. Ядро сечения. Косой и сложный изгиб. Совместное действие изгиба и кручения. Кривые стержни. Расчет толстостенных и тонкостенных сосудов вращения.

### **Тема 8. Устойчивость элементов конструкций (4 час.)**

Понятие об устойчивости формы сжатых стержней. Задача Эйлера для сжатого стержня. Расчет сжатых стержней по коэффициенту снижения допускаемых напряжений.

### **Тема 9. Конструкции под действием переменных и динамических нагрузок (4 час.)**

Учет сил инерции и колебаний. Напряжения при ударе. Изменение свойств материалов при знакопеременных нагрузках. Предел выносливости. Усталостная прочность металлов. Влияние

## **Тема 10. Экспериментальные методы исследования напряженно-деформированного состояния материалов и конструкций (2 час.)**

Методы электротензоизмерений в исследовании напряженно-деформированного состояния. Оптико-геометрические методы исследования конструкций. Метод хрупких тензочувствительных покрытий. Поляризационно-оптический метод исследования напряжений.

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **1. Практические занятия (54 час.)**

#### **1. Раздел. Основные понятия и простейшие деформации (36 час.).**

##### **Занятие 1. Геометрические характеристики плоских сечений (2 час.)**

Интегральные и дискретные методы определения площади и координаты центра тяжести фигуры произвольной формы.

##### **Занятие 2. Геометрические характеристики плоских сечений (2 час.)**

Главные оси сечения и главные моменты инерции. Применение Круга Мора для определения направления главных осей и величины главных моментов инерции плоского сечения.

##### **Занятие 3. Осевое растяжение –сжатие (2 час.)**

Экспресс-опрос по геометрическим характеристикам. Решение задач на определение размеров поперечного сечения стержней.

Построение эпюр нормальной силы, нормальных напряжений и перемещений при осевом растяжении сжатии.

##### **Занятие 4. Осевое растяжение –сжатие (2 час.)**

Решение задач на определение нормальной силы в сечении стержня аналитическим и графическим способами.

##### **Занятие 5. Осевое растяжение –сжатие (2 час.)**

*Экспресс-контрольная работа* на тему: осевое растяжение.

Решение статически неопределимых задач на осевое растяжение.

##### **Занятие 6. Осевое растяжение –сжатие (2 час.)**

Решение задач на осевое растяжение-сжатие с учетом собственного веса стержней.

##### **Занятие 7. Осевое растяжение –сжатие (2 час.)**

*Экспресс-опрос* на осевое растяжение-сжатие.

Решение задач на расчет соединений: болтового, заклепочного.

##### **Занятие 8. Деформация сдвига (2 час.)**

Решение задач на расчет болтовых, заклёпочных и сварных соединений.

##### **Занятие 9. Деформация кручения (2 час.)**

Построение эпюр крутящего момента. Подбор сечения вала по условию прочности и жесткости.

##### **Занятие 10. Деформация кручения (2 час.)**

Решение задач на кручение вала сплошного и трубчатого сечения.

##### **Занятие 11. Деформация поперечного изгиба (2 час.)**

Определение опорных реакций бруса. Построение эпюр поперечной силы и изгибающего момента. Правила знаков.

##### **Занятие 12. Деформация поперечного изгиба (2 час.)**



*Экспресс-контрольная работа* на тему: Построение эпюр поперечной силы и изгибающего момента в брус с криволинейной ломаной осью.

**Занятие 13. Деформация поперечного изгиба (2 час.)**

*Экспресс-контрольная работа* на тему: Построение эпюр поперечной силы и изгибающего момента.

Решение задач прочности по нормальным напряжениям при изгибе.

**Занятие 14. Деформация поперечного изгиба (2 час.)**

Решение задач прочности по касательным напряжениям при изгибе.

**Занятие 15. Деформация поперечного изгиба (2 час.)**

Определение перемещений в брус при поперечном изгибе интегрированием основного дифференциального уравнения упругой линии бруса в случае простой и сложной нагрузки.

**Занятие 16. Деформация поперечного изгиба (2 час.)**

Использование универсального уравнения упругой линии для определения перемещений в брус при произвольной поперечной нагрузке.

**Занятие 17. Напряженно-деформированное состояние бруса (2 час.)**

Решение задач на расчет прочности и жесткости бруса при поперечном изгибе.

**Занятие 18. Резервное занятие.**

**2. Раздел. Сложное сопротивление (18 час.).**

**Занятие 1. Напряженно-деформированное состояние бруса (2 час.)**

Определение потенциальной энергии деформации конструкции.

**Занятие 2. Сложное сопротивление (2 час.)**

Решение задач на внецентренное растяжение-сжатие. Построение ядра сечения.

**Занятие 3. Сложное сопротивление (2 час.)**

Решение задач на сложный изгиб.

**Занятие 4. Устойчивость стержней при сжатии (2 час.)**

Задача Эйлера. Расчеты на устойчивость в сложных случаях

**Занятие 5. Устойчивость стержней при сжатии (2 час.)**

Расчет сжатых стоек по коэффициенту снижения допускаемых напряжений.

**Занятие 6. Динамическое действие нагрузки (2 час.)**

Расчеты с учетом сил инерции.

**Занятие 7. Динамическое действие нагрузки (2 час.)**

Напряжения и деформации при колебаниях.

**Занятие 8. Динамическое действие нагрузки (2 час.)**

Раскрытие статической неопределимости и подбор сечения бруса при динамических нагрузках.

**Занятие 9. Экспериментальное исследование напряжено-деформированного состояния (2 час.)**

Обработка результатов экспериментов.

### **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ СТРУКТУРА**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Прикладная механика» включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине:

- характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

#### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

##### Формы текущего и промежуточного контроля по дисциплине

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость в часах				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Л	ЛР	ПЗ	СРС	
1.	Раздел 1 Основные понятия сопротивления материалов.	1-3	4		2	1	Экспресс - опрос по основным понятиям. Выполнение РГЗ на 2-5 неделях, срок сдачи – 6 неделя.
2.	Расчетно-проектировочное задание «Геометрические характеристики плоских сечений»	2-5				6	
3.	Осевое растяжение – сжатие.	4-7	4		5	4	Экспресс-контрольная на ОР-С. Выполнение РГЗ на 4-8 неделях, срок сдачи – 9 неделя.
4.	Расчетно-проектировочное задание «Осевое растяжение и сжатие. Статически определимая и неопределимая задачи»	4-8				4	
5.	Простейшие деформации: срез и кручение круглого бруса.	8-9	2		2	4	
6.	Деформация изгиба. Расчеты на прочность и жесткость.	10-18	8		9	2	Экспресс-контрольная работа. Выполнение РГЗ на 12-16 неделе, срок сдачи – 17 неделя.
7.	Расчетно-проектировочное задание «Расчет прочности бруса при поперечном изгибе»	10-17				6	
	Экзамен					27	экзамен
	<b>ИТОГО 3 семестра</b>		36		18	27+27	экзамен
8.	Раздел 2. Понятие о напряженно-деформированном состоянии бруса. Теории прочности.	1-2	3		4	2	Экспресс-опрос
9.	Сложное сопротивление. Внецентренное растяжение-сжатие. Косой изгиб. Изгиб с кручением.	3-8	5		8	2	Экспресс-контрольная работа. Экспресс-опрос. Защита индивидуальных заданий
14	Расчетно-проектировочное задание «Расчет ломаного бруса на сложное сопротивление»	3-6				4	
15	Расчетно-проектировочное задание «Внецентренное сжатие колонны»	4-9				6	
16.	Устойчивость упругих форм равновесия. Задача Эйлера. Расчет сжатых стоек.	9-12	4		8		Защита индивидуального задания
17	Расчетно-проектировочное задание «Устойчивость сжатой стойки»	10-12				4	

18	Динамическое действие нагрузки. Понятие удара	13-14	3		12		
20.	Усталостная прочность	15-16	1				Экспресс-опрос
21	Экспериментальные методы исследования НДС материалов	17-18	2		4		
<b>ИТОГО 4 семестра</b>				<b>18</b>		<b>36</b>	<b>18</b>
<b>ИТОГО</b>				<b>54</b>		<b>54</b>	<b>45</b>
							<b>зачет</b>
							<b>зачет/экзамен</b>

### Перечень самостоятельной работы студентов.

Наименование самостоятельной работы	Часы на сам. работу	Методическое обеспечение	Вид отчетности
«Геометрические характеристики плоских сечений»	6	Уложенко А.Г. Сопротивление материалов: сборник заданий для курсового проектирования [Электронный ресурс]/Инженерная школа ДВФУ. – Электронные данные - Владивосток: Дальневост. Федерал. ун-т, 2014. [148с.]. - 1CD-ROM.	Защита задания
«Осевое растяжение и сжатие. Статически определяемая и неопределяемая задачи»	4		Защита задания
«Расчет прочности бруса при поперечном изгибе»	6		Защита задания
«Расчет ломаного бруса на сложное сопротивление»	4		Защита задания
«Внецентренное сжатие колонны»			Защита задания
«Устойчивость сжатой стойки»	4		Защита задания

Контрольно-измерительные материалы по дисциплине представлены, экзаменационными вопросами и тестовыми материалами, предусмотренными РПУД в качестве промежуточной аттестации контроля освоения теоретической и практической составляющих дисциплины. Итоговая аттестация проходит в виде, согласно учебному плану, экзамена в 3 семестре и зачета в 4 семестре.

**При проведении текущей и промежуточной аттестации для студентов-инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья** обеспечивается соблюдение следующих общих требований:

- пользование необходимыми обучающимся инвалидам техническими средствами при прохождении текущей и промежуточной итоговой аттестации с учетом их индивидуальных особенностей;

- обеспечение возможности беспрепятственного доступа обучающихся инвалидов в аудитории, туалетные и другие помещения, а также их пребывания в указанных помещениях (наличие пандусов, поручней, расширенных дверных проемов, лифтов, при отсутствии лифтов аудитория должна располагаться на первом этаже, наличие специальных кресел и других приспособлений).

- форма проведения текущей и промежуточной аттестации для студентов-инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей (устно, письменно на бумажном носителе, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п.).

## V СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература

1. Кидакоев А.М. Сопротивление материалов [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие для тестового контроля/ Кидакоев А.М., Шайлиев Р.Ш.— Электрон.

текстовые данные.— Черкесск: Северо-Кавказская государственная гуманитарно-технологическая академия, 2014.— 60 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/27232.html>

2. Кирсанова Э.Г. Сопротивление материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Кирсанова Э.Г.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2012.— 110 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/733.html>

3. Михайлов А.М. Сопротивление материалов. Учебник. М: Академия. 2009 г. - 448 с. <https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:290856&theme=FEFU> (32 экз.)

4. Сопротивление материалов : лабораторный практикум ч. 2 / Е. К. Борисов, Е. А. Гридасова ; Дальневосточный государственный технический университет. Владивосток : Изд-во Дальневосточного технического университета, 2010. 64 с.

<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:381425&theme=FEFU> (19 экз.)

5. Сопротивление материалов : учебник для технических вузов / А. В. Дарков, Г. С. Шпиро. Москва : Альянс, 2014. 624 с.

<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:720595&theme=FEFU> (7 экз.)

6. Сопротивление материалов: Учеб. пособие / Р.Н. Сиренко. - М.: РИОР, 2007. - 157 с. <http://znanium.com/catalog/product/118656>

7. Сопротивление материалов: Учебник / Волосухин В.А., Логвинов В.Б., Евтушенко С.И., - 5-е изд. - М.:ИЦ РИОР, НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 543 с.

<http://znanium.com/catalog/product/390023>

8. Сопротивление материалов: учебное пособие / Е.В. Березина. - М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2010. - 208 с. <http://znanium.com/catalog/product/191214>

#### Дополнительная литература

1. Сопротивление материалов : учебник для немашиностроительных специальностей вузов / П. А. Степин. [Можайск] 2012. 367 с.

<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:673025&theme=FEFU> (2 экз.)

2. Сопротивление материалов [Электронный ресурс] : Учеб. пос. / Горшков А.Г., Трошин В.Н. Шалашилин В.И. - 2-е изд., исправл. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. –

<http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785922101813.html>

3. Степин, П.А. Сопротивление материалов [Электронный ресурс] : учебник / П.А. Степин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 320 с. — Режим доступа:

<https://e.lanbook.com/book/3179>

4. Теоретическая механика : учебное пособие для вузов по немашиностроительным направлениям / А. А. Эрдеди, Н. А. Эрдеди. Москва : КноРус, 2012. 203 с.

<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:694230&theme=FEFU> (2 экз.)

2014 - <https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:730379&theme=FEFU> (6 экз.)

#### Электронные ресурсы:

1. Научная библиотека ДВФУ - <https://lib.dvfu.ru:8443/search/query?theme=FEFU>

2. Электронно-библиотечная система - <http://znanium.com/>

3. Сайт Центральной библиотеки образовательных ресурсов - [www.edulib.ru](http://www.edulib.ru)

4. Научная электронная библиотека - <http://elibrary.ru>

5. Сетевая библиотека - <http://www.netlibrary.com>

6. Российская Государственная библиотека - <http://www.rsl.ru>

## VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

**Рекомендации по работе с литературой:** в процессе освоения теоретического материала дисциплины необходимо вести конспект лекций и добавлять к лекционному материалу информацию, полученную из рекомендуемой литературы.

При этом желательно проводить анализ полученной дополнительной информации и информации лекционной, анализировать существенные дополнения, возможно на следующей лекции ставить вопросы, связанные с дополнительными знаниями.

Все методические указания с примерами расчёта и чертежи, всё методическое обеспечение для самостоятельной работы и выполнения расчётно-графической и курсовой работы приведены в Приложении 3.

### Требования к допуску на зачет/экзамен

Для допуска к зачету/экзамену студент должен:

- обязательно посещать занятия (для очной формы обучения);
- иметь конспект лекций;
- иметь материалы по практическим занятиям,
- иметь материалы выполнения лабораторных работ (при наличии в учебном плане);
- выполнить в полном объеме задания к практическим занятиям (например, решенные задач, реферат, доклад изученного материала, представленный в виде презентации и прочие задания, предусмотренные рабочей учебной программой дисциплины в рамках практических занятий);
- защитить контрольные работы и тесты (при наличии в учебном плане);
- защитить расчетно-графические работы (при наличии в учебном плане);
- защитить курсовую работу или курсовой проект (при наличии в учебном плане);

Студент обязан не только представить комплект выполненных заданий и прочих материалов, необходимых для допуска к зачету/экзамену по изучаемой дисциплине, но и уметь ответить на вопросы преподавателя, касающиеся решения конкретной задачи или выполненного студентом задания.

В случае невыполнения вышеизложенных требований студент *не допускается* к сдаче зачета или экзамена.

## VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Специализированные учебные аудитории кампуса ДВФУ.
2. Наглядные пособия.
3. Раздаточный материал по темам механики.

Наименование оборудованных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень основного оборудования
Читальные залы Научной библиотеки ДВФУ с открытым доступом к фонду (корпус А - уровень 10)	Моноблок HP ProOne 400 All-in-One 19,5 (1600x900), Core i3-4150T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 1TB HDD 7200 SATA, DVD+/-RW, GigEth, Wi-Fi, BT, usb kbd/mse, Win7Pro (64-bit)+Win8.1Pro(64-bit), 1-1-1 Wty Скорость доступа в Интернет 500 Мбит/сек. <b>Рабочие места для людей с ограниченными возможностями здоровья</b> оснащены дисплеями и принтерами Брайля; оборудованы: портативными устройствами для чтения плоскочечатных текстов, сканирующими и читающими машинами видеувеличителем с возможностью регуляции цветовых спектров; увеличивающими электронными лупами и ультразвуковыми маркировщиками
Мультимедийная аудитория	проектор 3-chip DLP, 10 600 ANSI-лм, WUXGA 1 920x1 200 (16:10) PT-DZ110XE Panasonic; экран 316x500 см, 16:10 с эл. приводом; крепление настенно-потолочное Elpro Large Electrol Projecta; профессиональная ЖК-панель 47", 500 Кд/м2, Full HD M4716CCBA LG; подсистема видеисточников документ-камера CP355AF Avergence; подсистема видеокоммутации; подсистема аудиокоммутации и звукоусиления; подсистема интерактивного

	управления; беспроводные ЛВС обеспечены системой на базе точек доступа 802.11a/b/g/n 2x2 MIMO(2SS)
--	--

**В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно-навигационной поддержки.**



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**  
**по дисциплине «Сопротивление материалов»**

Специальность 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений»

Специализация «Строительство гидротехнических сооружений повышенной ответственности»

Форма подготовки - очная

**Владивосток**

**2016**

**Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и  
методические рекомендации по их выполнению  
ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ**

**1. Задания для Экспресс-опроса**

по теме *“Геометрические характеристики плоских сечений”*

1. Что называют поперечным сечением бруса?
2. Что называют центром тяжести сечения?
3. Что называют центральными осями сечения?
4. Что называют главными осями сечения?
5. Что называют Статическим моментом сечения?
6. Собственный момент инерции сечения
7. Центробежный момент инерции сечения
8. Переносный момент инерции сечения
9. Фигура состоит из двух частей. Где находится общий центр тяжести?
10. Формула полярного момента инерции круга
11. Связь осевых моментов инерции с полярным
12. Когда главные оси можно найти без вычислений?
13. Когда центр тяжести фигуры можно найти без расчета?
14. Сколько главных центральных осей в равностороннем треугольнике?

**По теме *“Порядок построения расчетной схемы для реального объекта”***

1. Сколько расчетных схем можно составить для реального объекта?
2. Для чего рассматривают несколько расчетных схем одного объекта?
3. Какие параметры объекта подлежат схематизации?
4. Что понимается под сплошностью материала?
5. Абсолютная упругость?
6. Что понимается под изотропностью материала?
7. Когда распределенная нагрузка может приниматься как сосредоточенная сила?
8. Брус
9. Ось бруса?
10. Какой брус можно назвать прямым?
11. Какая оболочка называется плоской?

**По теме *“Механические характеристики материалов”***

1. Физический смысл модуля Юнга
2. Свойства материала с коэффициентом Пуассона равным 0.5
3. Что такое предел пропорциональности?
4. Предел текучести
5. Площадка текучести
6. Участок упрочнения
7. Предел упругости
8. Условность предела временного сопротивления
9. Почему образец разрушается при нагрузке меньшей чем смог выдержать
10. Как с увеличением углерода в сплаве стали меняется диаграмма растяжения
11. Геометрический смысл модуля Юнга
12. Напряжение в точке
13. Что показывает эпюра внутренней силы?
14. Когда напряженное состояние в точке считается известным?

**По теме *“Внутренние силы”***

1. Что такое Сила?
2. Внутренняя сила
3. Когда в теле нет внутренних сил?
4. Статическое действие силы
5. Что означает равновесие сил?



6. Главный вектор внутренних сил
7. Главный момент внутренних сил
8. Сколько внутренних силовых факторов можно найти в сечении?
9. Принцип разложения на проекции главного вектора
10. Перечислить внутренние силовые факторы
11. Метод сечений

**По теме “Гибкие нити”**

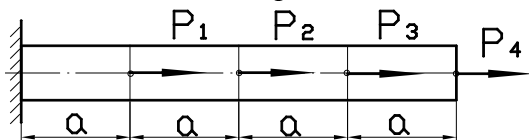
1. Какой брус называется гибкой нитью?
2. Почему при вертикальной нагрузке на нить появляется сила, стремящаяся сблизить концы нити?
3. Почему горизонтальная проекция силы натяжения нити имеет одно и то же значение в любом сечении нити?
4. Какой функцией описывается форма оси гибкой нити с малым и большим провисом?
5. Почему нить с большим провисом называют цепной линией?

**По теме “Простейшие деформации”**

1. Закон Гука при осевом растяжении-сжатии
2. Формула деформации при осевом растяжении-сжатии
3. Закон Гука при сдвиге
4. Физический смысл модуля Юнга
5. Абсолютная деформация при осевом растяжении-сжатии
6. Условие прочности при осевом растяжении-сжатии
7. Нормальные напряжения в любой точке сечения при чистом изгибе
8. Условие прочности при чистом изгибе
9. Что называют пределом пропорциональности?
10. Связь между поперечной силой и изгибающим моментом
11. Что такое чистый изгиб?
12. Формула Журавского
13. Что такое осевой момент сопротивления?
14. Какие гипотезы не противоречат друг другу при чистом изгибе?
15. Смысл постоянных интегрирования основного дифференциального уравнения упругой линии бруса
16. Что называют опасным сечением бруса при чистом изгибе?
17. Формула деформации при кручении
18. Условие прочности вала при кручении

**2.Задания для экспресс-контрольной работы**

по теме “Осевое растяжение-сжатие”



№ варианта	P1	P2	P3	P4
1	P			-2 P
2		P		-P
3	-P		P	P
4	P	P	-2 P	
5	-P	2 P	P	
6		2 P		- P
7	P	-2 P		P

8			-2 Р	Р
9	2 Р	Р	-Р	
10		-2 Р	- Р	2 Р

Жесткость стержня  $EF$

Определить полную деформацию стержня  $\Delta L_{\Sigma}$

**по теме “Поперечный изгиб”** – на доске рисуется неповторяющийся набор балок

**по теме “Интегралы Мора”** – на доске рисуется неповторяющийся набор балок с точками, в которых определяется перемещение.

**по теме “Способ Верещагина”** – на доске рисуется неповторяющийся набор балок с точками, в которых определяется перемещение.

Текущий контроль осуществляется проведением контрольных работ по темам практических занятий, вынесением на защиту выполненных расчетно- проектировочных заданий.

### Требования к оформлению РПЗ

Студент выполняет РПЗ на листах формата А4 аккуратным почерком от руки или с использованием технических средств. Приветствуется использование собственноручно созданных программ для выполнения расчетов.

Каждое выполненное задание должно сопровождаться полным текстом его условия и подробным решением без опускания промежуточных расчетов, которые невозможно выполнить устно.

РПЗ должно иметь титульный лист, оформленный в соответствии с образцом (Приложение 1).

#### Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

Оценка «Допущено к защите» за выполненное расчетно-проектировочное выставляется после устранения всех выявленных в ходе проверки ошибок и замечаний.

Оценка «Зачтено» выставляется после того, как студент в ходе защиты показывает: полное владение теоретическим материалом соответствующего раздела курса «Сопротивление материалов», умение составлять расчетную схему и владение методами решения поставленной задачи. Количество задаваемых на защиту вопросов зависит от времени обдумывания и полноты ответов студента. Итоговая оценка учитывает прилежание студента и пунктуальность соблюдения графика прохождения дисциплины.

Экспресс-опросы, направлены на выявление уровня познания дисциплины, насколько понимание студентом сути предмета совпадает с общепринятым пониманием содержания изучаемой дисциплины. А также для выявления насколько доступно излагается материал, и в случае массового недопонимания анализ результата опроса позволяет наискорейшим образом изменить тактику преподавания, акцентировать внимание на вопросах, оказавшихся трудными для понимания.

Оценка «Удовлетворительно» выставляется, если количество правильных ответов превышает 55 процентов вопросов,

оценка «Хорошо» – правильных ответов более 75 процентов и

оценка «Отлично», если количество правильных ответов составляет не менее 85 процентов от количества заданных вопросов.

Для стимулирования своевременного и планомерного освоения дисциплины студенты, предоставляющие отчеты по заданиям до назначенного срока, проходят защиту в упрощенной форме.

Критерии оценки выполнения самостоятельной работы:

1. Для получения оценки “отлично” безошибочно выполненная работа должна быть представлена в установленный срок. Соискатель оценки “отлично” при защите проявляет полное понимание рассматриваемого явления, самостоятельную проработку дополнительного материала, знание методики решения проблемы и методов достижения результата. Из возможных путей решения находит и применяет наискорейший.

2. Для получения оценки “хорошо” выполненная работа с небольшими пометками должна быть представлена в установленный срок. При защите исправленной работы соискатель показывает уверенные знания в пределах изученного курса. Может составить алгоритм решения подобной задачи.

3. Для получения оценки “удовлетворительно” выполненная работа с небольшими пометками должна быть представлена в течении семестра. При защите исправленной работы соискатель показывает знания в объеме, понимания порядка получения результатов, представленных в работе пределах изученного курса. Может составить алгоритм решения подобной задачи.

### **РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИЕ РАБОТЫ**

**Расчетно-графическое задание (РПЗ)** является формой контроля СРС. Выполняется студентами в виде индивидуального домашнего задания (ИДЗ), которое выдается студентам по индивидуальным вариантам из сборника заданий для курсовых работ по номеру зачетной книжки, и после проверки защищается студентом при индивидуальном собеседовании с преподавателем. РПЗ оценивается в форме зачета (оценивается оценкой «зачтено» или «не зачтено»). Не зачтенное РПЗ возвращается студенту для выполнения работы над ошибками, после чего оно может быть сдано для проверки повторно. РПЗ считается выполненным, если оно получило итоговую оценку «зачтено».

Содержание и сроки выполнения мероприятий текущего контроля освоения дисциплины определены в Приложение 3 к РПУД.

#### **Контрольные вопросы по теме «Геометрические характеристики плоских сечений»**

1. Что такое ось бруса?
2. Что такое центр тяжести сечения?
3. Что такое статический момент сечения?
4. Укажите главную ось в пределах контура равнобедренного треугольника, относительно которой осевой момент инерции имеет максимальное значение.
5. Где находится Ц.Т. сечения, состоящего из двух одинаковых частей?
6. Что такое центральные оси сечения?
7. Что такое осевой момент инерции?
8. Может ли главная ось быть нецентральной?
9. Что такое собственный момент инерции?
10. Что такое переносный момент инерции?
11. Ограничено ли изменение осевых моментов инерции при повороте координатных осей на  $180^\circ$ ?
12. Есть ли связь между осевыми моментами инерции и полярным моментом инерции сечения?
13. Как определить наибольшее значение центробежного момента инерции сечения?
14. Что такое главные оси сечения?
15. Какое соотношение между осевыми моментами инерции сечения, если центробежный момент инерции достигает своего максимального значения?
16. Что такое полюс сечения?

17. На какой угол нужно повернуть координатные оси, чтобы осевой момент инерции стал равным нулю?
18. Для какой оси из множества параллельных, осевой момент инерции принимает минимальное значение?
19. Когда положение главных осей можно определить без вычислений?
20. Сколько главных осей можно указать для любого сечения?
21. Какие параметры сечения необходимо знать, чтобы вычислить осевые моменты инерции при параллельном переносе осей?
22. Какова размерность статического момента площади сечения?
23. Какова размерность полярного момента инерции?
24. Как, зная один главный момент инерции и два осевых момента инерции, определить максимальный центробежный момент инерции сечения?
25. Как, зная один главный момент инерции и два осевых момента инерции, определить второй главный?
26. Как определить центр тяжести сечения, имеющего две оси симметрии?
27. Как определить центр тяжести сечения, имеющего одну ось симметрии?

#### **Контрольные вопросы по теме «Осевое растяжение-сжатие»**

1. Что называется, напряжением?
2. Какие выделяют компоненты напряжения в площадке сечения?
3. Почему составляющие напряжения носят такие названия?
4. Почему осевое растяжение-сжатие относится к простым деформациям?
5. Объяснить *Закон Гука*?
6. Какой геометрический смысл имеет *модуль Юнга*?
7. Какой физический смысл имеет *модуль Юнга*?
8. Что такое абсолютное удлинение?
9. Что такое относительная деформация?
10. Абсолютное удлинение и относительная деформация, которое из них несет большую информацию о деформированном состоянии?
11. От чего зависит деформация при осевом растяжении-сжатии?
12. В чем состоит принцип суперпозиции, и есть ли предел его применимости?
13. Что называется, жесткостью при осевом растяжении-сжатии?
14. Что такое «допускаемое напряжение»?
15. В чем смысл условия прочности?
16. В чем смысл условия жесткости?
17. Что такое предел текучести материала  $\sigma_t$ ?
18. Что влияет на выбор коэффициента запаса прочности?
19. В чем состоит условность диаграммы растяжения образца из мягкой стали?
20. Почему по диаграмме  $\sigma - \varepsilon$  разрушение при растяжении происходит не при наибольших напряжениях?
21. Имеет ли смысл предел временного сопротивления?
22. Как определяется величина силы в сечении?
23. Какие задачи называют статически неопределимыми.
24. Что называют степенью статической неопределимости?
25. Как называется дополнительное уравнение при раскрытии статической неопределимости?
26. Чем объясняется «ступенька» на эпюре внутреннего силового фактора?
27. Когда на контуре эпюры появляется излом?

В качестве промежуточного контроля успеваемости используется тестирование по модулю «Свойства материалов и простейшие деформации»,

Экспресс-опрос по основным понятиям курса;  
Экспресс-контрольные работы на 15 минут на применение изученных методов и приемов решения задач;

Защита индивидуальных заданий;

Защита отчетов по лабораторным работам.

#### Вопросы к экзамену

1. Действие сил на физические тела.
2. Реальный объект и расчётная модель.
3. Внутренние силы.
4. Напряжения.
5. Деформации линейные и угловые.
6. Связь между напряжениями и деформациями.
7. Основные геометрические характеристики плоских сечений.
8. Преобразование моментов инерции при параллельном переносе осей.
9. Преобразование моментов инерции при повороте координатных осей.
10. Главные оси и главные моменты инерции.
11. Задачи, решаемые с помощью круга Мора для плоского сечения.
12. Осевое растяжение и сжатие.
13. Графики изменения внутренних силовых факторов и деформаций при растяжении (примеры).
14. Деформации при изменении температуры.
15. Потенциальная энергия деформации растяжения.
16. Статически определимые и неопределимые системы.
17. Напряжённое состояние при растяжении-сжатии.
18. Основные механические характеристики материала.
19. Построение истинной диаграммы растяжения.
20. Растяжение и сжатие под влиянием собственного веса. Стержень равного сопротивления.
21. Расчёт проводов и тросов.
22. Деформация сдвига.
23. Деформация кручения.
24. Расчёт валов на кручение.
25. Разрушение материалов при кручении.
26. Кручение бруса с некруглым поперечным сечением.
27. Применение пленочной (мембранной) аналогии при исследовании кручения.
28. Деформация изгиба.
29. Дифференциальные (интегральные) зависимости при изгибе.
30. Напряжения в бресе при чистом изгибе.
31. О рациональном сечении при деформации изгиба.
32. Влияние поперечных сил на распределение нормальных напряжений при изгибе.
33. Касательные напряжения при поперечном изгибе. Формула Журавского.
34. Влияние формы сечения на применимость формулы Журавского.
35. Анализ изгиба, свободного и стянутого пакетов листов.
36. Брусья равного сопротивления при изгибе.
37. Дифференциальное уравнение упругой линии бруса.
38. Интегрирование дифференциального уравнения упругой линии бруса.
39. Интегрирование дифференциального уравнения в случае сложных нагрузок.
40. Универсальное уравнение упругой линии балки.
41. Балка на упругом основании.

42. Напряжённое состояние в точке.
43. Определение напряжений в площадке общего положения.
44. Главные оси и главные напряжения.
45. Круговая диаграмма напряжённого состояния. Круг Мора.

#### **Контрольные вопросы по теме «Сложное сопротивление»**

1. Что называется, напряжением?
2. Какие выделяют компоненты напряжения?
3. Почему составляющие напряжения носят такие названия?
4. Как формулируется *Закон Гука*?
5. Что такое абсолютное удлинение?
6. Что такое относительная деформация?
7. Абсолютная и относительная деформация, какая из них несет большую информацию о деформированном состоянии?
8. Что такое допускаемое напряжение?
9. В чем смысл условия прочности?
10. В чем смысл условия жесткости?
11. Что влияет на выбор коэффициента запаса прочности?
12. Что такое нормальная сила?
13. Что такое поперечная сила?
14. Что такое изгибающий момент?
15. Что такое крутящий момент?
16. Как определяется величина силы в сечении?
17. Как определяется изгибающий момент в сечении?
18. Что называется, плечом переноса силы?
19. Как проверить правильность построения эпюры *Мизг* по эпюре *Q*?
20. Как “угадать” характер эпюры *Мизг* по эпюре *Q*?
21. Как найти значение изгибающего момента в сечении, если есть в наличии эпюра *Q*?
22. Что такое чистый изгиб?
23. Что такое поперечный изгиб?
24. Что такое косоугольный изгиб?
25. Как определить нормальные напряжения в любой точке сечения при чистом изгибе?
26. Что называют осевым моментом сопротивления?
27. Что характеризует осевой момент сопротивления?
28. Какие внешние нагрузки при поперечном изгибе допускают использование формулы для нормальных напряжений при чистом изгибе?
29. Как по эпюре *Мизг* представить вид изогнутой оси бруса?
30. В каком случае при поперечном изгибе учитываются оба напряжения: нормальное и касательное?
31. Почему в *формуле Журавского* допускается раздвоение в определении статического момента?
32. Что такое «Теория прочности»?
33. Чем вызвано многообразие теорий прочности?
34. Как произвести подбор сечения в случае одновременного действия нормальной силы и изгибающего момента?

#### **Контрольные вопросы по теме «Внецентренное растяжение-сжатие»**

1. Что называется, напряжением?
2. Какие выделяют компоненты напряжения?

3. Почему осевое растяжение-сжатие относится к простым деформациям?
4. Что такое внецентренное растяжение-сжатие?
5. Как формулируется *Закон Гука*?
6. Что называется, жесткостью при осевом растяжении-сжатии?
7. Что такое допускаемое напряжение?
8. В чем смысл условия прочности?
9. Что влияет на выбор коэффициента запаса прочности?
10. Как определить нормальные напряжения в любой точке сечения при чистом изгибе?
11. Что называют осевым моментом сопротивления?
12. Как произвести подбор сечения в случае одновременного действия нормальной силы и изгибающего момента?
13. Что такое *теория прочности*?
14. Чем вызвано многообразие *теорий прочности*?
15. В чем смысл условия жесткости?
16. Что такое внецентренная сила?
17. Формула нормальных напряжений при внецентренном сжатии.
18. Уравнение нейтральной линии при внецентренном растяжении-сжатии.
19. Что такое нейтральная линия?
20. Что такое нейтральная поверхность?
21. Что такое ядро сечения?
22. Что можно сказать о контуре ядра сечения?
23. Когда необходимо учитывать положение ядра сечения?
24. Какая аксиома применяется при построении ядра сечения?
25. Какой порядок построения ядра сечения?
26. Как влияет перемещение полюса на положение нейтральной линии сечения?
27. Как влияет перемещение нейтральной линии на положение полюса сечения?
28. Если полюс находится на оси симметрии, что можно сказать о положении нейтральной линии?

#### **Контрольные вопросы по теме «Устойчивость сжатой стойки»**

1. В чем суть явления потери устойчивости?
2. Что такое критическая сила?
3. Что называют гибкостью стойки?
4. Что такое предельная гибкость?
5. Какой предел применимости формулы Эйлера?
6. Что такое короткая стойка?
7. Что такое коэффициент приведения длины?
8. Почему в формулу критической силы входит минимальный осевой момент инерции?
9. Как влияют условия закрепления на величину критической силы для стойки?
10. Объясните физическую сущность коэффициента снижения допускаемого напряжения.
11. Почему расчет по коэффициенту снижения допускаемого напряжения имеет итерационный характер?
12. Как можно ускорить сходимость итерационной процедуры расчета по коэффициенту снижения допускаемого напряжения?
13. Почему отличаются результаты расчета критического напряжения по формуле Эйлера и по коэффициенту снижения допускаемого напряжения?
14. Что такое приведенная длина?



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**по дисциплине «Сопротивление материалов»**

Специальность 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений»

Специализация «Строительство гидротехнических сооружений повышенной ответственности»

Форма подготовки - очная

**Владивосток**

**2016**



**Паспорт ФОС по дисциплине «Сопротивление материалов»**

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
	ОПК-6 основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применением методов математического анализа и математического(компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Знает
Умеет		Намечать цель и абстрагироваться от несущественных особенностей объекта исследования
Владеет		Приемами построения расчетных схем исследуемого объекта
ОПК-7 (способностью выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат)	Знает	Математические формулы для расчетов на прочность, жесткость, устойчивость и надежность деталей зданий и сооружений
	Умеет	составлять математические модели и расчетные схемы элементов инженерных сооружений
	Владеет	Приемами решения дифференциальных уравнений

**Формы текущего и промежуточного контроля по дисциплине**

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость в часах				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Л	ЛР	ПЗ	СРС	
1.	Раздел 1 Основные понятия сопротивления материалов.	1-3	4		4	1	Экспресс - опрос по основным понятиям. Выполнение РГЗ на 2-5 неделях, срок сдачи – 6 неделя.
2.	Расчетно-проектировочное задание «Геометрические характеристики плоских сечений»	2-5				6	
3.	Осевое растяжение – сжатие.	4-7	4		10	4	Экспресс-контрольная на ОР-С. Выполнение РГЗ на 4-8 неделях, срок сдачи – 9 неделя.
4.	Расчетно-проектировочное задание «Осевое растяжение и сжатие. Статически определимая и неопределимая задачи»	4-8				4	
5.	Простейшие деформации: срез и кручение круглого бруса.	8-9	2		4	4	
6.	Деформация изгиба. Расчеты на прочность и жесткость.	10-18	8		18	2	Экспресс-контрольная работа. Выполнение РГЗ на 12-16 неделе, срок сдачи – 17 неделя.
7.	Расчетно-проектировочное задание «Расчет прочности бруса при поперечном изгибе»	10-17				6	
	Экзамен					27	экзамен
	<b>ИТОГО 3 семестра</b>		36		18	27+27	экзамен
8.	Раздел 2. Понятие о напряженно-деформированном состоянии бруса. Теории прочности.	1-2	3		2	2	Экспресс-опрос
9.	Сложное сопротивление. Внецентренное растяжение-сжатие. Косой изгиб. Изгиб с кручением.	3-8	5		4	2	Экспресс-контрольная работа. Экспресс-опрос.

14	Расчетно-проектировочное задание «Расчет ломаного бруса на сложное сопротивление»	3-6			4	Защита индивидуальных заданий
15	Расчетно-проектировочное задание «Внецентренное сжатие колонны»	4-9			6	
16.	Устойчивость упругих форм равновесия. Задача Эйлера. Расчет сжатых стоек.	9-12	4	4		Защита индивидуального задания
17	Расчетно-проектировочное задание «Устойчивость сжатой стойки»	10-12			4	
18	Динамическое действие нагрузки. Понятие удара	13-14	3	6		
20.	Усталостная прочность	15-16	1			Экспресс-опрос
21	Экспериментальные методы исследования НДС материалов	17-18	2	2		
<b>ИТОГО 4 семестра</b>			<b>18</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>зачет</b>
<b>ИТОГО</b>			<b>54</b>	<b>54</b>	<b>45</b>	<b>зачет/экзамен</b>

### Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
	знает	основные законы естественнонаучных дисциплин и методы математического моделирования, теоретического и экспериментального подхода		
(ОПК-6) использованием основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применением методов математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования	знает	основные законы естественнонаучных дисциплин и методы математического моделирования, теоретического и экспериментального подхода	- знание определений и основных понятий,	способность перечислить и раскрыть суть методов теоретической механики, которые изучил и освоил обучающийся;
	умеет	поставить и решать задачи о движении и равновесии материальных объектов, конструкций и сооружений	– умение разрабатывать стандартные алгоритмы решения механических задач;	- способность анализировать проблему и выбирать стратегию ее решения;
	владеет	навыками теоретического и практического анализа результатов исследований и формулировки выводов	- владение методами и приемами экспериментальных проверок решений профессиональных задач;	- способность применять компьютерные технологии; - способность разрабатывать собственные программы для решения механических задач; проводить эксперименты и опытные проверки.
(ОПК-7) способностью выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь их для	знает	основные законы и понятия естественнонаучных дисциплин обладает навыками описания основных естественнонаучных явлений, закономерностей	- знание определений и основных понятий,	- способность дать определения и основные понятия, используемых в технических документах профессиональной деятельности ;

решения соответствующий физико-математический аппарат		протекания естественнонаучных процессов		
	умеет	выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь их для решения соответствующий физико-математический аппарат	- умение использовать профессиональные определения основные понятия, в постановке и решении задач механики;	- способность адаптировать стандартную методику для решения конкретной задачи;
	владеет	владеет методами решения конкретных практических и расчетных задач на основе применения теоретических естественнонаучных знаний	- владение способностью сформулировать задачу и указать методы ее решения;	- способность сформулировать задачу и изложить ее содержание;

### Шкала измерения уровня сформированности компетенций

Итоговый балл	1-60	61-75	76-85	86-100
Оценка (пятибалльная шкала)	2 неудовл.	3 удовл.	4 хорошо	5 отлично
Уровень сформированности компетенций	отсутствует	пороговый (базовый)	продвинутый	высокий (креативный)

### Перечень типовых экзаменационных вопросов

- 1 Действие сил на физические тела
- 2 Реальный объект и расчетная модель
- 3 Внутренние силы
- 4 Напряжения
- 5 Деформации линейные и угловые
- 6 Связь между напряжениями и деформациями
- 7 Основные геометрические характеристики плоских сечений
- 8 Преобразование моментов инерции при параллельном переносе осей
- 9 Преобразование моментов инерции при повороте координатных осей
- 10 Главные оси и главные моменты инерции
- 11 Задачи, решаемые с помощью круга Мора для плоского сечения
- 12 Осевое растяжение и сжатие
- 13 Графики изменения внутренних силовых факторов и деформаций при растяжении (примеры)
- 14 Деформации при изменении температуры
- 15 Потенциальная энергия деформации растяжения
- 16 Статически определимые и неопределимые системы
- 17 Напряженное состояние при растяжении-сжатии
- 18 Основные механические характеристики материала

- 19 Построение истинной диаграммы растяжения
- 20 Растяжение и сжатие под влиянием собственного веса. Стержень равного сопротивления
- 21 Расчет проводов и тросов
- 22 Деформация сдвига
- 23 Деформация кручения
- 24 Расчет валов на кручение
- 25 Разрушение материалов при кручении
- 26 Кручение бруса с некруглым поперечным сечением
- 27 Применение пленочной (мембранной) аналогии при исследовании кручения
- 28 Деформация изгиба
- 29 Дифференциальные (интегральные) зависимости при изгибе
- 30 Напряжения в бресе при чистом изгибе
- 31 О рациональном сечении при деформации изгиба
- 32 Влияние поперечных сил на распределение нормальных напряжений при изгибе
- 33 Касательные напряжения при поперечном изгибе. Формула Журавского
- 34 Влияние формы сечения на применимость формулы Журавского
- 35 Анализ изгиба, свободного и стянутого пакетов листов
- 36 Брусья равного сопротивления при изгибе
- 37 Дифференциальное уравнение упругой линии бруса
- 38 Интегрирование дифференциального уравнения упругой линии бруса
- 39 Интегрирование дифференциального уравнения в случае сложных нагрузок
- 40 Универсальное уравнение упругой линии балки
- 41 Балка на упругом основании
- 42 Напряженное состояние в точке
- 43 Определение напряжений в площадке общего положения
- 44 Главные оси и главные напряжения
- 45 Круговая диаграмма напряженного состояния. Круг Мора
- 46 Типы напряженного состояния
- 47 Деформированное состояние
- 48 Объемная деформация
- 49 Потенциальная энергия объемной деформации
- 50 Теории прочности
- 51 Сложное сопротивление
- 52 Внецентренное растяжение-сжатие
- 53 Ядро сечения
- 54 Косой изгиб
- 55 Изгиб с кручением круглого бруса
- 56 Изгиб бруса большой кривизны
- 57 Примеры определения эксцентриситета бруса большой кривизны
- 58 Винтовые цилиндрические пружины
- 59 Обобщенные силы и обобщенные перемещения
- 60 Применение принципа возможных перемещений для определения усилий в статически определимых системах
- 61 Полная потенциальная энергия деформации бруса
- 62 Теорема Кастилиано
- 63 Интегралы Мора

- 64 Примеры применения Интеграла Мора
- 65 Способ Верещагина
- 66 Теорема взаимности работ и перемещений
- 67 Примеры применения теоремы взаимности работ и перемещений
- 68 Типы стержневых систем. Степень статической неопределимости стержневой системы
- 69 Выбор основной системы
- 70 Канонические уравнения метода сил
- 71 Использование свойств симметрии при раскрытии статической неопределимости плоской рамы. Прямая геометрическая симметрия
- 72 Использование свойств симметрии при раскрытии статической неопределимости плоской рамы. Косая геометрическая симметрия
- 73 Многопролетные неразрезные балки. Уравнение трех моментов
- 74 Определение перемещений в статически неопределимых системах
- 75 Устойчивость упругих форм равновесия
- 76 Задача Эйлера
- 77 Зависимость критической силы от условий закрепления стержня
- 78 Расчет сжатых стоек по коэффициенту снижения допускаемых напряжений. Формула Ясинского
- 79 Напряжения, возникающие вследствие поступательного движения упругого тела
- 80 Напряжения, возникающие вследствие вращательного движения упругого тела
- 81 Напряжения, возникающие в упругом бруске при ударе
- 82 Повышение предела текучести в результате повторных нагружений
- 83 Ползучесть и релаксация
- 84 Влияние скорости деформирования на механические характеристики материала
- 85 Усталостная прочность металлов
- 86 Влияние концентрации напряжений на прочность конструкций
- 87 Методы электротензоизмерений в исследовании напряженно-деформированного состояния
- 88 Методы: делительных сеток, зеркально-оптический и муаровых полос в исследовании напряженно-деформированного состояния
- 89 Метод хрупких тензочувствительных покрытий в исследовании напряженно-деформированного состояния
- 90 Поляризационно-оптический метод исследования напряжений

### **Принцип составления экзаменационного билета**

Два теоретических вопроса выбираются из разных разделов курса. Каждая пара подбирается примерно одного уровня сложности. Практические задания на экзамен не выносятся, т.к. студенты проявляют своё умение решать задачи в процессе защиты курсовой работы.

### **Критерии выставления оценки студенту на экзамене по дисциплине «Сопротивлению материалов»**

Баллы (рейтинговой оценки)	Оценка экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
86-100	«отлично»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, владеет материалом, полученным из дополнительных источников.

76-85	<i>«хорошо»</i>	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал в пределах программы курса, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач.
61-75	<i>«удовл»</i>	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала в области программирования, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
0-60	<i>«неудовл»</i>	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические задания. Оценка «неудовлетворительно» выставляется студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине

### **Лабораторные работы**

Лабораторные работы выполняются на учебном оборудовании

1. Лабораторно-испытательный стенд СМ-1.
2. Универсальная испытательная машина 5-тонная Р-5.
3. Универсальная испытательная машина 30-тонная SCHOPPER.
4. Разрывная испытательная машина 100-тонная AMSLER.
5. Испытательная машина на кручение КМ50-1.
6. Учебные лабораторные стенды



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**по дисциплине «Сопротивление материалов»**

Специальность 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений»

Специализация «Строительство гидротехнических сооружений повышенной ответственности»

Форма подготовки - очная

**Владивосток**

**2016**

## ТЕМА 1. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛОСКИХ СЕЧЕНИЙ

Рассматриваемое поперечное сечение состоит из трех частей. Для упрощения анализа состава сечения на схеме между элементами выделены зазоры, которые фактически отсутствуют, поэтому при определении размеров конструкции следует считать примыкание элементов плотным, без зазоров. Вычерчивая контуры составных частей, уклоны и сопряжения можно выполнять условно, поскольку точная графика не является целью задания. На чертеж выносятся все размеры, необходимые для определения координат центров тяжести отдельных частей в общей системе координат. Информации, считываемой с чертежа, должно быть достаточно для заполнения ячеек таблицы 1.1. Табличная форма решения задачи позволяет значительно сократить объем пояснительной записки, сделать решение легко читаемым и, самое главное, легко проверяемым. Прививая навыки табличного оформления расчетной документации, мы повышаем культуру инженерно-конструкторской деятельности. Табличная форма представления решения сокращает время на многократное переписывание формул, снижает возможность совершения невынужденной ошибки, позволяет контролировать процесс вычисления на любом его шаге. Предлагается форма таблицы 1.1.

Координаты центра тяжести составного сечения определяются по формулам

$$y_c = \frac{Sx}{A} = \frac{\Sigma_2}{\Sigma_1}, \quad x_c = \frac{Sy}{A} = \frac{\Sigma_3}{\Sigma_1}.$$

Главные моменты инерции сечения можно вычислять по формулам, в которых отсутствуют тригонометрические функции

$$I_{u,v} = \frac{1}{2} \left[ (I_x + I_y) \pm \sqrt{(I_x - I_y)^2 + 4I_{xy}^2} \right] \quad \text{или}$$

$$I_{u,v} = \frac{1}{2} \left[ (\Sigma_{10} + \Sigma_{11}) \pm \sqrt{(\Sigma_{10} - \Sigma_{11})^2 + 4\Sigma_{12}^2} \right].$$

Вывести эту формулу не составит большого труда, если студент разобрался с ее графическим представлением на Круге Мора. Круг Мора — это диаграмма в координатах: осевой момент инерции – центробежный момент инерции (рис.1.1).

Слагаемое перед знаком радикала представляет собой координату центра Круга Мора точки С на рисунке. Значение, получаемое из-под радикала, радиус Круга Мора и одновременно наибольший центробежный момент инерции рассматриваемого сечения относительно центральных осей. Основная точка Круга Мора точка D имеет координаты  $I_u$  и  $I_{xy}$ . Вспомогательная точка D' имеет координаты  $I_x$  и  $(-I_{xy})$ . Поскольку центробежный момент может быть и отрицательным, то D будет находиться выше либо ниже оси, а D' соответственно противоположно.



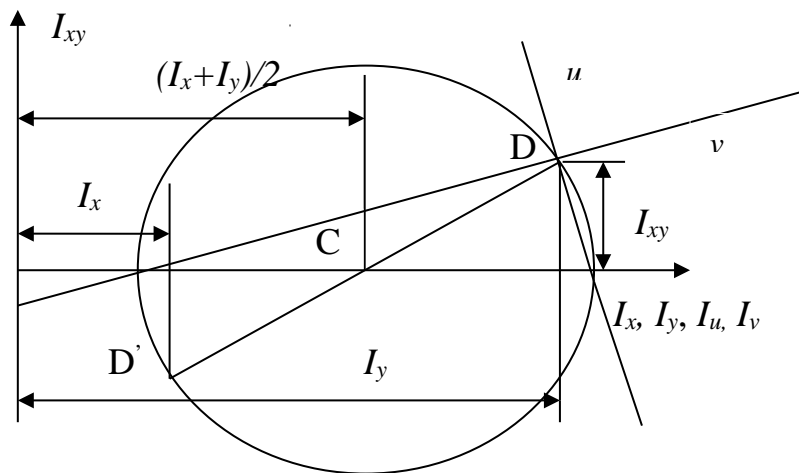


Рис. 1.1. Элементы Круга Мора.

На середине отрезка  $DD'$  и одновременно на оси абсцисс лежит центр Круга Мора. Радиусом  $CD$  проводится окружность. Окружность пересекает ось абсцисс в точках, которые определяют значения главных осевых моментов инерции: левая определяет минимальный  $I_v$ , а правая максимальный главный момент инерции  $I_u$ . Проводя прямую через  $D$  и точку с координатой  $I_u$ , находим положение главной центральной оси, относительно которой осевой момент принимает максимальное значение. Через  $D'$  и точку с координатой  $I_v$  проходит ось  $v$  – вторая главная центральная ось сечения.

Таблица 1 - Вычисление центральных моментов инерции сечения

Наименование элемента сечения	Площадь сечения, $A_i$ , $\text{см}^2$		Координаты центра тяжести		Статический момент сечения		Плечи переноса		Собственные моменты инерции			Переносные моменты инерции			Центральные моменты инерции		
	$Y_{ci}$ , $\text{см}$	$X_{ci}$ , $\text{см}$	$S_{xi} = A_i * Y_{ci}$ (2)*(3)	$S_{yi} = A_i * X_{ci}$ (2)*(4)	$a_i = Y_{ci} - Y_c$	$b_i = X_{ci} - X_c$	$I_{x_i}$ , $\text{см}^4$	$I_{y_i}$ , $\text{см}^4$	$I_{x_{yi}}$ , $\text{см}^4$	$A_i * a_i^2$ (2)*(7)*(7)	$A_i * b_i^2$ (2)*(8)*(8)	$A_i * a_i * b_i$ (2)*(7)*(8)	$I_{x_c}$ (9)+(12)	$I_{y_c}$ (10)+(13)	$I_{x_{y_c}}$ (11)+(14)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
	$\Sigma 1$			$\Sigma 2$	$\Sigma 3$			$\Sigma 4$	$\Sigma 5$	$\Sigma 6$	$\Sigma 7$	$\Sigma 8$	$\Sigma 9$	$\Sigma 10$	$\Sigma 11$	$\Sigma 12$	

Угол между осями  $u$  и  $v$  прямой, что вытекает из свойства вписанного в окружность угла, опирающегося на диаметр. Направление осей должно совпасть с расчетным значением угла  $\alpha$ , получаемым по формуле

$$\text{tg } 2\alpha = \frac{2I_{xy}}{I_y - I_x} = \frac{2\Sigma_{12}}{\Sigma_{11} - \Sigma_{10}}$$

Разобравшись со свойствами Круга Мора, студент может самостоятельно получить формулу для вычисления центробежного момента инерции стандартного прокатного профиля вида равнобокого и неравнобокого уголка:

для равнобокого

$$I_{xy} = I_{\max} - I_x;$$

для неравнобокого

$$I_{xy} = (I_x - I_{\min}) \operatorname{tg} \alpha = (I_{\max} - I_y) \operatorname{tg} \alpha,$$

где параметры в правой части заданы в таблице ГОСТа для каждого профиля.

Знак центробежного момента инерции определяется расположением профиля относительно координатных осей. По определению центробежный момент равен  $I_{xy} = \int_A xy dA$ .

Знак интеграла обозначает только суммирование произведений площадей элементарных площадок на расстояния их центров тяжести до осей координат. Поэтому при  $dA > 0$ , что имеет место всегда, когда площадка существует, знак слагаемого определяется сочетанием знаков координат  $x$  и  $y$ : в I и III квадрантах координаты имеют одинаковые знаки, соответственно  $I_{xy} > 0$ ; во II и IV квадрантах знаки координат противоположные, соответственно  $I_{xy} < 0$ . Теперь, обратив внимание на то, как расположено сечение относительно выбранной местной центральной системы координат сечения, можно визуально определить, какой знак будет превалировать “+” или “-”.

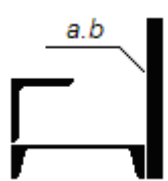
Выполнив самостоятельно задание и разобравшись со свойствами Круга Мора, любой студент ответит на контрольные вопросы, приведенные после вариантов исходных данных задания, и будет готов к защите задания.

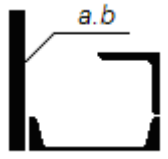
### ЗАДАНИЕ 1. Определение главных центральных моментов инерции сечения и положения главных центральных осей сечения

1. Найти положение главных центральных осей и величину главных центральных моментов инерции.
2. Начертить в масштабе составной профиль, указать на нем все оси и все необходимые для вычислений размеры.
3. Проверить вычисления построением круга Мора

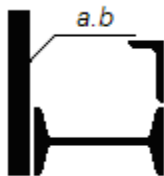
*Примечание.* Размеры,  $a$  и  $b$  заданы в сантиметрах.


**Таблица 1.2 - Варианты задания**

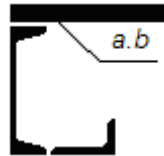
Вариант	Двутавр	Швеллер	Уголок равнобокий	Уголок неравнобокий	a	b	
01		16	70 x 6		1,6	20	
21		18	75 x 7		1,8	18	
41		20	80 x 7		2,0	20	
61		22	90 x 8		2,2	20	
81		24	100 x 8		2,4	22	

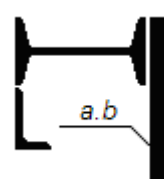
Вариант	Двутавр	Швеллер	Уголок равнобокий	Уголок неравнобокий	a	b	
02		16	70 x 6		1,6	20	
22		18	75 x 7		1,8	18	
42		20	80 x 7		2,0	20	
62		22	90 x 8		2,2	20	
82		24	100 x 8		2,4	22	

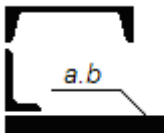
Вариант	Двутавр	Швеллер	Уголок равнобокий	Уголок неравнобокий	a	b	
03	16			63 x 40 x 6	1,6	20	
23	18			70 x 45 x 5	1,8	18	
43	20			75 x 50 x 6	2,0	20	

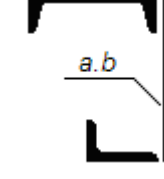
63	22			80 x 50 x 6	2,2	22	
83	24			90 x 56 x 8	2,4	22	

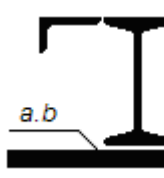
Вариант	Двутавр	Швеллер	Уголок равнобокий	Уголок неравнобокий	a	b	
04		16	70 x 6		1,6	20	
24		18	75 x 7		1,8	18	
44		20	80 x 7		2,0	20	
64		22	90 x 8		2,2	20	
84		24	100 x 8		2,4	22	

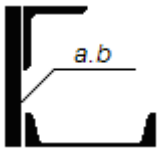
Вариант	Двутавр	Швеллер	Уголок равнобокий	Уголок неравнобокий	a	b	
05		16		90 x 56 x 8	1,6	20	
25		18		80 x 50 x 6	1,8	20	
45		20		75 x 50 x 8	2,0	18	
65		22		70 x 45 x 5	2,2	22	
85		24		63 x 40 x 6	2,4	20	

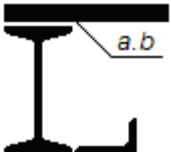
Вариант	Двутавр	Швеллер	Уголок равнобокий	Уголок неравнобокий	a	b	
06	16			63 x 40 x 5	1,6	20	
26	18			70 x 45 x 5	1,8	18	
46	20			75 x 50 x 6	2,0	20	
66	22			80 x 50 x 6	2,2	22	
86	24			90 x 56 x 8	2,4	20	

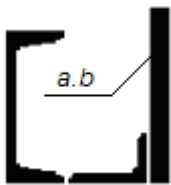
Вариант	Двутавр	Швеллер	Уголок равнобокий	Уголок неравнобокий	a	b	
07		16		63 x 40 x 5	1,6	20	
27		18		70 x 45 x 5	1,8	18	
47		20		75 x 50 x 6	2,0	20	
67		22		80 x 50 x 6	2,2	22	
87		24		90 x 56 x 8	2,4	20	

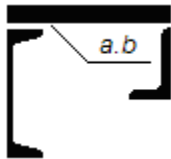
Вариант	Двутавр	Швеллер	Уголок равнобокий	Уголок неравнобокий	a	b	
08		16		63 x 40 x 5	1,6	20	
28		18		70 x 45 x 5	1,8	18	
48		20		75 x 50 x 6	2,0	20	
68		22		80 x 50 x 6	2,2	22	
88		24		90 x 56 x 8	2,4	20	

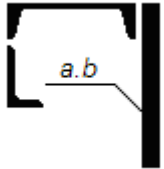
Вариант	Двутавр	Швеллер	Уголок равнобокий	Уголок неравнобокий	a	b	
09	16			63 x 40 x 5	1,6	20	
29	18			70 x 45 x 5	1,8	18	
49	20			75 x 50 x 6	2,0	20	
69	22			80 x 50 x 6	2,2	22	
89	24			90 x 56 x 8	2,4	20	


Вариант	Двутавр	Швеллер	Уголок равнобокий	Уголок неравнобокий	a	b	
10		16	70 x 6		1,6	20	
30		18	75 x 7		1,8	18	
50		20	80 x 7		2,0	20	
70		22	90 x 8		2,2	22	
90		24	100 x 8		2,4	20	


Вариант	Двутавр	Швеллер	Уголок равнобокий	Уголок неравнобокий	a	b	
11	16			63 x 40 x 5	1,6	20	
31	18			70 x 45 x 5	1,8	18	
51	20			75 x 50 x 6	2,0	20	
71	22			80 x 50 x 6	2,2	22	
91	24			90 x 56 x 8	2,4	20	


Вариант	Двутавр	Швеллер	Уголок равнобокий	Уголок неравнобокий	a	b	
12		16		90 x 56 x 8	1,6	20	
32		18		80 x 50 x 6	1,8	20	
52		20		75 x 50 x 8	2,0	18	
72		22		70 x 45 x 5	2,2	22	
92		24		63 x 40 x 6	2,4	20	


Вариант	Двутавр	Швеллер	Уголок равнобокий	Уголок неравнобокий	a	b	
13		16		90 x 56 x 8	1,6	20	
33		18		80 x 50 x 6	1,8	20	
53		20		75 x 50 x 8	2,0	18	
73		22		70 x 45 x 5	2,2	22	
93		24		63 x 40 x 6	2,4	20	


Вариант	Двутавр	Швеллер	Уголок равнобокий	Уголок неравнобокий	a	b	
14		16		90 x 56 x 8	1,6	20	
34		18		80 x 50 x 6	1,8	20	
54		20		75 x 50 x 8	2,0	18	
74		22		70 x 45 x 5	2,2	22	
94		24		63 x 40 x 6	2,4	20	


Вариант	Двутавр	Швеллер	Уголок равнобокий	Уголок неравнобокий	a	b	
15		16	70 x 6		1,6	20	
35		18	75 x 7		1,8	18	
55		20	80 x 7		2,0	20	
75		22	90 x 8		2,2	22	
95		24	100 x 8		2,4	20	

Вариант	Двутавр	Швеллер	Уголок равнобокий	Уголок неравнобокий	a	b	
16		16	70 x 6	90 x 56 x 8			
36		18	75 x 7	80 x 50 x 6			
56		20	80 x 7	75 x 50 x 8			
76		22	90 x 8	70 x 45 x 5			
96		24	100 x 8	63 x 40 x 6			

Вариант	Двутавр	Швеллер	Уголок равнобокий	Уголок неравнобокий	a	b	
17	16		70 x 6	90 x 56 x 8			
37	18		75 x 7	80 x 50 x 6			
57	20		80 x 7	75 x 50 x 8			
77	22		90 x 8	70 x 45 x 5			
97	24		100 x 8	63 x 40 x 6			

Вариант	Двутавр	Швеллер	Уголок равнобокий	Уголок неравнобокий	a	b	
18	16			90 x 56 x 8			
38	18			80 x 50 x 6			
58	20			75 x 50 x 8			
78	22			70 x 45 x 5			
98	24			63 x 40 x 6			

Вариант	Двутавр	Швеллер	Уголок равнобокий	Уголок неравнобокий	a	b	
19		16	70 x 6	90 x 56 x 8			
39		18	75 x 7	80 x 50 x 6			
59		20	80 x 7	75 x 50 x 8			
79		22	90 x 8	70 x 45 x 5			
99		24	100 x 8	63 x 40 x 6			

Вариант	Двутавр	Швеллер	Уголок равнобокий	Уголок неравнобокий	a	b	
20		16	70 x 6	90 x 56 x 8			
40		18	75 x 7	80 x 50 x 6			
60		20	80 x 7	75 x 50 x 8			
80		22	90 x 8	70 x 45 x 5			
00		24	100 x 8	63 x 40 x 6			

### Контрольные вопросы

#### по теме «Геометрические характеристики плоских сечений»

28. Что такое ось бруса?
29. Что такое центр тяжести сечения?
30. Что такое статический момент сечения?
31. Укажите главную ось в пределах контура равнобедренного треугольника, относительно которой осевой момент инерции имеет максимальное значение.
32. Где находится Ц.Т. сечения, состоящего из двух одинаковых частей?
33. Что такое центральные оси сечения?
34. Что такое осевой момент инерции?
35. Может ли главная ось быть нецентральной?
36. Что такое собственный момент инерции?
37. Что такое переносный момент инерции?
38. Ограничено ли изменение осевых моментов инерции при повороте координатных осей на 180°?
39. Есть ли связь между осевыми моментами инерции и полярным моментом инерции сечения?
40. Как определить наибольшее значение центробежного момента инерции сечения?
41. Что такое главные оси сечения?
42. Какое соотношение между осевыми моментами инерции сечения, если центробежный момент инерции достигает своего максимального значения?
43. Что такое полюс сечения?

44. На какой угол нужно повернуть координатные оси, чтобы осевой момент инерции стал равным нулю?
45. Для какой оси из множества параллельных, осевой момент инерции принимает минимальное значение?
46. Когда положение главных осей можно определить без вычислений?
47. Сколько главных осей можно указать для любого сечения?
48. Какие параметры сечения необходимо знать, чтобы вычислить осевые моменты инерции при параллельном переносе осей?
49. Какова размерность статического момента площади сечения?
50. Какова размерность полярного момента инерции?
51. Как, зная один главный момент инерции и два осевых момента инерции, определить максимальный центробежный момент инерции сечения?
52. Как, зная один главный момент инерции и два осевых момента инерции, определить второй главный?
53. Как определить центр тяжести сечения, имеющего две оси симметрии?
54. Как определить центр тяжести сечения, имеющего одну ось симметрии?

## ТЕМА 2. ОСЕВОЕ РАСТЯЖЕНИЕ – СЖАТИЕ

По теме «Осевое растяжение – сжатие» предлагаются два задания. Первое на определение размеров сечений статически определимой стержневой конструкции и второе на раскрытие статической неопределимости и подбор размеров сечения для статически неопределимой системы.

В первой задаче из условия равновесия жесткого бруса, деформацией которого можно пренебречь, необходимо определить усилие в растяжках и подкосах. А также по условию прочности на растяжение или сжатие подобрать размеры поперечного сечения для каждого из стержней, выполняющих функцию растяжек и подкосов. При определении усилий потребуются навыки, полученные в курсе теоретической механики.

К выполнению решения нужно подходить рационально. Если брус шарнирно закреплен на неподвижной опоре, и знание реакций в шарнире не влияет на отыскание усилий в стержнях, то выполнять работу по отысканию этих реакций не нужно.

Искомые усилия находятся из условия равновесия “тела”. Следовательно, необходимо выделить это “тело” из состава конструкции, заменить нарушенные связи реакциями и составить уравнения равновесия “тела”.

При найденных значениях усилий в стержнях по условию прочности определяются размеры сечения. Нельзя забывать о знаке неравенства в условии прочности. Решая неравенство в буквенном выражении относительно искомой величины, конструктор получает информацию о том, в какую сторону он волен принимать решение при назначении размера. Поскольку задача практическая, то маловероятно, что “на складе” найдется профиль точно того размера, который получен расчетом, поэтому необходимо подобрать подходящий.

Подобрав размеры искомых сечений стержней, определяют линейное перемещение заданной точки “К”. Для этого нужно представить картину перемещений жесткого бруса в результате деформирования элементов, выяснить, с деформацией какого или каких элементов связано искомое перемещение  $\delta$  точки К. Определить его с учетом уже принятых размеров сечений, а не тех, что были получены в результате расчета.

Во второй задаче рассматривается статически неопределимая система, состоящая из жесткого бруса и упругих элементов в виде стержней. Стержни работают на растяжение-сжатие. Система единожды статически неопределима, и для ее решения требуется составить дополнительно к уравнениям равновесия уравнение перемещений из условия совместности

деформаций. Задача студента состоит в том, чтобы представить перемещение конструкции, вызванное деформацией упругих элементов, и “увидеть” совместную деформацию, т.е. связать перемещения определенных узлов жесткого бруса с деформациями стержней.

При составлении уравнения используется конструктивно заданное соотношение площадей сечений стержней. Это упрощает решение, но при подборе размеров сечений необходимо учитывать не только условия прочности, но и использованное конструктивное условие. В результате, искомые размеры сечений должны удовлетворять условиям прочности и строго удовлетворять конструктивному условию, иначе нарушается равенство в использованном при решении системы дополнительном уравнении.

### ЗАДАНИЕ 2.1 Определение размеров сечений стержней статически определимой стержневой конструкции

Для стержневой конструкции требуется:

1. Определить усилия в стержнях;
2. Из условия прочности определить величину площади сечения;
3. По величине площади сечения подобрать либо подходящий номер профиля по сортаменту, либо характерный размер сечения (диаметр, сторону квадрата). Для трубчатого сечения принять толщину стенки  $t=0,1D$ .
4. Вычислить вертикальное перемещение точки К.

В расчетах принять для материала стержней  $\sigma_T = 240$  МПа и  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа, допускаемый коэффициент запаса прочности: при растяжении  $[n]_p = 1,6$ , а при сжатии  $[n]_c = 3,2$ . Длина второго стержня  $L_2 = 200$  см, если она не определяется через заданные размеры схемы. Длина первого стержня  $L_1$  определяется из таблицы или через заданные размеры на схеме. Линейные размеры на схеме заданы в сантиметрах.

Остальные исходные данные задачи взять из таблицы 2.1.

Таблица 2.1 - Варианты задания

Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	L <sub>1</sub> м	Форма 1	Форма 2	
01	14	48	55	2,6	●	+	
21	16	68	60	2,8	○	┌	
41	18	88	65	2,3	┌	■	
61	20	58	70	2,5	└	┌	
81	22	78	75	2,7	+	┌	

Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	L <sub>1</sub> м	Форма 1	Форма 2	
02	18	88	120	2,9	●	+	
22	16	78	130	3,1	○	┌	
42	24	96	140	3,0	┌	■	
62	20	120	150	3,2	└	┌	
82	22	85	160	3,4	+	┌	

Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	L <sub>1</sub> м	Форма 1	Форма 2	
03	42	110	120	2,0	●	+	
23	46	120	130	2,2	○	┌	
43	40	130	140	2,4	┌	■	

63	38	140	150	2,6	└	┌	
83	36	160	160	2,8	+	┐	

Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	L <sub>1</sub> м	Форма 1	Форма 2	
04	28	100	150	2,1	●	└	
24	24	92	140	1,6	○	┌	
44	20	78	130	1,8	┐	■	
64	16	98	120	2,0	└	┌	
84	18	75	110	2,2	└	┐	

Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	L <sub>1</sub> м	Форма 1	Форма 2	
05	22	98	120	3,4	●	└	
25	16	84	130	3,6	○	┌	
45	24	120	140	3,2	┐	■	
65	20	96	150	3,0	└	┌	
85	18	75	160	2,8	└	┐	

Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	L <sub>1</sub> м	Форма 1	Форма 2	
06	14	48	55	2,6	●	└	
26	16	68	60	2,8	○	┌	
46	18	88	65	2,3	┐	■	
66	20	58	70	2,5	└	┌	
86	22	78	75	2,7	└	┐	

Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	L <sub>1</sub> м	Форма 1	Форма 2	
07	18	88	120	2,9	●	└	
27	16	78	130	3,1	○	┌	
47	24	96	140	3,0	┐	■	
67	20	120	150	3,2	└	┌	
87	22	85	160	3,4	└	┐	

Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	L <sub>1</sub> м	Форма 1	Форма 2	
08	42	110	120	2,0	●	└	
28	46	120	130	2,2	○	┌	
48	40	130	140	2,4	┐	■	
68	38	140	150	2,6	└	┌	
88	36	160	160	2,8	└	┐	



Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	L <sub>1</sub> м	Форма 1	Форма 2
09	28	100	150	2,1	●	⊕
29	24	92	140	1,6	○	┌
49	20	78	130	1,8	┌	■
69	16	98	120	2,0	└	┌
89	18	75	110	2,2	⊕	┌

Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	L <sub>1</sub> м	Форма 1	Форма 2
10	22	98	120	3,4	●	⊕
30	16	84	130	3,6	○	┌
50	24	120	140	3,2	┌	■
70	20	96	150	3,0	└	┌
90	18	75	160	2,8	⊕	┌

Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	L <sub>1</sub> м	Форма 1	Форма 2
11	14	48	55	2,6	●	⊕
31	16	68	60	2,8	○	┌
51	18	88	65	2,3	┌	■
71	20	58	70	2,5	└	┌
91	22	78	75	2,7	⊕	┌

Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	L <sub>1</sub> м	Форма 1	Форма 2
12	18	88	120	2,9	●	⊕
32	16	78	130	3,1	○	┌
52	24	96	140	3,0	┌	■
72	20	120	150	3,2	└	┌
92	22	85	160	3,4	⊕	┌

Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	L <sub>1</sub> м	Форма 1	Форма 2
13	42	110	120	2,0	●	⊕
33	46	120	130	2,2	○	┌
53	40	130	140	2,4	┌	■
73	38	140	150	2,6	└	┌
93	36	160	160	2,8	⊕	┌

Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	L <sub>1</sub> м	Форма 1	Форма 2
14	28	100	150	2,1	●	⊕
34	24	92	140	1,6	○	┌

54	20	78	130	1,8	Г	■	
74	16	98	120	2,0	Г	└	
94	18	75	110	2,2	+	Г	

Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	L <sub>1</sub> м	Форма 1	Форма 2	
15	22	98	120	3,4	●	+	
35	16	84	130	3,6	○	└	
55	24	120	140	3,2	Г	■	
75	20	96	150	3,0	Г	└	
95	18	75	160	2,8	+	Г	

Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	L <sub>1</sub> м	Форма 1	Форма 2	
16	14	48	55	2,6	●	+	
36	16	68	60	2,8	○	└	
56	18	88	65	2,3	Г	■	
76	20	58	70	2,5	Г	└	
96	22	78	75	2,7	+	Г	

Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	L <sub>1</sub> м	Форма 1	Форма 2	
17	18	88	120	2,9	●	+	
37	16	78	130	3,1	○	└	
57	24	96	140	3,0	Г	■	
77	20	120	150	3,2	Г	└	
97	22	85	160	3,4	+	Г	

Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	L <sub>1</sub> м	Форма 1	Форма 2	
18	42	110	120	2,0	●	+	
38	46	120	130	2,2	○	└	
58	40	130	140	2,4	Г	■	
78	38	140	150	2,6	Г	└	
98	36	160	160	2,8	+	Г	

Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	L <sub>1</sub> м	Форма 1	Форма 2	
19	28	100	150	2,1	●	+	
39	24	92	140	1,6	○	└	
59	20	78	130	1,8	Г	■	
79	16	98	120	2,0	Г	└	
99	18	75	110	2,2	+	Г	

Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	L <sub>1</sub> м	Форма 1	Форма 2

20	22	98	120	3,4	●	⊕
40	16	84	130	3,6	○	⊔
60	24	120	140	3,2	⊔	■
80	20	96	150	3,0	⊔	⊔
00	18	75	160	2,8	⊕	⊔

## ЗАДАНИЕ 2.2. Определение размеров сечений стержней статически неопределимой стержневой конструкции

Для статически неопределимой стержневой системы требуется:

1. Раскрыть статическую неопределимость, считая горизонтальную балку абсолютно жесткой;
2. Подобрать из условия прочности требуемые площади поперечных сечений стержней. Материал стержней считать одинаковым. Длина первого стержня  $L_1 = 100$  см, а второго -  $L_2 = 200$  см.

Допускаемые напряжения для материала стержней : на растяжение  $[\sigma]_p = 160$  МПа, и на сжатие  $[\sigma]_c = 80$  МПа.

Линейные размеры на схеме заданы в сантиметрах.

Остальные исходные данные взять из таблицы 2.2

Таблица 2.2 - Варианты задания

Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>
01	30	71	61	1,3
21	40	95	75	1,9
41	36	85	65	1,7
61	32	63	91	1,5
81	35	91	85	2,2

Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>
02	26	45	60	1,4
22	36	80	80	1,6
42	32	60	70	1,8
62	40	72	65	2,0
82	37	84	85	2,2

Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>
03	3,4	9,3	10	1,4
23	4,0	8,9	13	1,6
43	3,6	8,1	9,5	1,8
63	3,2	7,2	7,5	2,0

83	3,4	8,3	8,5	2,2	
----	-----	-----	-----	-----	--

Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>	
04	4,5	5,5	8,8	1,3	
24	4,0	4,5	9,0	1,5	
44	3,6	5,0	9,5	1,7	
64	3,2	6,5	8,4	1,9	
84	3,0	5,0	7,2	2,1	

Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>	
05	30	71	61	1,3	
25	40	95	75	1,9	
45	36	85	65	1,7	
65	32	63	91	1,5	
85	35	91	85	2,2	

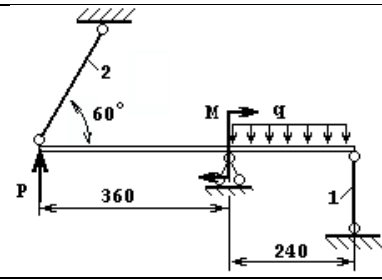
Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>	
06	26	45	60	1,4	
26	36	80	80	1,6	
46	32	60	70	1,8	
66	40	72	65	2,0	
86	37	84	85	2,2	

Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>	
07	3,4	9,3	10	1,4	
27	4,0	8,9	13	1,6	
47	3,6	8,1	9,5	1,8	
67	3,2	7,2	7,5	2,0	
87	3,4	8,3	8,5	2,2	

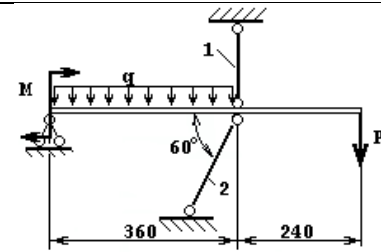
Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>	
08	4,5	5,5	8,8	1,3	
28	4,0	4,5	9,0	1,5	
48	3,6	5,0	9,5	1,7	
68	3,2	6,5	8,4	1,9	
88	3,0	5,0	7,2	2,1	

Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>
---------	-----------	---------	-----------	--------------------------------

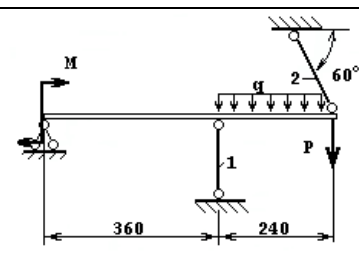
09	30	71	61	1,3
29	40	95	75	1,9
49	36	85	65	1,7
69	32	63	91	1,5
89	35	91	85	2,2



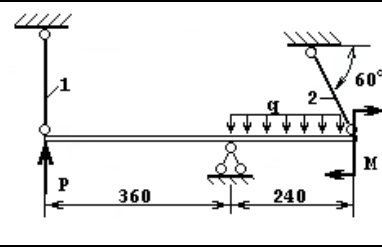
Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>
10	26	45	60	1,4
30	36	80	80	1,6
50	32	60	70	1,8
70	40	72	65	2,0
90	37	84	85	2,2



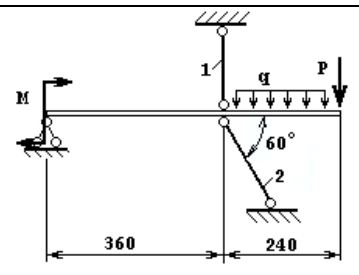
Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>
11	3,4	9,3	10	1,4
31	4,0	8,9	13	1,6
51	3,6	8,1	9,5	1,8
71	3,2	7,2	7,5	2,0
91	3,4	8,3	8,5	2,2



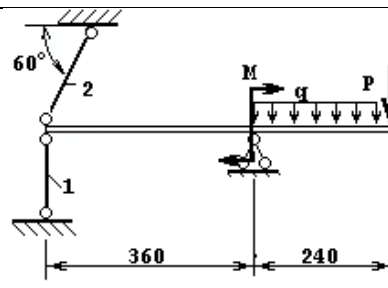
Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>
12	4,5	5,5	8,8	1,3
32	4,0	4,5	9,0	1,5
52	3,6	5,0	9,5	1,7
72	3,2	6,5	8,4	1,9
92	3,0	5,0	7,2	2,1



Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>
13	30	71	61	1,3
33	40	95	75	1,9
53	36	85	65	1,7
73	32	63	91	1,5
93	35	91	85	2,2



Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>
14	26	45	60	1,4
34	36	80	80	1,6
54	32	60	70	1,8
74	40	72	65	2,0
94	37	84	85	2,2



Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>
15	4,5	5,5	8,8	1,3
35	4,0	4,5	9,0	1,5
55	3,6	5,0	9,5	1,7
75	3,2	6,5	8,4	1,9

95	3,0	5,0	7,2	2,1	
----	-----	-----	-----	-----	--

Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>	
16	4,5	5,5	8,8	1,3	
36	4,0	4,5	9,0	1,5	
56	3,6	5,0	9,5	1,7	
76	3,2	6,5	8,4	1,9	

Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>	
17	30	71	61	1,3	
37	40	95	75	1,9	
57	36	85	65	1,7	
77	32	63	91	1,5	

Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>	
18	26	45	60	1,4	
38	36	80	80	1,6	
58	32	60	70	1,8	
78	40	72	65	2,0	

Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>	
19	3,4	9,3	10	1,4	
39	4,0	8,9	13	1,6	
59	3,6	8,1	9,5	1,8	
79	3,2	7,2	7,5	2,0	

Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>	
20	4,5	5,5	8,8	1,3	
40	4,0	4,5	9,0	1,5	
60	3,6	5,0	9,5	1,7	

00	3,0	5,0	7,2	2,1	
----	-----	-----	-----	-----	--

### Контрольные вопросы по теме «Осевое растяжение-сжатие»

28. Что называется, напряжением?
  29. Какие выделяют компоненты напряжения в площадке сечения?
  30. Почему составляющие напряжения носят такие названия?
  31. Почему осевое растяжение-сжатие относится к простым деформациям?
  32. Объяснить *Закон Гука*?
  33. Какой геометрический смысл имеет *модуль Юнга*?
  34. Какой физический смысл имеет *модуль Юнга*?
  35. Что такое абсолютное удлинение?
  36. Что такое относительная деформация?
  37. Абсолютное удлинение и относительная деформация, которое из них несет большую информацию о деформированном состоянии?
  38. От чего зависит деформация при осевом растяжении-сжатии?
  39. В чем состоит принцип суперпозиции, и есть ли предел его применимости?
  40. Что называется, жесткостью при осевом растяжении-сжатии?
  41. Что такое «допускаемое напряжение»?
  42. В чем смысл условия прочности?
  43. В чем смысл условия жесткости?
  44. Что такое предел текучести материала  $\sigma_T$ ?
  45. Что влияет на выбор коэффициента запаса прочности?
  46. В чем состоит условность диаграммы растяжения образца из мягкой стали?
  47. Почему по диаграмме  $\sigma - \epsilon$  разрушение при растяжении происходит не при наибольших напряжениях?
  48. Имеет ли смысл предел временного сопротивления?
  49. Как определяется величина силы в сечении?
  50. Какие задачи называют статически неопределимыми.
  51. Что называют степенью статической неопределимости?
  52. Как называется дополнительное уравнение при раскрытии статической неопределимости?
  53. Чем объясняется «ступенька» на эпюре внутреннего силового фактора?
  54. Когда на контуре эпюры появляется излом?
- В качестве промежуточного контроля успеваемости используется тестирование по модулю «Свойства материалов и простейшие деформации»,  
 Экспресс-опрос по основным понятиям курса;  
 Экспресс-контрольные работы на 15 минут на применение изученных методов и приемов решения задач;

Защита индивидуальных заданий;

Защита отчетов по лабораторным работам.

#### Вопросы к экзамену

46. Действие сил на физические тела.
47. Реальный объект и расчётная модель.
48. Внутренние силы.
49. Напряжения.
50. Деформации линейные и угловые.
51. Связь между напряжениями и деформациями.

52. Основные геометрические характеристики плоских сечений.
53. Преобразование моментов инерции при параллельном переносе осей.
54. Преобразование моментов инерции при повороте координатных осей.
55. Главные оси и главные моменты инерции.
56. Задачи, решаемые с помощью круга Мора для плоского сечения.
57. Осевое растяжение и сжатие.
58. Графики изменения внутренних силовых факторов и деформаций при растяжении (примеры).
59. Деформации при изменении температуры.
60. Потенциальная энергия деформации растяжения.
61. Статически определимые и неопределимые системы.
62. Напряжённое состояние при растяжении-сжатии.
63. Основные механические характеристики материала.
64. Построение истинной диаграммы растяжения.
65. Растяжение и сжатие под влиянием собственного веса. Стержень равного сопротивления.
66. Расчёт проводов и тросов.
67. Деформация сдвига.
68. Деформация кручения.
69. Расчёт валов на кручение.
70. Разрушение материалов при кручении.
71. Кручение бруса с некруглым поперечным сечением.
72. Применение пленочной (мембранной) аналогии при исследовании кручения.
73. Деформация изгиба.
74. Дифференциальные (интегральные) зависимости при изгибе.
75. Напряжения в бресе при чистом изгибе.
76. О рациональном сечении при деформации изгиба.
77. Влияние поперечных сил на распределение нормальных напряжений при изгибе.
78. Касательные напряжения при поперечном изгибе. Формула Журавского.
79. Влияние формы сечения на применимость формулы Журавского.
80. Анализ изгиба, свободного и стянутого пакетов листов.
81. Брусья равного сопротивления при изгибе.
82. Дифференциальное уравнение упругой линии бруса.
83. Интегрирование дифференциального уравнения упругой линии бруса.
84. Интегрирование дифференциального уравнения в случае сложных нагрузок.
85. Универсальное уравнение упругой линии балки.
86. Балка на упругом основании.
87. Напряжённое состояние в точке.
88. Определение напряжений в площадке общего положения.
89. Главные оси и главные напряжения.
90. Круговая диаграмма напряжённого состояния. Круг Мора.

## **ТЕМА 6. РАСЧЕТ БРУСА С ПРОСТРАНСТВЕННО ИЗОГНУТОЙ ОСЬЮ НА СЛОЖНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ**

Коленчатый вал двигателя внутреннего сгорания представляет собой брус с пространственно изогнутой осью.

В задании рассматривается брус упрощенной формы, у которого один конец жестко заземлен и колена направлены параллельно осям прямоугольной системы координат.

Даже простая нагрузка, прикладываемая к одному элементу бруса и вызывающая в этой части простую деформацию, в других частях бруса уже вызывает сложное напряженно-



деформированное состояние, называемое сложным сопротивлением. Как известно, в консольном бруске можно не искать опорные реакции в заделке, если выбрать начало отсчета на свободном конце консоли. В случае ломаного бруска, применив такой же прием, можно избавиться от нахождения шести составляющих опорной реакции. Перемещаясь к заделке, последовательно рассчитываются прямые элементы бруска. Поскольку в расчете появляется много силовых факторов, и есть реальная возможность допустить ошибки, рекомендуется первоначально задаться направлением координатных осей, направив их параллельно осям колен бруска. Принять обозначения осей согласно правосторонней системе координат и не изменять обозначения при переходе к смежным частям бруска.

При отсутствии практического навыка рекомендуется вычертить каждое колено отдельно, показав всю действующую нагрузку, и составить выражения для всех шести внутренних силовых факторов. По полученным выражениям построить эпюры, ориентируя графики в тех плоскостях, в которых действуют рассматриваемые факторы. Для лучшей читаемости полученного решения графики лучше строить на четырех осях, повторяющих контур заданного бруска. Отдельно строятся эпюры нормальной силы  $N(x)$ , крутящего момента  $M_{кр}$ , изгибающего момента  $M_{изг}$  и поперечной силы  $Q(x)$ . Эпюры изгибающего момента и поперечной силы для каждого колена бруска строятся в двух плоскостях, в которых эти факторы действуют.

При переходе к следующему участку бруска в его начало переносится вся нагрузка, приложенная к предыдущему, по правилам, известным из теоретической механики. Момент пары сил переносится без изменений, а при параллельном переносе силы добавляется момент равный произведению силы на плечо переноса. Знание дифференциально-интегральной зависимости между  $Q(x)$  и  $M_{изг}$  позволяет точнее отразить на графике характер изменения изгибающего момента по длине элемента бруска.

По эпюрам отыскивается опасное сечение в каждом колене бруска и значения всех силовых факторов в этом сечении. Если имеет место сложное сопротивление, то подбор размеров сечения осуществляется по критерию наибольших касательных напряжений, известной как третья теория прочности. Эквивалентный расчетный момент в опасном сечении получают по формуле

$$M_{эkv} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2}.$$

По заданию для такого участка предлагается подобрать брус круглого поперечного сечения, Расчетный диаметр определяется из условия прочности

$$\sigma = \frac{M_{эkv}}{W_{осевой}} \leq [\sigma], \quad W_{осевой} = \frac{\pi d^3}{32} \Rightarrow d \geq \sqrt[3]{\frac{32 M_{эkv}}{\pi [\sigma]}}$$

Проверку прочности проводим по формуле

$$\sigma_{эkv}^{III} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} \leq [\sigma]$$

Если в сечении действует еще и продольная сила  $N$ , то нормальные и касательные напряжения определяются и  $\sigma_{эkv}^{III}$  будет больше  $[\sigma]$ , так как при подборе сечения не учитывалась продольная сила.

$$\sigma = \sigma(M_{изг1}) + \sigma(M_{изг2}) + \sigma(N), \quad \tau = \tau(M_{крут})$$

Поэтому задачу можно решить последовательными приближениями, задаваясь приращением диаметра  $\Delta d$  и проверяя напряжения по условию прочности.

Приветствуется инициатива студентов, которые найдут и применят другой способ решения: путем решения кубического уравнения относительно диаметра либо нахождение приращения диаметра через дифференциал, либо какой-то иной.

### ЗАДАНИЕ 6. Расчет ломаного бруса на сложное сопротивление

Для пространственного ломаного консольного бруса требуется:

1. Построить эпюры всех действующих в сечении элемента внутренних сил, принимая значения силы и пары сил равными:  $P_1 = q \cdot a$ ,  $M = q \cdot b^2$ ;

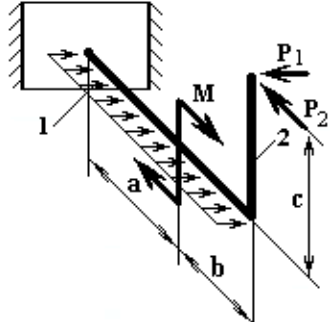
2. Подобрать размеры стального бруса при допуске нормальном напряжением  $[\sigma] = 160$  МПа, если конструктивно задано, что: стержень 1 - сплошного круглого сечения; стержень 2 - сплошного прямоугольного сечения с отношением высоты к ширине как 3:2; стержень 3 - полового круглого сечения с толщиной стенки составляющей 20% от наружного диаметра.

Подбор сечения производить по эквивалентному моменту  $M_{экв} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2}$ .

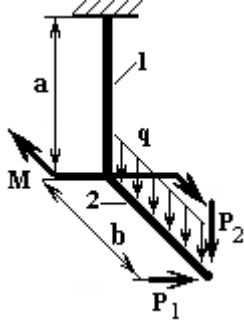
3. Проверить прочность, учитывая составляющую нормального напряжения от нормальной силы. При одновременном действии в точке нормальных и касательных напряжений эквивалентные напряжения определяются по теории наибольших касательных напряжений  $\sigma_{экв}^{III} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}$ . При необходимости скорректировать размеры.

Таблица 1.6.1 - Варианты задания

Вариант	q, кН/м	P <sub>2</sub> /P <sub>1</sub>	a, м	b, м	c, м
01	15	1.0	2.0	1.2	1.5
21	18	1.2	1.8	1.4	2.4
41	20	1.4	1.6	1.5	2.2
61	25	1.6	1.2	1.6	2.0
81	12	1.5	1.5	2.0	2.6

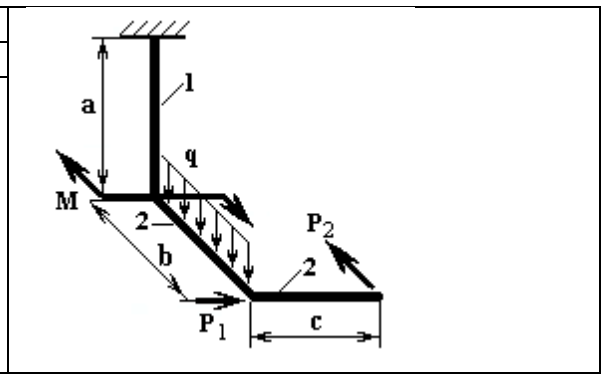


Вариант	q, кН/м	P <sub>2</sub> /P <sub>1</sub>	a, м	b, м	c, м
02	15	1.2	2.0	1.2	-
22	18	1.5	1.8	1.4	-
42	20	2.0	1.6	1.5	-
62	25	1.8	1.2	1.6	-
82	12	1.6	1.5	2.0	-

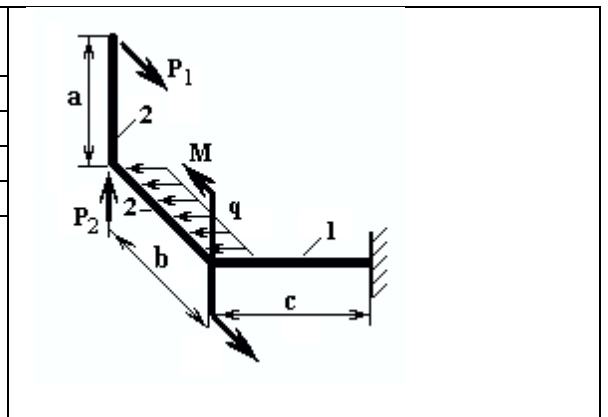


Вариант	q, кН/м	P <sub>2</sub> /P <sub>1</sub>	a, м	b, м	c, м
03	15	1.0	2.0	1.2	1.5
23	18	1.4	1.8	1.4	1.4

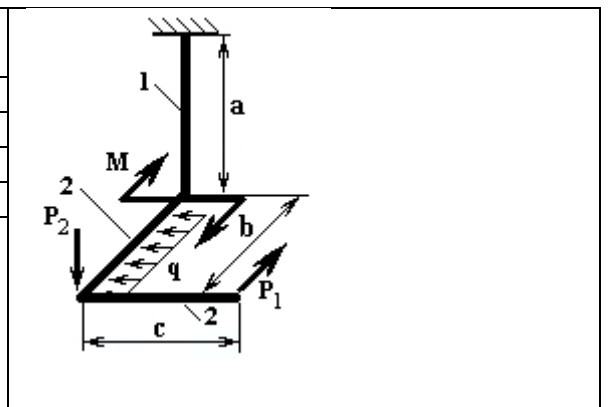
43	20	1.6	1.6	1.5	1.2
63	25	1.5	1.2	1.6	1.0
83	12	2.0	1.5	2.0	1.6



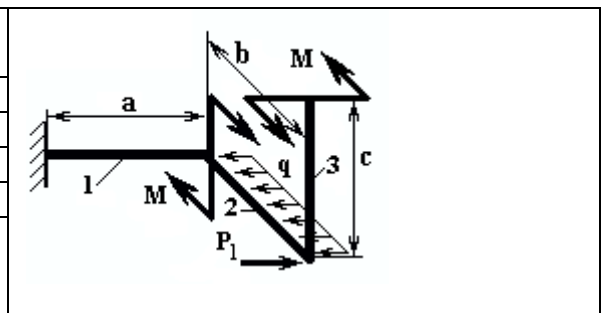
Вариант	q, кН/м	P <sub>2</sub> /P <sub>1</sub>	a, м	b, м	c, м
04	15	1.0	2.0	1.2	1.5
24	18	1.4	1.8	1.4	1.4
44	20	1.6	1.6	1.5	1.2
64	25	1.5	1.2	1.6	1.0
84	12	2.0	1.5	2.0	1.6



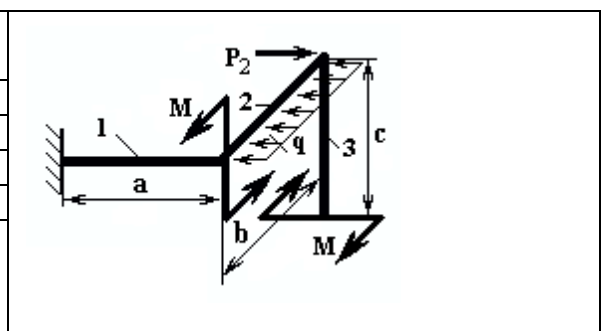
Вариант	q, кН/м	P <sub>2</sub> /P <sub>1</sub>	a, м	b, м	c, м
05	15	1.0	2.0	1.2	1.5
25	18	1.4	1.8	1.4	1.4
45	20	1.6	1.6	1.5	1.2
65	25	1.5	1.2	1.6	1.0
85	12	2.0	2.2	2.0	1.6



Вариант	q, кН/м	P <sub>2</sub> /P <sub>1</sub>	a, м	b, м	c, м
06	15	1.2	2.0	1.2	1.5
26	18	1.5	1.8	1.4	1.4
46	20	2.0	1.6	1.5	1.2
66	25	1.8	1.2	1.6	1.0
86	12	1.6	2.2	2.0	1.6



Вариант	q, кН/м	P <sub>2</sub> /P <sub>1</sub>	a, м	b, м	c, м
07	15	1.2	2.0	1.2	1.5
27	18	1.5	1.8	1.4	1.4
47	20	2.0	1.6	1.5	1.2
67	25	1.8	1.2	1.6	1.0
87	12	1.6	2.2	2.0	1.6



Вариант	q, кН/м	P <sub>2</sub> /P <sub>1</sub>	a, м	b, м	c, м
08	15	2.0	1.2	1.5	1.5
28	18	1.8	1.4	1.4	1.4
48	20	1.6	1.5	1.2	1.2
68	25	1.8	1.6	1.0	1.0
88	12	2.5	2.0	1.6	1.6

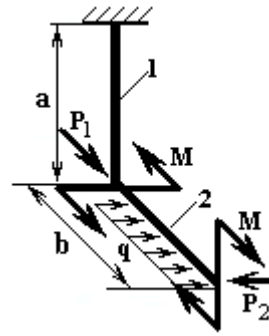
Вариант	q, кН/м	P <sub>2</sub> /P <sub>1</sub>	a, м	b, м	c, м
09	15	-	2.0	3.2	2.5
29	18	-	1.8	3.4	2.4
49	20	-	1.6	3.5	2.2
69	25	-	1.2	3.6	2.0
89	12	-	1.5	3.0	2.6

Вариант	q, кН/м	P <sub>2</sub> /P <sub>1</sub>	a, м	b, м	c, м
10	15	-	2.0	1.2	1.5
30	18	-	1.8	1.4	1.4
50	20	-	1.6	1.5	1.2
70	25	-	1.2	1.6	1.0
90	12	-	1.5	2.0	1.6

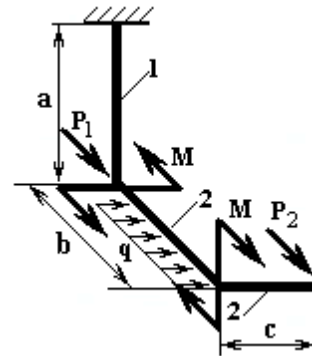
Вариант	q, кН/м	P <sub>2</sub> /P <sub>1</sub>	a, м	b, м	c, м
11	15	1.2	2.0	1.2	-
31	18	1.5	1.8	1.4	-
51	20	2.0	1.6	1.5	-
71	25	1.8	1.2	1.6	-
91	12	1.6	1.5	2.0	-

Вариант	q, кН/м	P <sub>2</sub> /P <sub>1</sub>	a, м	b, м	c, м
12	15	1.2	2.0	1.2	-
32	18	1.5	1.8	1.4	-
52	20	2.0	1.6	1.5	-

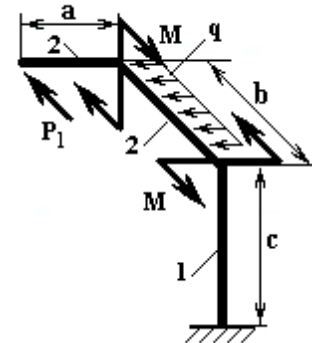
72	25	1.8	1.2	1.6	-
92	12	1.6	3.0	2.0	-



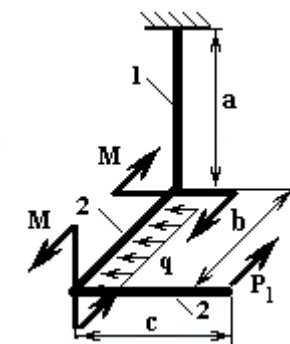
Вариант	q, кН/м	P <sub>2</sub> /P <sub>1</sub>	a, м	b, м	c, м
13	15	1.2	2.0	1.2	1.5
33	18	1.5	1.8	1.4	1.4
53	20	2.0	1.6	1.5	1.2
73	25	1.8	1.2	1.6	1.0
93	12	1.6	3.0	2.0	1.6



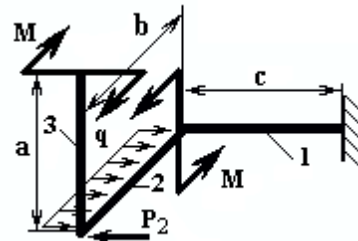
Вариант	q, кН/м	P <sub>2</sub> /P <sub>1</sub>	a, м	b, м	c, м
14	15	-	1.0	1.2	1.5
34	18	-	0.8	1.4	1.4
54	20	-	1.6	1.5	1.2
74	25	-	1.2	1.6	1.0
94	12	-	2.0	2.0	1.6



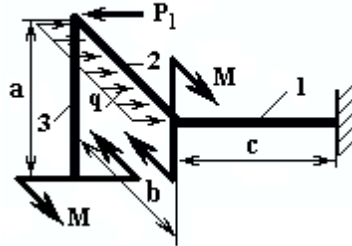
Вариант	q, кН/м	P <sub>2</sub> /P <sub>1</sub>	a, м	b, м	c, м
15	15	-	2.0	1.2	1.5
35	18	-	1.8	1.4	1.4
55	20	-	1.6	1.5	1.2
75	25	-	1.2	1.6	1.0
95	12	-	1.5	2.0	1.6



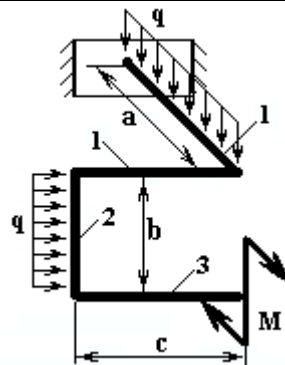
Вариант	q, кН/м	P <sub>2</sub> /P <sub>1</sub>	a, м	b, м	c, м
16	15	1.2	2.0	1.2	1.5
36	18	1.5	1.8	1.4	1.4
56	20	2.0	1.6	1.5	1.2
76	25	1.8	1.2	1.6	1.0
96	12	1.6	3.0	2.0	1.6



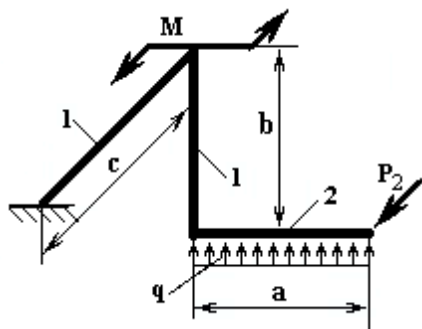
Вариант	q, кН/м	P <sub>2</sub> /P <sub>1</sub>	a, м	b, м	c, м
17	15	-	2.0	1.2	1.5
37	18	-	1.8	1.4	1.4
57	20	-	1.6	1.5	1.2
77	25	-	1.2	1.6	1.0
97	12	-	1.5	2.0	1.6



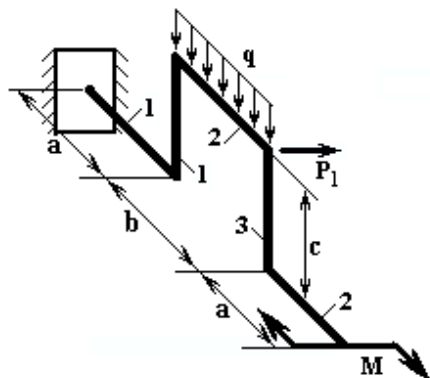
Вариант	q, кН/м	P <sub>2</sub> /P <sub>1</sub>	a, м	b, м	c, м
18	15	-	2.0	1.2	1.5
38	18	-	1.8	1.4	1.4
58	20	-	1.6	1.5	1.8
78	25	-	1.2	1.6	2.0
98	12	-	1.5	2.0	1.6



Вариант	q, кН/м	P <sub>2</sub> /P <sub>1</sub>	a, м	b, м	c, м
19	15	1.2	2.0	1.2	1.5
39	18	1.5	1.8	1.4	1.4
59	20	2.0	1.6	1.5	1.2
79	25	1.8	1.2	1.6	1.0
99	12	1.6	1.5	2.0	1.6



Вариант	q, кН/м	P <sub>2</sub> /P <sub>1</sub>	a, м	b, м	c, м
20	15	1.2	2.0	1.2	1.5
40	18	1.5	1.8	1.4	1.4
60	20	2.0	1.6	1.5	1.2
80	25	1.8	1.2	1.6	1.0
00	12	1.6	1.5	2.0	1.6



### Контрольные вопросы по теме «Сложное сопротивление»

35. Что называется, напряжением?
36. Какие выделяют компоненты напряжения?
37. Почему составляющие напряжения носят такие названия?
38. Как формулируется *Закон Гука*?
39. Что такое абсолютное удлинение?
40. Что такое относительная деформация?
41. Абсолютная и относительная деформация, какая из них несет большую информацию о деформированном состоянии?
42. Что такое допускаемое напряжение?
43. В чем смысл условия прочности?
44. В чем смысл условия жесткости?
45. Что влияет на выбор коэффициента запаса прочности?
46. Что такое нормальная сила?
47. Что такое поперечная сила?
48. Что такое изгибающий момент?
49. Что такое крутящий момент?
50. Как определяется величина силы в сечении?
51. Как определяется изгибающий момент в сечении?
52. Что называется плечом переноса силы?
53. Как проверить правильность построения эпюры *Мизг* по эпюре *Q*?
54. Как “угадать” характер эпюры *Мизг* по эпюре *Q*?
55. Как найти значение изгибающего момента в сечении, если есть в наличии эпюра *Q*?
56. Что такое чистый изгиб?
57. Что такое поперечный изгиб?
58. Что такое косоу изгиб?
59. Как определить нормальные напряжения в любой точке сечения при чистом изгибе?
60. Что называют осевым моментом сопротивления?
61. Что характеризует осевой момент сопротивления?
62. Какие внешние нагрузки при поперечном изгибе допускают использование формулы для нормальных напряжений при чистом изгибе?
63. Как по эпюре *Мизг* представить вид изогнутой оси бруса?
64. В каком случае при поперечном изгибе учитываются оба напряжения: нормальное и касательное?
65. Почему в *формуле Журавского* допускается раздвоение в определении статического момента?
66. Что такое «Теория прочности»?
67. Чем вызвано многообразие теорий прочности?
68. Как произвести подбор сечения в случае одновременного действия нормальной силы и изгибающего момента?

### ТЕМА 7. ВНЕЦЕНТРЕННОЕ СЖАТИЕ КОЛОННЫ

Рассматривается внецентренное сжатие каменной колонны с низким уровнем допускаемых напряжений на растяжение. Наличие оси симметрии поперечного сечения облегчает нахождение главных осей и главных моментов инерции сечения. По известной формуле нормальных напряжений для внецентренного растяжения – сжатия определяется

положение нейтральной линии

$$\sigma = \frac{P}{A} \left( 1 + \frac{x_p x}{i_y^2} + \frac{y_p y}{i_x^2} \right),$$

где  $P$  - величина внецентренной силы;  $A$  – площадь поперечного сечения;  $x_p, y_p$  – координаты точки приложения силы – полюса;  $x, y$  – координаты точки, в которой определяется напряжение;  $i_x, i_y$  – радиусы инерции сечения.

Затем визуально определяются точки сечения, наиболее удаленные от нейтральной линии, и вычисляются значения нормальных напряжений в этих точках.

Вокруг центра тяжести сечения можно выделить область, при приложении силы в которой, во всех точках сечения напряжения принимают значения одного знака. Эта область называется ядром сечения. Знание формы и размеров ядра сечения актуально для материалов, в которых недопустимо наличие растягивающих напряжений. Определяется форма ядра расчетом и графическим построением.

Задавая положение нейтральной линии, касающейся контура сечения, находят координаты полюса. Для этого решаем систему, составленную из двух уравнений нейтральной линии. Эти уравнения относительно  $x_p$  и  $y_p$  получают, если подставить значения координат двух точек, принадлежащих нейтральной линии, вместо  $x$  и  $y$ . Последовательно обходя касательными весь контур сечения, получают все угловые точки ядра сечения. После этого полюсы соединяются прямыми отрезками, образующими выпуклую границу контура ядра сечения.

***Ядро сечения это такая область сечения, при приложении внецентренной силы в которой, во всех точках сечения возникают напряжения одного знака.***

Анализируя уравнение нейтральной линии, внимательный студент обнаружит взаимобратимость контура ядра сечения и контура, образованного внешними касательными к самому сечению.

Действие боковой силы приводит к появлению дополнительных нормальных напряжений в сечениях ниже уровня действия этой силы. Наибольшего значения они достигают у основания колонны, в точках наиболее удаленных от нейтральной линии, проходящей через центр тяжести сечения перпендикулярно линии действия силы. Построив эпюры нормальных напряжений отдельно от сил  $P_1$  и  $P_2$ , можно определить напряжения в любой точке сечения суммированием напряжений, снятых с каждой эпюры.

Выявив наиболее напряженные точки сечения в основании колонны, сравнивают напряжения в них с допускаемыми. В случае превышения допускаемого уровня, выясняют возможность их понижения путем изменения величины приложенной силы  $P_1$ . Поскольку допускаемые напряжения на растяжение значительно ниже допускаемых напряжений на сжатие, то проверяется выполнение условия прочности в точках сечения по напряжениям сжатия и растяжения одновременно.

## **ЗАДАНИЕ 7. Внецентренное сжатие колонны**



Каменная колонна нагружена силами  $P_1$  и  $P_2$ . Сила  $P_2$  действует горизонтально в плоскости симметрии. Линия действия силы  $P_1$  параллельна оси колонны и проходит через полюс - точку сечения, заданную вариантом. Определить положение нейтральной линии и проверить прочность колонны при действии обеих сил, построить ядро сечения. В случае неудовлетворительной прочности подобрать допустимое значение силы  $P_1$ .

В расчетах принять:  $[\sigma]_p = 250$  кПа;

$[\sigma]_{сж} = 1200$  кПа.

*Примечание.* Размеры сечения заданы в дециметрах.

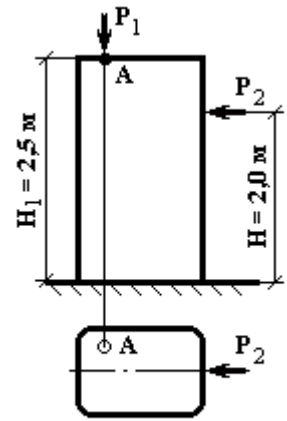
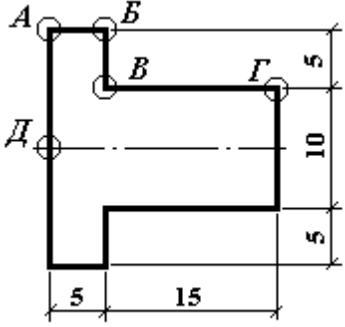


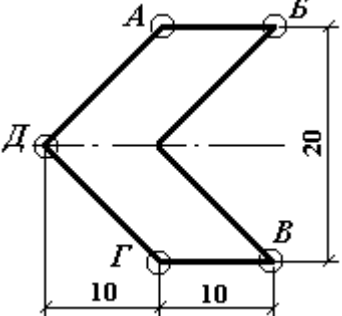
Таблица 1.7.1 - Варианты задания

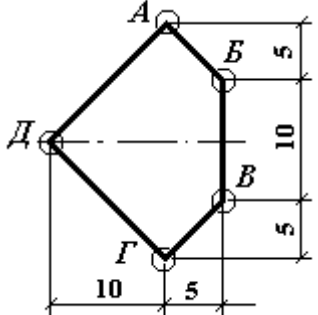
Вариант	Полюс	$P_1$ , кН	$P_2$ , кН	
01	А	600	50	
21	Б	400	60	
41	В	650	70	
61	Г	700	60	
81	Д	500	50	

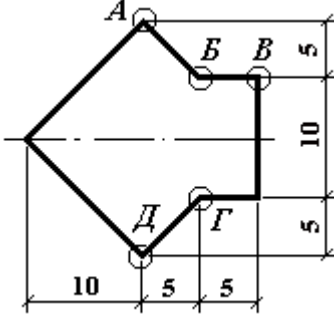
Вариант	Полюс	$P_1$ , кН	$P_2$ , кН	
02	А	300	50	
22	Б	400	60	
42	В	350	70	
62	Г	450	60	
82	Д	500	50	

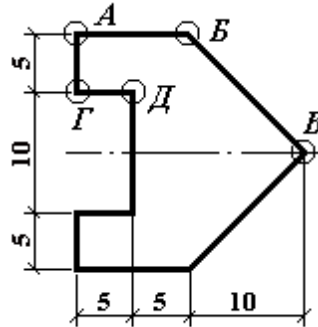
Вариант	Полюс	$P_1$ , кН	$P_2$ , кН	
03	А	400	50	
23	Б	450	60	
43	В	500	70	
63	Г	450	60	

83	Д	550	50	
----	---	-----	----	--

Вариант	Полюс	$P_1$ , кН	$P_2$ , кН	
04	А	400	50	
24	Б	350	60	
44	В	350	70	
64	Г	400	60	
84	Д	450	50	

Вариант	Полюс	$P_1$ , кН	$P_2$ , кН	
05	А	500	50	
25	Б	450	60	
45	В	450	70	
65	Г	400	60	
85	Д	350	50	

Вариант	Полюс	$P_1$ , кН	$P_2$ , кН	
06	А	400	50	
26	Б	500	60	
46	В	450	70	
66	Г	500	60	
86	Д	400	50	

Вариант	Полюс	$P_1$ , кН	$P_2$ , кН	
07	А	400	50	
27	Б	450	60	
47	В	350	70	
67	Г	450	60	
87	Д	500	50	

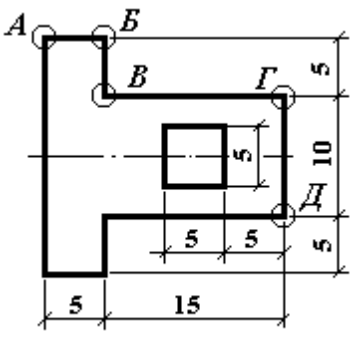
Вариант	Полюс	$P_1$ , кН	$P_2$ , кН
08	А	400	50
28	Б	450	60
48	В	600	70
68	Г	400	60
88	Д	500	50

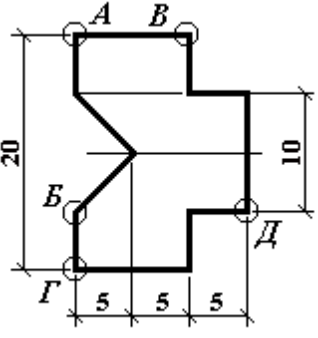
Вариант	Полюс	$P_1$ , кН	$P_2$ , кН
09	А	400	50
29	Б	350	60
49	В	600	70
69	Г	650	60
89	Д	350	50

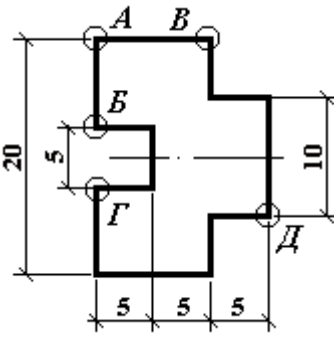
Вариант	Полюс	$P_1$ , кН	$P_2$ , кН
10	А	400	50
30	Б	600	60
50	В	450	70
70	Г	550	60
90	Д	500	50

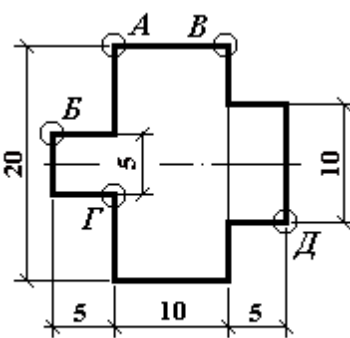
Вариант	Полюс	$P_1$ , кН	$P_2$ , кН
11	А	400	50
31	Б	450	60
51	В	350	70
71	Г	500	60
91	Д	350	50

Вариант	Полюс	$P_1$ , кН	$P_2$ , кН
12	А	400	50
32	Б	450	60
52	В	600	70
72	Г	300	60

92	Д	300	50	
----	---	-----	----	--

Вариант	Полюс	$P_1$ , кН	$P_2$ , кН	
13	А	400	50	
33	Б	500	60	
53	В	450	70	
73	Г	400	60	
93	Д	500	50	

Вариант	Полюс	$P_1$ , кН	$P_2$ , кН	
14	А	400	50	
34	Б	600	60	
54	В	450	70	
74	Г	600	60	
94	Д	500	50	

Вариант	Полюс	$P_1$ , кН	$P_2$ , кН	
15	А	400	50	
35	Б	450	60	
55	В	450	70	
75	Г	600	60	
95	Д	350	50	

Вариант	Полюс	$P_1$ , кН	$P_2$ , кН	
16	А	400	50	
36	Б	350	60	
56	В	350	70	
76	Г	500	60	

96	Д	300	50	
----	---	-----	----	--

Вариант	Полюс	$P_1$ , кН	$P_2$ , кН	
17	А	400	50	
37	Б	350	60	
57	В	400	70	
77	Г	350	60	
97	Д	350	50	

Вариант	Полюс	$P_1$ , кН	$P_2$ , кН	
18	А	450	50	
39	Б	600	60	
58	В	400	70	
78	Г	450	60	
98	Д	450	50	

Вариант	Полюс	$P_1$ , кН	$P_2$ , кН	
19	А	400	50	
39	Б	600	60	
59	В	450	70	
79	Г	550	60	
99	Д	300	50	

Вариант	Полюс	$P_1$ , кН	$P_2$ , кН	
20	А	450	50	
40	Б	600	60	
60	В	400	70	
80	Г	400	60	

00	Д	550	50	
----	---	-----	----	--

### Контрольные вопросы по теме «Внецентренное растяжение-сжатие»

29. Что называется, напряжением?
30. Какие выделяют компоненты напряжения?
31. Почему осевое растяжение-сжатие относится к простым деформациям?
32. Что такое внецентренное растяжение-сжатие?
33. Как формулируется *Закон Гука*?
34. Что называется, жесткостью при осевом растяжении-сжатии?
35. Что такое допускаемое напряжение?
36. В чем смысл условия прочности?
37. Что влияет на выбор коэффициента запаса прочности?
38. Как определить нормальные напряжения в любой точке сечения при чистом изгибе?
39. Что называют осевым моментом сопротивления?
40. Как произвести подбор сечения в случае одновременного действия нормальной силы и изгибающего момента?
41. Что такое *теория прочности*?
42. Чем вызвано многообразие *теорий прочности*?
43. В чем смысл условия жесткости?
44. Что такое внецентренная сила?
45. Формула нормальных напряжений при внецентренном сжатии.
46. Уравнение нейтральной линии при внецентренном растяжении-сжатии.
47. Что такое нейтральная линия?
48. Что такое нейтральная поверхность?
49. Что такое ядро сечения?
50. Что можно сказать о контуре ядра сечения?
51. Когда необходимо учитывать положение ядра сечения?
52. Какая аксиома применяется при построении ядра сечения?
53. Какой порядок построения ядра сечения?
54. Как влияет перемещение полюса на положение нейтральной линии сечения?
55. Как влияет перемещение нейтральной линии на положение полюса сечения?
56. Если полюс находится на оси симметрии, что можно сказать о положении нейтральной линии?

### ТЕМА 8. УСТОЙЧИВОСТЬ СЖАТОЙ СТОЙКИ

В этом задании подбираются размеры элементов сечения сжатой стойки по коэффициенту снижения допускаемых напряжений. Задача решается последовательными приближениями. Для ускорения сходимости начальное значение коэффициента  $\varphi_0$  лучше принять равным не единице, а  $\varphi_0=0,5$ . Кроме этого, после получения интерполированием значения  $\varphi_i$ , соответствующего вычисленной гибкости стойки  $\lambda_i$ , в расчет включить

$$\varphi_i = \frac{\varphi_i + \varphi_{i-1}}{2},$$

где  $\varphi_{i-1}$  – коэффициент предшествующего шага приближения.

Процедура последовательных приближений заканчивается, когда расхождение в значениях  $\varphi_i$  и  $\varphi_{i+1}$  не превышает одного процента. Это достижимо, если размеры сечения можно изменять непрерывно. В случае составного сечения из стандартных прокатных профилей, площадь сечения и минимальный момент инерции, а соответственно и гибкость стержня  $\lambda$  меняются дискретно. Поэтому расчетную процедуру следует закончить, когда последующий шаг повторяет предыдущий.

### ЗАДАНИЕ 8. Расчет устойчивости сжатой стойки

Стальная стойка, заземленная одним концом и шарнирно опертая на другом, сжимается осевой силой  $P$ . Из условия устойчивости определить размеры поперечного сечения стойки, форма которого задана. В расчетах принять  $[\sigma] = 160$  МПа и  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа.

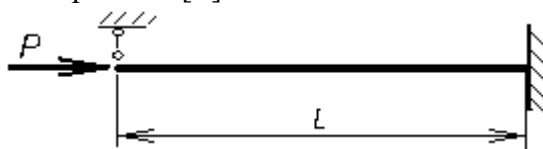
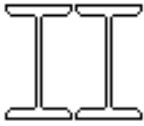
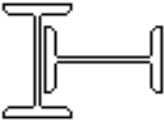



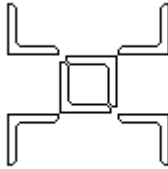
Таблица 1.8.1 - Варианты задания

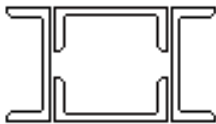
Вариант	L, м	P, кН	
01	8,0	1000	
21	8,5	900	
41	9,0	800	
61	9,5	700	
Вариант	L, м	P, кН	
02	10,0	500	
22	10,5	600	
42	11,0	700	
62	11,5	600	
82	12,0	500	
Вариант	L, м	P, кН	
03	6,0	500	
23	6,5	600	
43	7,0	700	
63	7,5	500	
83	8,0	600	
Вариант	L, м	P, кН	
04	6,0	1000	
24	6,5	950	
44	7,0	900	
64	7,5	850	
84	8,0	800	

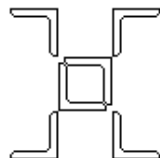
Вариант	L, м	P, кН	
05	6,0	1000	
25	6,5	950	
45	7,0	900	
65	7,5	850	
85	8,0	800	

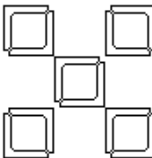
Вариант	L, м	P, кН	
06	6,0	800	
26	6,5	750	
46	7,0	700	
66	7,5	650	
86	8,0	600	

Вариант	L, м	P, кН	
07	6,0	200	
27	6,5	300	
47	7,0	250	
67	7,5	200	
87	8,0	150	

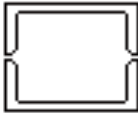
Вариант	L, м	P, кН	
08	6,0	150	
28	6,5	140	
48	7,0	120	
68	7,5	110	
88	8,0	100	

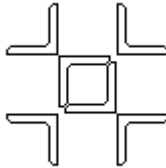
Вариант	L, м	P, кН	
09	6,0	600	
29	6,5	550	
49	7,0	500	
69	7,5	450	
89	8,0	400	

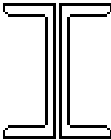
Вариант	L, м	P, кН	
10	6,0	500	
30	6,5	450	
50	7,0	400	
70	7,5	350	
90	8,0	300	

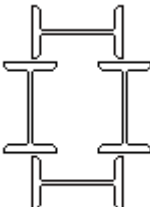
Вариант	L, м	P, кН	
11	6,0	500	
31	6,5	450	
51	7,0	400	
71	7,5	350	
91	8,0	300	




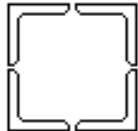
Вариант	L, м	P, кН	
12	6,0	200	
32	6,5	250	
52	7,0	200	
72	7,5	100	
92	8,0	150	

Вариант	L, м	P, кН	
13	6,0	500	
33	6,5	450	
53	7,0	400	
73	7,5	350	
93	8,0	550	

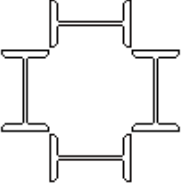
Вариант	L, м	P, кН	
14	6,0	250	
34	6,5	350	
54	7,0	200	
74	7,5	150	
94	8,0	300	

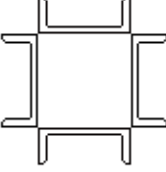
Вариант	L, м	P, кН	
15	6,0	500	
35	6,5	450	
55	7,0	400	
75	7,5	350	
95	8,0	300	

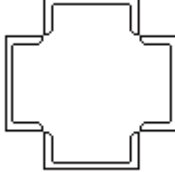
Вариант	L, м	P, кН	
16	6,0	500	
36	6,5	450	
56	7,0	400	
76	7,5	350	
96	8,0	300	

Вариант	L, м	P, кН	
17	6,0	500	
37	6,5	450	
57	7,0	400	
77	7,5	350	
97	8,0	300	

Вариант	L, м	P, кН	
18	6,0	400	
38	6,5	350	
58	7,0	300	

78	7,5	250	
98	8,0	200	

Вариант	L, м	P, кН	
19	6,0	600	
39	6,5	550	
59	7,0	500	
79	7,5	450	
99	8,0	400	

Вариант	L, м	P, кН	
20	6,0	600	
40	6,5	550	
60	7,0	500	
80	7,5	450	
00	8,0	400	

### Контрольные вопросы по теме «Устойчивость сжатой стойки»

15. В чем суть явления потери устойчивости?
16. Что такое критическая сила?
17. Что называют гибкостью стойки?
18. Что такое предельная гибкость?
19. Какой предел применимости формулы Эйлера?
20. Что такое короткая стойка?
21. Что такое коэффициент приведения длины?
22. Почему в формулу критической силы входит минимальный осевой момент инерции?
23. Как влияют условия закрепления на величину критической силы для стойки?
24. Объясните физическую сущность коэффициента снижения допускаемого напряжения.
25. Почему расчет по коэффициенту снижения допускаемого напряжения имеет итерационный характер?
26. Как можно ускорить сходимость итерационной процедуры расчета по коэффициенту снижения допускаемого напряжения?
27. Почему отличаются результаты расчета критического напряжения по формуле Эйлера и по коэффициенту снижения допускаемого напряжения?
28. Что такое приведенная длина?

### Основная литература

9. Михайлов А.М. Сопротивление материалов. Учебник. М: Академия. 2009 г. - 448 с.
10. Беловицкий Е.М. Сопротивление материалов. Механика деформируемого твердого тела. Уч. пособие. Владивосток: Изд-во ТГЭУ, 2008. - 94 с.
11. Мельников Б.Е. Сопротивление материалов. Уч. пособие для вузов. СПб: Лань, 2007. - 560 с.
12. Борисов Е.К. Сопротивление материалов. Лабораторный практикум. Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2011 г. - 64 с.

13. Александров А.В. и др. Сопротивление материалов: Учебник для студентов вузов/ Александров А.В., Потапов В.Д., Державин Б.П.; под ред. А.В. Александрова. – 2-е изд., испр. – М.: Высшая школа, 2009. – 559 с.
14. Гафаров Р.Х. Что нужно знать о сопротивлении материалов: Учебное пособие для вузов обуч. по направлениям подгот. и спец. в области техники и технологии/ Р.Х. Гафаров, В.С. Жернаков; под ред. В.С. Жернакова. – М.: Машиностроение, 2007. – 275 с.
15. Миролюбов И.Н. и др. Пособие к решению задач по сопротивлению материалов. — М.: Высшая школа, 2006. — 400 с.
16. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов: Учебник для студентов высш. техн. учеб. зав./ Феодосьев В.И. – 10-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 588 с.
17. Дарков А.В. Сопротивление материалов. – М.: Высшая школа, 2007. – 623 с.
18. Миролюбов И.Н. и др. Пособие по решению задач по сопротивлению материалов : учебное пособие для технических вузов. – М.: Высшая школа, 2007. – 399 с.
19. Уложенко А.Г. Сопротивление материалов. Сборник заданий для курсовых работ. - Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2005. - 87с.
20. Уложенко А.Г. Сопротивление материалов. Сборник заданий для курсового проектирования [Электронный ресурс]/ Инженерная школа ДВФУ.- Электрон. дан.- Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т. 2014.[148 с.]  
<http://elib.dvfu.ru/vital/access/manager/Repository/fefu:1698>
21. Икрин В.А. Сопротивление материалов с элементами теории упругости и пластичности: Учебник для студентов, обучающихся по направлению 653500 «Строительство». – М: Изд. АСВ, 2004. – 424 с.  
<http://window.edu.ru/resource/612/47612/files/susu19.pdf>
22. Гребенюк Г.И., Валиев Ф.С. Сопротивление материалов: основы теории и примеры решения задач: Учебное пособие. Ч.2. – Новосибирск: НГАСУ, 2006. – 132 с.  
<http://window.edu.ru/resource/764/37764/files/sibstrin11.pdf>
23. Гафаров Р.Х. Сопротивление материалов: конспект лекций / Р.Х. Гафаров; Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. - Уфа: УГАТУ, 2009. - 220 с.  
<http://window.edu.ru/resource/978/75978/files/SopromatGafarov.pdf>

#### Дополнительная литература

1. Степин П.А. Сопротивление материалов. – М.: Высшая школа, 2008. – 303 с.
2. Горшков А.Г., Трошин В.Н., Шалашилин В.И. Сопротивление материалов. 2-е изд., исправл. Учебник. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 544 стр.
3. Тимошенко С.П. История науки о сопротивлении материалов. С краткими сведениями из истории теории упругости и теории сооружений. – М.: КомКнига, 2006. - 538 с.
4. Саргсян А.Е. Сопротивление материалов, теории упругости и пластичности. Основы теории с примерами расчётов. – М.: Высшая школа, 2006. - 288 с.
5. Кочетов В.Т., Кочетов М.В., Павленко А.Д. Сопротивление материалов. Уч. пособие. - СПб: БХВ-Петербург, 2004. - 544 с.
6. Эрдеди А.А., Эрдеди Н.А. Теоретическая механика. Сопротивление материалов. – М.: Академия, 2007. - 320 с.