

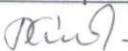


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДВФУ)

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

«СОГЛАСОВАНО»

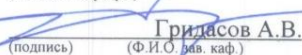
Руководитель ОП  
«Машиностроение»

  
(подпись) (Ф.И.О. рук.ОП) Стаценко В.Н.

« 15 » октября 2015г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой  
Сварочного производства  
(название кафедры)

  
(подпись) (Ф.И.О. зав. каф.) Гридасов А.В.

« 15 » октября 2015г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (РПУД)**  
ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

**Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение**  
профиль «Оборудование и технология сварочного производства»  
**Форма подготовки очная/заочная**

курс 2/2 семестр 3, 4  
лекции 54/ 8 час.  
практические занятия 18/12 час.  
лабораторные работы 18/ 4 час.  
в том числе с использованием МАО лек.12/4час. /пр.8/4 час. /лаб.10/0 час.  
всего часов аудиторной нагрузки 90/24 час.  
в том числе с использованием МАО 30/8 час.  
самостоятельная работа 162/228 час.  
в том числе на подготовку к экзамену 27/9 час.  
контрольные работы – 0/1  
курсовая работа / курсовой проект – 4 семестр  
зачет – 4 семестр  
экзамен 3семестр/ 2 курс

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 03.09.2015 № 957.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры механики и математического моделирования протокол № \_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2015 г.

Заведующий кафедрой  
механики и математического моделирования : к.ф.-м.н., проф. Бочарова А.А.  
Составитель: к.т.н., доцент Н.П.Васильченко.

**Оборотная сторона титульного листа РПУД**

**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)

## АННОТАЦИЯ

Учебная дисциплина «Техническая механика» разработана для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение, профиль «Оборудование и технология сварочного производства», входит в базовую часть блока 1 Дисциплины (модули) учебного плана (индекс Б1.Б.18).

Общая трудоёмкость освоения дисциплины составляет 7 зачётных единиц, 252 часа. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия 54/8 часа, лабораторные работы 18/4 часов, практические занятия 18/12 часов, самостоятельная работа студентов 135 часов, контроль - 27 часов. Формы контроля: зачет, экзамен. Дисциплина реализуется на 2 курсе в 3 и 4 семестрах.

Дисциплина логически и содержательно связана с такими курсами, как «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», «Математический анализ», «Физика», «Теоретическая механика», «Начертательная геометрия и инженерная графика», «Материаловедение», «Технология конструкционных материалов», «Технические измерения в сварочном производстве» и др.

**Цель дисциплины** – формирование у обучающихся теоретических и практических навыков использования современных методов расчёта на прочность и жёсткость типовых деталей и элементов конструкций с концентраторами напряжений.

### **Задачи дисциплины:**

- изучение основных элементов теории напряжённого и деформированного состояний;
- формирование чётких понятий и представлений о работе исследуемого реального объекта на основе составленной модели (расчётной схемы);
- формирование устойчивых навыков по применению изученных методов к расчёту элементов конструкций на прочность и жёсткость, к оптимальному проектированию исследуемых объектов;

- знакомство с методами расчёта на устойчивость;
- изучение принципов расчёта деталей машин на прочность при динамическом воздействии.

Для успешного изучения дисциплины «Техническая механика» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

ОК-1 - способность использовать основы философских знаний для формирования мировоззренческой позиции.

ОК-5 - способностью к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач межличностного и межкультурного взаимодействия.

ОПК-1 - умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.

Планируемые результаты обучения по данной дисциплине (знания, умения, владения), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, характеризуют этапы формирования следующих компетенций:

| Код и формулировка компетенции  | Этапы формирования компетенции |  |
|---|--------------------------------|--|
| ПК-11 (способностью обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления; умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий)    | Знает                          | Приемы построения расчетных схем конструкций   |
|   | Умеет                          | Намечать цель и абстрагироваться от несущественных особенностей объекта исследования   |
|   | Владеет                        | Приемами построения расчетных схем исследуемого объекта  |
| ПК-14 (способностью участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции, проверять качество монтажа и наладки) | Знает                          | Математические формулы для расчетов на прочность, жесткость, устойчивость и надежность деталей технологического оборудования |
|   | Умеет                          | составлять математические модели и расчетные схемы элементов инженерных сооружений   |

|   |         |  |
|---|---------|--|
| при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий, узлов и деталей выпускаемой продукции)  | Владеет | Приемами решения дифференциальных уравнений  |
| ПК-17 умением выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения | Знает   | -основные методы обеспечения прочности, устойчивости, долговечности и безопасности машин и конструкций   |
|   | Умеет   | -проектировать основные детали машин и конструкций с учетом обеспечения надежности и износостойкости;  |
|   | Владеет | -навыками работы в проектной команде   |
| ПК-18 умением применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий),   | Знает   | методы исследования механических параметров конструкций и машин  |
|   | Умеет   | подбирать методы исследования напряженно-деформированного состояния конструкций, соответствующие диапазону измеряемых величин  |
|   | Владеет | методами тарирования испытательного оборудования и пересчета данных эксперимента в механические параметры реально деформируемого объекта; приемами статистической обработки результатов эксперимента |

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Техническая механика» применяются следующие методы активного/интерактивного обучения:

- «проблемная лекция»;
- «мозговой штурм»;
- групповая консультация.

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

### **Раздел I. Простейшие деформации упругих элементов конструкций**

**(36/ 4 час.)**

## **Тема 1. Основные понятия сопротивления материалов (6 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. Геометрические характеристики плоских сечений. Рассмотрение примера. Выдано РГЗ -1

## **Тема 2. Осевое растяжение - сжатие (6 час.)**

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

Деформации при изменении температуры. Основные механические характеристики материала. Расчет статически определимых и неопределимых конструкций в состоянии осевого растяжения – сжатия. Рассмотрение примеров. Выдано РГЗ-2

## **Тема 3. Деформации сдвига и кручения (4 час.)**

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

## **Тема 4. Прямой поперечный изгиб призматического бруса (8 час.)**

Деформация поперечного изгиба, определение внутренних силовых факторов при изгибе и напряжений, условие прочности при изгибе.

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. Рассмотрение примеров. Выдано РГЗ-3

### **Тема 5. Напряженно деформированное состояние бруса (4 час.)**

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

### **Тема 6. Сложное сопротивление (6 час.)**

Внецентренное растяжение-сжатие. Ядро сечения. Косой и сложный изгиб. Совместное действие изгиба и кручения.

### **Тема 7. Устойчивость элементов конструкций (2 час.)**

Понятие об устойчивости формы сжатых стержней. Задача Эйлера для сжатого стержня. Пример практических расчетов на устойчивость.

## **Раздел II.. Статически неопределимые системы . (18/4час.)**

**Тема 8. Энергетические методы определения перемещений. Раскрытие статической неопределимости конструкций методом сил (10 час.)**

Определение потенциальной энергии деформации. Определение перемещений на основе теоремы о сохранении энергии. Теорема Кастильяно. Интегралы Максвелла-Мора. Способ Верещагина. Теорема о взаимности работ. Статически неопределимые балки и рамы. Раскрытие статической неопределимости конструкций Методом сил. Расчет неразрезных балок, уравнение трех моментов.

### **Тема 9. Динамическое действие 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 (4 час.)**

Методы тензометрирования в исследовании напряженно-деформированного состояния. Поляризационно-оптический метод исследования напряжений.

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

### **1. Лабораторные работы (18/4 час.)**

**Лабораторная работа №1.** Экспериментальное определение модуля упругости, предела пропорциональности, предела текучести и коэффициента Пуассона ( 2часа) (видеозанятие)



**Лабораторная работа №2.** Испытание на кручение стального образца, определение модуля сдвига ( 2часа)

**Лабораторная работа №3.** Исследование напряженно-деформированного состояния в стержне при кручении ( 2часа)

**Лабораторная работа №4.** Проверка справедливости закона Гука и линейного закона распределения нормальных напряжений в поперечном сечении балки при изгибе ( 2часа)

**Лабораторная работа №5.** Определение перемещений в балке при изгибе ( 2часа)

**Лабораторная работа №6.** Определение линейных и угловых перемещений поперечных сечений балки при изгибе ( 2часа)

**Лабораторная работа №7.** Исследование внецентренного растяжения стержня ( 2часа)

**Лабораторная работа №8.** Определение напряжений и перемещений в балке при косом изгибе ( 2часа)

**Лабораторная работа №9.** Испытание тонкостенного стержня открытого профиля на изгиб и кручение ( 2часа)

## **2. Практические занятия (18 час)**

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

Определение потенциальной энергии деформации конструкции.

**Занятие 2. Энергетические методы определения перемещений (2 час.)**

Теорема о сохранении энергии. Теорема Кастильяно.

**Занятие 3. Энергетические методы определения перемещений (2 час.)**

Использование интегралов Мора для определения перемещений точек бруса.

**Занятие 4. Энергетические методы определения перемещений (2 час.)**

Определение перемещение способом Верещагина.

**Занятие 5. Метод сил (2 час.)**

устный опрос на тему: Способ Верещагина.

Раскрытие неопределимости стержневой конструкции методом сил.  
Выбор основной системы.

**Занятие 6. Метод сил (2 час.)**

Использование свойств симметрии конструкции и внешней нагрузки для упрощения решения задач.

**Занятие 7. Метод сил (2 час.)**

Нерезная балка. Уравнение трех моментов.

**Занятие 8. Сложное сопротивление (2 час.)**

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

**Занятие 9. Сложное сопротивление (2 час.)**

Решение задач на сложный изгиб, Изгиб с кручением

**III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

## САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Техническая 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.

Оценка «Зачтено» выставляется после того, как студент в ходе защиты показывает: полное владение теоретическим материалом соответствующего раздела курса «Техническая механика», 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.

#### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

| № п/п | Контролируемые разделы / темы дисциплины                         | Коды и этапы формирования компетенций |  | Оценочные средства         |  |
|-------|--|---------------------------------------|--|----------------------------|--|
|       |  |                                       |  | текущий контроль           | промежуточная аттестация                 |
| 1     | Раздел I.<br>Простейшие деформации упругих элементов конструкций | ПК-11,<br>ПК-17                       | Знает приемы построения расчетных схем конструкций   | Устный опрос               | Вопросы к экзамену 1-10                  |
|       |  |                                       | Умеет намечать цель и абстрагироваться от несущественных особенностей объекта исследования   |                            |  |
|       |  |                                       | Владеет приемами построения расчетных схем исследуемого объекта  | РГЗ №№1,2,3                | Вопросы к экзамену 1-45                  |
| 2     | Раздел II.<br>Статически неопределимые системы                   | ПК-14<br>ПК-18                        | Знает методы исследования механических параметров конструкций и машин  | Устный опрос               | Вопросы к зачету 1-25                    |
|       |  |                                       | Умеет подбирать методы исследования напряженно-деформированного состояния конструкций, соответствующие диапазону измеряемых величин  |                            |  |
|       |  |                                       | Владеет методами тарирования испытательного оборудования и пересчета данных эксперимента в механические параметры реально деформируемого объекта; приемами статистической обработки результатов эксперимента | Выполнение курсовой работы | Вопросы к зачете, защита курсовой работы |

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

### **Основная литература**

1. Сопротивление материалов с основами строительной механики: Учебник / Г.С. Варданян и др.; Отв. ред. Г.С. Варданяна - 2-е изд., испр. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 416 с.: ил.; 60x90 1/16 + ( Доп. мат. znanium.com). - (ВО: Бакалавриат). (п) ISBN 978-5-1 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/477846>

2. Сопротивление материалов: Учебник / Волосухин В.А., Логвинов В.Б., Евтушенко С.И., - 5-е изд. - М.:ИЦ РИОР, НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 543 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат) (Переплёт 7БЦ) ISBN 978-5-369-01159-1 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/390023>

3. Сопротивление материалов [Электронный ресурс] : лабораторный практикум / А.Н. Кислов [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 128 с. — 978-5-7996-1558-1. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68474.html>

1. 4. Молотников, В.Я. Механика конструкций. Теоретическая механика. Сопротивление материалов [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Я. Молотников. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2012. — 608 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4546>

### **Дополнительная литература**

1. Уложенко А.Г. Сопротивление материалов: сборник заданий для курсового проектирования [Электронный ресурс] / Инженерная школа ДВФУ. – Владивосток: ДВФУ, 2014. — 149 с. — Режим доступа: <https://elib.dvfu.ru:8443/edocViewer/viewer/index.html?pid=fefu:1698&id=АТТАСНМЕНТ01&versionId=АТТАСНМЕНТ01.2&title=>

2. Сопротивление материалов [Электронный ресурс] : лабораторный практикум / А.Н. Кислов [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 128

с. — 978-5-7996-1558-1. — Режим доступа:  
<http://www.iprbookshop.ru/68474.html>

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. <http://www.icsti.su/> - Международный центр научной и технической информации (МЦНТИ).
2. <https://www.dvfu.ru> - Официальный сайт ДВФУ.
3. <https://cyberleninka.ru> - Научная электронная библиотека «КиберЛенинка».

### **Перечень информационных технологий и программного обеспечения**

При осуществлении образовательного процесса студентами и профессорско-преподавательским составом доступно следующее программное обеспечение:

- Офисный пакет приложений Microsoft Office 365;
- Сервис антивирусной защиты Eset NOD32;
- Сервис распознавания текста ABBYY FineReader;
- Система ТЕХЭКСПЕРТ;
- Справочно-правовая система КОНСУЛЬТАНТ ПЛЮС;
- автоматизированного проектирования и черчения AutoCAD 2015;
- Система автоматизированного проектирования КОМПАС 3D (САПР).

При осуществлении образовательного процесса студентами и профессорско-преподавательским составом доступен электронный ресурс сайта ДВФУ (<https://www.dvfu.ru>):

- Научная библиотека ДВФУ (<https://www.dvfu.ru/library>);
- Портал ДВФУ (<https://ip.dvfu.ru>);

- Система электронных курсов ДВФУ Blackboard Learn (<https://bb.dvfu.ru>);
- Электронная почта ДВФУ (<http://mail.dvfu.ru>);
- Техническая поддержка ИТ-сервисов ДВФУ (<https://www.dvfu.ru/support>).

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

### Требования к оформлению РГЗ

Студент выполняет РГЗ 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.

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

### Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

Оценка «Зачтено» выставляется после того, как студент в ходе защиты показывает: полное владение теоретическим материалом соответствующего раздела курса «Техническая механика», 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.

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 явление, 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.

## **VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Аудиторные занятия по дисциплине включают лекции, практические занятия и лабораторные работы. Для проведения лекционных занятий необходима аудитория со следующим оборудованием:

- мультимедийный проектор Optima EX542I – 1 шт;
- аудио усилитель QVC RMX 850 – 1 шт;
- колонки – 1 шт;
- ноутбук;
- ИБП – 1 шт;
- настенный экран;
- микрофон – 1 шт
- лабораторная установка СМ-1





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

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**  
**по дисциплине «Техническая механика»**  
**Направление подготовки: 15.03.01 Машиностроение**  
**Профиль подготовки: «Оборудование и технология сварочного производства»**  
**Форма подготовки очная/ заочная**

**Владивосток**  
**2015**

## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

| № п/п        | Дата/сроки выполнения    | Вид самостоятельной работы  | Примерные нормы времени на выполнение | Форма контроля         |
|--------------|--------------------------|---|---------------------------------------|------------------------|
| 1            | 5 неделя (3 семестр)     | Подготовка к устному опросу по разделу <b>Простейшие деформации упругих элементов конструкций</b> | 10 часов                              | УО-1<br>Вопросы № 1-10 |
| 2            | 3-7 неделя (3 семестр)   | Выполнение РГЗ №1   | 15/23 часов                           | ПР-12                  |
| 3            | 7-11 неделя (3 семестр)  | Выполнение РГЗ №2   | 15/23 часов                           | ПР-12                  |
| 4            | 11-15 неделя (3 семестр) | Выполнение РГЗ №3   | 15/23 часов                           | ПР-12                  |
| 5            | 6 неделя (4 семестр)     | Подготовка к устному опросу по разделу <b>Статически неопределимые системы</b>                    | 10/18 часов                           | УО-1<br>Вопросы № 1-10 |
| 6            | 11 неделя (4 семестр)    | Выполнение курсовой работы (1 часть)  | 35/44 часов                           | ПР-12                  |
| 7            | 17 неделя (4 семестр)    | Выполнение курсовой работы (2 часть)  | 35/44 часов                           | ПР-12                  |
| 8            | 18 неделя                | Подготовка к экзамену   | 27/35 часов                           |                        |
| <b>Итого</b> |                          |   | <b>162/228час.</b>                    |                        |

### Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению

Вариант задания на РГЗ №1:

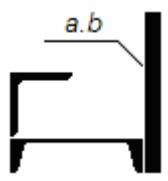
#### ЗАДАНИЕ 1. Определение главных центральных моментов инерции сечения и положения главных центральных осей сечения

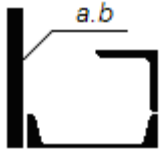
1. Найти положение главных центральных осей и величину главных центральных моментов инерции.
2. Начертить в масштабе составной профиль, указать на нем все оси и все необходимые для вычислений размеры.
3. Проверить вычисления построением круга Мора

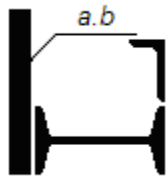
*Примечание.* Размеры  $a$  и  $b$  заданы в сантиметрах.


Таблица 1.2.

Варианты задания

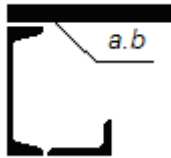
| Вариант | Двутавр | Швеллер | Уголок равнобокий | Уголок неравнобокий | a   | b  |  |
|---------|---------|---------|-------------------|---------------------|-----|----|---|
| 01      |         | 16      | 70 x 6            |                     | 1,6 | 20 |   |
| 21      |         | 18      | 75 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 |   |

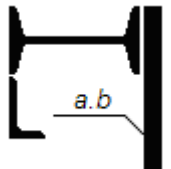
| Вариант | Двутавр | Швеллер | Уголок равнобокий | Уголок неравнобокий | a   | b  |  |
|---------|---------|---------|-------------------|---------------------|-----|----|---|
| 02      |         | 16      | 70 x 6            |                     | 1,6 | 20 |   |
| 22      |         | 18      | 75 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 |   |

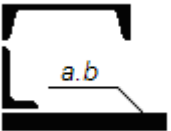
| Вариант | Двутавр | Швеллер | Уголок равнобокий | Уголок неравнобокий | a   | b  |  |
|---------|---------|---------|-------------------|---------------------|-----|----|---|
| 03      | 16      |         |                   | 63 x 40 x 6         | 1,6 | 20 |   |
| 23      | 18      |         |                   | 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 |   |

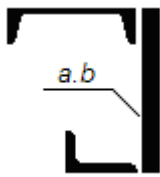
| Вариант | Двутавр | Швеллер | Уголок равнобокий | Уголок неравнобокий | a   | b  |  |
|---------|---------|---------|-------------------|---------------------|-----|----|---|
| 04      |         | 16      | 70 x 6            |                     | 1,6 | 20 |   |
| 24      |         | 18      | 75 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 |   |

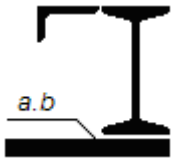
| Вариант | Двутавр | Швеллер | Уголок равнобокий | Уголок неравнобокий | a   | b  |  |
|---------|---------|---------|-------------------|---------------------|-----|----|--|
| 05      |         | 16      |                   | 90 x 56 x 8         | 1,6 | 20 |  |
| 25      |         | 18      |                   | 80 x 50 x 6         | 1,8 | 20 |  |
| 45      |         | 20      |                   | 75 x 50 x 8         | 2,0 | 18 |  |

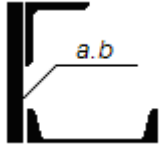
|    |  |    |  |             |     |    |   |
|----|--|----|--|-------------|-----|----|---|
| 65 |  | 22 |  | 70 x 45 x 5 | 2,2 | 22 |  |
| 85 |  | 24 |  | 63 x 40 x 6 | 2,4 | 20 |   |

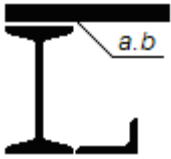
| Вариант | Двутавр | Швеллер | Уголок<br>равнобокий | Уголок<br>неравнобокий | a   | b  |  |
|---------|---------|---------|----------------------|------------------------|-----|----|---|
| 06      | 16      |         |                      | 63 x 40 x 5            | 1,6 | 20 |   |
| 26      | 18      |         |                      | 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 |   |

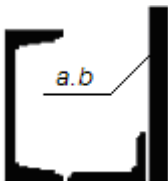
| Вариант | Двутавр | Швеллер | Уголок<br>равнобокий | Уголок<br>неравнобокий | a   | b  |  |
|---------|---------|---------|----------------------|------------------------|-----|----|--|
| 07      |         | 16      |                      | 63 x 40 x 5            | 1,6 | 20 |  |
| 27      |         | 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 |  |

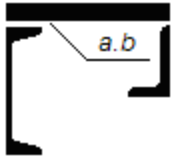
| Вариант | Двутавр | Швеллер | Уголок<br>равнобокий | Уголок<br>неравнобокий | a   | b  |  |
|---------|---------|---------|----------------------|------------------------|-----|----|---|
| 08      |         | 16      |                      | 63 x 40 x 5            | 1,6 | 20 |   |
| 28      |         | 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<br>равнобокий | Уголок<br>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 |   |

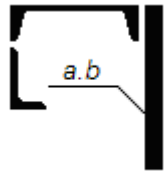
| Вариант | Двутавр | Швеллер | Уголок<br>равнобокий | Уголок<br>неравнобокий | a   | b  |  |
|---------|---------|---------|----------------------|------------------------|-----|----|---|
| 10      |         | 16      | 70 x 6               |                        | 1,6 | 20 |   |
| 30      |         | 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 |   |

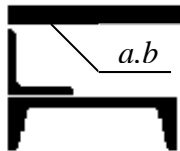
| Вариант | Двутавр | Швеллер | Уголок<br>равнобокий | Уголок<br>неравнобокий | a   | b  |  |
|---------|---------|---------|----------------------|------------------------|-----|----|---|
| 11      | 16      |         |                      | 63 x 40 x 5            | 1,6 | 20 |   |
| 31      | 18      |         |                      | 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<br>равнобокий | Уголок<br>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<br>равнобокий | Уголок<br>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<br>равнобокий | Уголок<br>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<br>равнобокий | Уголок<br>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<br>равнобокий | Уголок<br>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<br>равнобокий | Уголок<br>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»

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?

Вариант задания на РГЗ №2:

### **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.

Варианты задания

Таблица 2.1

| Вариант | q<br>кН/м | P<br>кН | M<br>кН*м | L <sub>1</sub><br>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<br>кН/м | P<br>кН | M<br>кН*м | L <sub>1</sub><br>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<br>кН/м | P<br>кН | M<br>кН*м | L <sub>1</sub><br>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<br>кН/м | P<br>кН | M<br>кН*м | L <sub>1</sub><br>м | Форм-<br>ма<br>1 | Форм-<br>ма<br>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<br>кН/м | P<br>кН | M<br>кН*м | L <sub>1</sub><br>м | Форм-<br>ма<br>1 | Форм-<br>ма<br>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<br>кН/м | P<br>кН | M<br>кН*м | L <sub>1</sub><br>м | Форм-<br>ма<br>1 | Форм-<br>ма<br>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<br>кН/м | P<br>кН | M<br>кН*м | L <sub>1</sub><br>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<br>кН/м | P<br>кН | M<br>кН*м | L <sub>1</sub><br>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<br>кН/м | P<br>кН | M<br>кН*м | L <sub>1</sub><br>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<br>кН/м | P<br>кН | M<br>кН*м | L <sub>1</sub><br>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<br>кН/м | P<br>кН | M<br>кН*м | L <sub>1</sub><br>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<br>кН/м | P<br>кН | M<br>кН*м | L <sub>1</sub><br>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<br>кН/м | P<br>кН | M<br>кН*м | L <sub>1</sub><br>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<br>кН/м | P<br>кН | M<br>кН*м | L <sub>1</sub><br>м | Форма 1 | Форма 2 |
|---------|-----------|---------|-----------|---------------------|---------|---------|
| 14      | 28        | 100     | 150       | 2,1                 | ●       | ⊕       |
| 34      | 24        | 92      | 140       | 1,6                 | ○       | ┌       |
| 54      | 20        | 78      | 130       | 1,8                 | ⊢       | ■       |
| 74      | 16        | 98      | 120       | 2,0                 | └       | ┌       |
| 94      | 18        | 75      | 110       | 2,2                 | ⊕       | ⊢       |

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

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

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

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

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

| Вариант | q<br>кН/м | P<br>кН | M<br>кН*м | L <sub>1</sub><br>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<br>кН/м | P<br>кН | M<br>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<br>кН/м | P<br>кН | M<br>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<br>кН/м | P<br>кН | M<br>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<br>кН/м | P<br>кН | M<br>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<br>кН/м | P<br>кН | M<br>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<br>кН/м | P<br>кН | M<br>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<br>кН/м | P<br>кН | M<br>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<br>кН/м | P<br>кН | M<br>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<br>кН/м | P<br>кН | M<br>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<br>кН/м | P<br>кН | M<br>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<br>кН/м | P<br>кН | M<br>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<br>кН/м | P<br>кН | M<br>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<br>кН/м | P<br>кН | M<br>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<br>кН/м | P<br>кН | M<br>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<br>кН/м | P<br>кН | M<br>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<br>кН/м | P<br>кН | M<br>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                            |
| 96      | 3,0       | 5,0     | 7,2       | 2,1                            |

| Вариант | q<br>кН/м | P<br>кН | M<br>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                            |
| 97      | 35        | 91      | 85        | 2,2                            |

| Вариант | q<br>кН/м | P<br>кН | M<br>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 |
| 98 | 37 | 84 | 85 | 2,2 |

| Вариант | q<br>кН/м | P<br>кН | M<br>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                            |
| 99      | 3,4       | 8,3     | 8,5       | 2,2                            |

| Вариант | q<br>кН/м | P<br>кН | M<br>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                            |
| 80      | 3,2       | 6,5     | 8,4       | 1,9                            |
| 00      | 3,0       | 5,0     | 7,2       | 2,1                            |

### 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?

### Варианты заданий на РГЗ №3:

#### ЗАДАНИЕ 3. Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов. Определение размеров поперечного сечения балки постоянного сечения

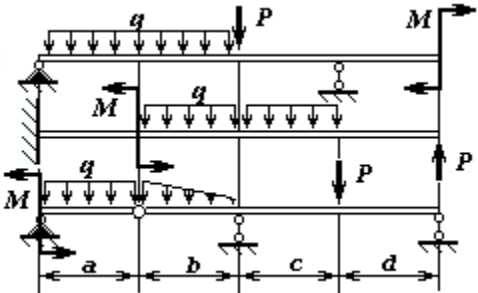
Для статически определимых балок требуется :

1. Составить аналитические выражения поперечных сил  $Q(x)$  и изгибающих моментов  $M(x)$ ;
2. Построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов;
3. Подобрать прямоугольное сечение для первой балки из условия прочности по нормальным напряжениям. Принять соотношение сторон сечения  $h : b = 2 : 1$ , при допускаемых напряжениях  $[\sigma] = 10$  МПа;
4. Подобрать двуглавое сечение для третьей балки, выполненной из стали при допускаемых напряжениях  $[\sigma] = 160$  МПа. Определить наибольшие нормальные и касательные напряжения в сечении, где поперечная сила  $Q(x)$  и изгибающий момент  $M(x)$  имеют наибольшие значения.

Таблица 3.1

#### Варианты задания

| Вариант | $q$ ,<br>кН/м | $P$ ,<br>кН | $M$ ,<br>кН*м | $a$ ,<br>м | $b$ ,<br>м | $c$ ,<br>м | $d$ ,<br>м |
|---------|---------------|-------------|---------------|------------|------------|------------|------------|
| 01      | 20            | 40          | 80            | 1,5        | 2,0        | 2,5        | 1,8        |
| 21      | 18            | 65          | 90            | 2,0        | 2,5        | 1,8        | 3,0        |
| 41      | 16            | 50          | 95            | 1,8        | 3,0        | 2,0        | 2,5        |
| 61      | 22            | 55          | 75            | 3,0        | 2,0        | 2,5        | 1,8        |
| 81      | 24            | 60          | 85            | 2,4        | 2,5        | 3,0        | 1,5        |





| Вариант | q,<br>кН/м | P,<br>кН | M,<br>кН*м | a,<br>м | b,<br>м | c,<br>м | d,<br>м |
|---------|------------|----------|------------|---------|---------|---------|---------|
| 02      | 15         | 25       | 50         | 2,2     | 2,0     | 3,0     | 2,5     |
| 22      | 20         | 30       | 70         | 2,3     | 2,4     | 2,8     | 3,0     |
| 42      | 25         | 35       | 80         | 2,4     | 2,6     | 2,6     | 1,5     |
| 62      | 20         | 40       | 75         | 2,5     | 2,8     | 2,4     | 2,0     |
| 82      | 15         | 45       | 60         | 2,6     | 3,0     | 2,2     | 2,4     |

| Вариант | q,<br>кН/м | P,<br>кН | M,<br>кН*м | a,<br>м | b,<br>м | c,<br>м | d,<br>м |
|---------|------------|----------|------------|---------|---------|---------|---------|
| 03      | 20         | 40       | 80         | 1,5     | 2,0     | 2,5     | 1,8     |
| 23      | 18         | 65       | 90         | 2,0     | 2,5     | 1,8     | 3,0     |
| 43      | 16         | 50       | 85         | 1,8     | 3,0     | 2,0     | 2,5     |
| 63      | 22         | 55       | 90         | 3,0     | 2,0     | 2,5     | 1,8     |
| 83      | 24         | 60       | 80         | 2,4     | 2,5     | 3,0     | 1,5     |

| Вариант | q,<br>кН/м | P,<br>кН | M,<br>кН*м | a,<br>м | b,<br>м | c,<br>м | d,<br>м |
|---------|------------|----------|------------|---------|---------|---------|---------|
| 04      | 30         | 50       | 60         | 2,0     | 2,5     | 3,0     | 1,5     |
| 24      | 28         | 55       | 70         | 2,5     | 2,0     | 1,5     | 3,0     |
| 44      | 24         | 60       | 65         | 3,0     | 1,5     | 2,0     | 2,5     |
| 64      | 20         | 65       | 75         | 1,5     | 3,0     | 2,5     | 2,0     |
| 84      | 16         | 45       | 60         | 2,4     | 2,2     | 2,6     | 2,8     |

| Вариант | q,<br>кН/м | P,<br>кН | M,<br>кН*м | a,<br>м | b,<br>м | c,<br>м | d,<br>м |
|---------|------------|----------|------------|---------|---------|---------|---------|
| 05      | 20         | 60       | 70         | 1,5     | 2,0     | 2,5     | 1,8     |
| 25      | 18         | 65       | 75         | 2,0     | 2,5     | 1,8     | 3,0     |
| 45      | 16         | 70       | 80         | 1,8     | 3,0     | 2,0     | 2,5     |
| 65      | 22         | 64       | 75         | 3,0     | 2,0     | 2,5     | 1,8     |



|    |    |    |    |     |     |     |     |  |
|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|--|
| 48 | 24 | 60 | 65 | 3,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 |  |
| 68 | 20 | 65 | 75 | 1,5 | 3,0 | 2,5 | 2,0 |  |
| 88 | 16 | 45 | 60 | 2,4 | 2,2 | 2,6 | 2,8 |  |

| Вариант | q, кН/м | P, кН | M, кН*м | a, м | b, м | c, м | d, м |  |
|---------|---------|-------|---------|------|------|------|------|--|
| 09      | 20      | 60    | 60      | 1,5  | 2,0  | 2,5  | 1,8  |  |
| 29      | 18      | 65    | 65      | 2,0  | 2,5  | 1,8  | 3,0  |  |
| 49      | 16      | 70    | 70      | 1,8  | 3,0  | 2,0  | 2,5  |  |
| 69      | 22      | 64    | 75      | 3,0  | 2,0  | 2,5  | 1,8  |  |
| 89      | 24      | 68    | 80      | 2,4  | 2,5  | 3,0  | 1,5  |  |

| Вариант | q, кН/м | P, кН | M, кН*м | a, м | b, м | c, м | d, м |  |
|---------|---------|-------|---------|------|------|------|------|--|
| 10      | 15      | 25    | 50      | 2,2  | 2,0  | 3,0  | 2,5  |  |
| 30      | 20      | 30    | 70      | 2,3  | 2,4  | 2,8  | 3,0  |  |
| 50      | 25      | 35    | 80      | 2,4  | 2,6  | 2,6  | 1,5  |  |
| 70      | 20      | 40    | 70      | 2,5  | 2,8  | 2,4  | 2,0  |  |
| 90      | 15      | 45    | 60      | 2,6  | 3,0  | 2,2  | 2,4  |  |

| Вариант | q, кН/м | P, кН | M, кН*м | a, м | b, м | c, м | d, м |  |
|---------|---------|-------|---------|------|------|------|------|--|
| 11      | 20      | 40    | 80      | 1,5  | 2,0  | 2,5  | 1,8  |  |
| 31      | 18      | 65    | 90      | 2,0  | 2,5  | 1,8  | 3,0  |  |
| 51      | 16      | 50    | 85      | 1,8  | 3,0  | 2,0  | 2,5  |  |
| 71      | 22      | 55    | 90      | 3,0  | 2,0  | 2,5  | 1,8  |  |
| 91      | 24      | 60    | 80      | 2,4  | 2,5  | 3,0  | 1,5  |  |

| Вариант | q, кН/м | P, кН | M, кН*м | a, м | b, м | c, м | d, м |
|---------|---------|-------|---------|------|------|------|------|
|         |         |       |         |      |      |      |      |

|    |    |    |     |     |     |     |     |
|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 12 | 30 | 50 | 60  | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 1,5 |
| 32 | 28 | 55 | 70  | 2,5 | 2,0 | 1,5 | 3,0 |
| 52 | 24 | 60 | 6,5 | 3,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 |
| 72 | 20 | 65 | 75  | 1,5 | 3,0 | 2,5 | 2,0 |
| 92 | 16 | 45 | 60  | 2,4 | 2,2 | 2,6 | 2,8 |

| Вариант | q, кН/м | P, кН | M, кН*м | a, м | b, м | c, м | d, м |
|---------|---------|-------|---------|------|------|------|------|
| 13      | 20      | 60    | 90      | 1,5  | 2,0  | 2,5  | 1,8  |
| 33      | 18      | 65    | 85      | 2,0  | 2,5  | 1,8  | 3,0  |
| 53      | 16      | 70    | 80      | 1,8  | 3,0  | 2,0  | 2,5  |
| 73      | 22      | 64    | 75      | 3,0  | 2,0  | 2,5  | 1,8  |
| 93      | 24      | 68    | 70      | 2,4  | 2,5  | 3,0  | 1,5  |

| Вариант | q, кН/м | P, кН | M, кН*м | a, м | b, м | c, м | d, м |
|---------|---------|-------|---------|------|------|------|------|
| 14      | 15      | 25    | 50      | 2,2  | 2,0  | 3,0  | 2,5  |
| 34      | 20      | 30    | 70      | 2,3  | 2,4  | 2,8  | 3,0  |
| 54      | 25      | 35    | 80      | 2,4  | 2,6  | 2,6  | 1,5  |
| 74      | 20      | 40    | 70      | 2,5  | 2,8  | 2,4  | 2,0  |
| 94      | 15      | 45    | 60      | 2,6  | 3,0  | 2,2  | 2,4  |

| Вариант | q, кН/м | P, кН | M, кН*м | a, м | b, м | c, м | d, м |
|---------|---------|-------|---------|------|------|------|------|
| 15      | 20      | 40    | 80      | 1,5  | 2,0  | 2,5  | 1,8  |
| 35      | 18      | 65    | 90      | 2,0  | 2,5  | 1,8  | 3,0  |
| 55      | 16      | 50    | 75      | 1,8  | 3,0  | 2,0  | 2,5  |
| 75      | 22      | 55    | 95      | 3,0  | 2,0  | 2,5  | 1,8  |
| 95      | 24      | 60    | 85      | 2,4  | 2,5  | 3,0  | 1,5  |

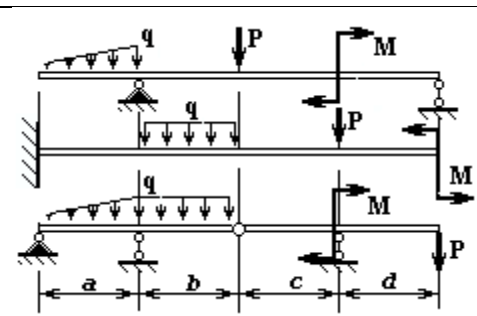
| Вариант | q, кН/м | P, кН | M, кН*м | a, м | b, м | c, м | d, м |
|---------|---------|-------|---------|------|------|------|------|
| 16      | 30      | 50    | 60      | 2,0  | 2,5  | 3,0  | 1,5  |
| 36      | 28      | 55    | 70      | 2,5  | 2,0  | 1,5  | 3,0  |
| 56      | 24      | 60    | 65      | 3,0  | 1,5  | 2,0  | 2,5  |
| 76      | 20      | 65    | 75      | 1,5  | 3,0  | 2,5  | 2,0  |
| 96      | 16      | 45    | 60      | 2,4  | 2,2  | 2,6  | 2,8  |

| Вариант | q, кН/м | P, кН | M, кН*м | a, м | b, м | c, м | d, м |
|---------|---------|-------|---------|------|------|------|------|
| 17      | 20      | 60    | 60      | 1,5  | 2,0  | 2,5  | 1,8  |
| 37      | 18      | 65    | 85      | 2,0  | 2,5  | 1,8  | 3,0  |
| 57      | 16      | 70    | 90      | 1,8  | 3,0  | 2,0  | 2,5  |
| 77      | 22      | 64    | 75      | 3,0  | 2,0  | 2,5  | 1,8  |
| 97      | 24      | 68    | 50      | 2,4  | 2,5  | 3,0  | 1,5  |

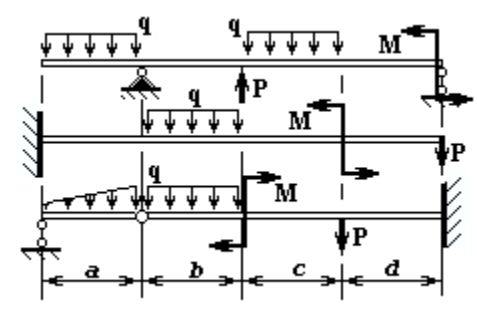
| Вариант | q, кН/м | P, кН | M, кН*м | a, м | b, м | c, м | d, м |
|---------|---------|-------|---------|------|------|------|------|
| 18      | 15      | 25    | 50      | 2,2  | 2,0  | 3,0  | 2,5  |
| 38      | 20      | 30    | 70      | 2,3  | 2,4  | 2,8  | 3,0  |
| 58      | 25      | 35    | 80      | 2,4  | 2,6  | 2,6  | 1,5  |
| 78      | 20      | 40    | 75      | 2,5  | 2,8  | 2,4  | 2,0  |
| 98      | 15      | 45    | 65      | 2,6  | 3,0  | 2,2  | 2,4  |

| Вариант | q, кН/м | P, кН | M, кН*м | a, м | b, м | c, м | d, м |
|---------|---------|-------|---------|------|------|------|------|
| 19      | 20      | 40    | 80      | 1,5  | 2,0  | 2,5  | 1,8  |
| 39      | 18      | 65    | 90      | 2,0  | 2,5  | 1,8  | 3,0  |

|    |    |    |    |     |     |     |     |
|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| 59 | 16 | 50 | 85 | 1,8 | 3,0 | 2,0 | 2,5 |
| 79 | 22 | 55 | 95 | 3,0 | 2,0 | 2,5 | 1,8 |
| 99 | 24 | 60 | 75 | 2,4 | 2,5 | 3,0 | 1,5 |



| Вариант | q, кН/м | P, кН | M, кН*м | a, м | b, м | c, м | d, м |
|---------|---------|-------|---------|------|------|------|------|
| 20      | 30      | 50    | 60      | 2,0  | 2,5  | 3,0  | 1,5  |
| 40      | 28      | 55    | 70      | 2,5  | 2,0  | 1,5  | 3,0  |
| 60      | 24      | 60    | 65      | 3,0  | 1,5  | 2,0  | 2,5  |
| 80      | 20      | 65    | 75      | 1,5  | 3,0  | 2,5  | 2,0  |
| 00      | 16      | 45    | 60      | 2,4  | 2,2  | 2,6  | 2,8  |



## Контрольные вопросы

по теме «Поперечный изгиб»

1. Почему поперечный изгиб не относится к сложному сопротивлению?
2. В чем состоит принцип суперпозиции, и есть ли предел его применимости?
3. Что называется жесткостью при изгибе?
4. Что такое предел текучести материала  $\sigma_m$ ?
5. Что такое поперечная сила?
6. Что такое изгибающий момент?
7. Как определяется величина силы в сечении?
8. Что называется плечом переноса силы?
9. Как проверить правильность построения эпюры  $M_{изг}$  по эпюре  $Q$ ?
10. Как “угадать” характер эпюры  $M_{изг}$  по эпюре  $Q$ ?
11. Как найти значение изгибающего момента в сечении, если есть в наличии эпюра  $Q$ ?

12. Объяснить на примере интегральную связь между  $Q$  и  $M_{изг}$ .
13. Записать основное дифференциальное уравнение при изгибе бруса.
14. Какие допущения принимаются при получении основного дифференциального уравнения упругой линии бруса?
15. В чем смысл постоянных интегрирования основного дифференциального уравнения?
16. Что называется граничным условием?
17. Чем отличаются граничные условия от начальных условий?
18. Что такое чистый изгиб?
19. Что такое поперечный изгиб?
20. Как определить нормальные напряжения в любой точке сечения при чистом изгибе?

### **Устные опросы**

Устные опросы проводятся преподавателем по завершению изучения каждого раздела. Вопросы и задания приведены в приложенных РГЗ №1,2,3. Для подготовки используется основная и дополнительная литература по дисциплине «Техническая механика».

Вопросы, возникающие в процессе подготовки, студент может задать преподавателю либо на консультациях, либо через специальное средство LMS BlackBoard.

### **Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы**

#### Требования к оформлению РГЗ

Студент выполняет РГЗ 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.

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

#### Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

Оценка «Зачтено» выставляется после того, как студент в ходе защиты показывает: полное владение теоретическим материалом соответствующего раздела курса «Техническая механика», 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.

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 течение 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.



Выполнение Расчетно-графических заданий считается обязательным для получения допуска к экзамену по дисциплине.

## **Задание на курсовую работу (Расчет статически неопределимых систем)**

### Часть 1. СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМАЯ ПЛОСКАЯ РАМА

По теме «Статически неопределимая плоская рама» предлагается раскрыть статическую неопределимость плоской рамы, построить эпюры внутренних силовых факторов, подобрать размеры поперечного сечения элементов рамы и схематично построить вид изогнутой оси рамы. Задача трижды статически неопределимая. Встречаются варианты с шестью дополнительными связями, но в этом случае есть возможность воспользоваться свойствами геометрической и силовой симметрии. Некоторые силовые факторы в сечении, совпадающем с плоскостью симметрии, равны нулю по определению, и сокращается количество дополнительных уравнений. Применяется *метод сил* в форме *способа Верещагина*.

Правильность решения проверяется графоаналитически. Определяем перемещение сечения конструкции, про которое заранее известно, что оно равно нулю. Умножается суммарная эпюра изгибающего момента на одну из единичных эпюр, использованных при определении коэффициентов системы канонических уравнений. Из граничных условий известно, что перемещение в направлении любой из этих единичных сил равно нулю, следовательно, в результате произведения суммарных эпюр на единичную эпюру должны получить нулевое значение. В этом случае считается, что проверка состоялась. С учетом закрепления рамы и формы эпюры изгибающих моментов строится примерный вид деформированной рамы.

Часть 1. КР . Раскрытие статической неопределимости рамы  
методом сил

Для статически неопределимой рамы требуется :

1. Раскрыть статическую неопределимость, используя метод сил;
2. Определить реакции всех опор и сделать проверку, найденных величин;
3. Построить эпюры продольных сил  $N$ , поперечных сил  $Q$  и изгибающих моментов  $M$ ;
4. Сделать проверку правильности построения эпюры  $M$ ;
5. Подобрать диаметр стального стержня круглого сечения при допускаемых напряжениях  $[\sigma] = 160$  МПа;
6. Изобразить примерный вид упругой линии рамы.

Принять:  $P = q \cdot a$  ,  $M = q \cdot a^2$ . Элементы рамы имеют одинаковое поперечное сечение.

Таблица 1.5.1

Варианты задания

| Вариант | $q$ ,<br>кН/м | $a$ ,<br>м | $b$ ,<br>м | $c$ ,<br>м |  |
|---------|---------------|------------|------------|------------|--|
| 01      | 15            | 2.0        | 1.2        | 1.5        |  |
| 21      | 18            | 1.8        | 1.4        | 1.4        |  |
| 41      | 20            | 1.6        | 1.5        | 1.2        |  |
| 61      | 25            | 1.2        | 1.6        | 1.0        |  |
| 81      | 12            | 1.4        | 2.0        | 1.6        |  |

| Вариант | $q$ ,<br>кН/м | $a$ ,<br>м | $b$ ,<br>м | $c$ ,<br>м |  |
|---------|---------------|------------|------------|------------|--|
| 02      | 15            | 2.0        | 1.2        | 2.5        |  |
| 22      | 18            | 1.8        | 1.4        | 2.4        |  |
| 42      | 20            | 1.6        | 1.5        | 2.2        |  |
| 62      | 25            | 1.2        | 1.6        | 2.0        |  |
| 82      | 12            | 1.5        | 2.0        | 2.6        |  |

| Вариант | $q$ ,<br>кН/м | $a$ ,<br>м | $b$ ,<br>м | $c$ ,<br>м |  |
|---------|---------------|------------|------------|------------|--|
| 03      | 15            | 2.0        | 1.2        | 1.5        |  |
| 23      | 18            | 1.8        | 1.4        | 1.4        |  |
| 43      | 20            | 1.6        | 1.5        | 1.2        |  |
| 63      | 25            | 1.2        | 1.6        | 1.0        |  |
| 83      | 12            | 1.5        | 2.0        | 1.6        |  |

Продолжение табл. 1.5.1

| Вариант | $q$ ,<br>кН/м | $a$ ,<br>м | $b$ ,<br>м | $c$ ,<br>м |  |
|---------|---------------|------------|------------|------------|--|
| 04      | 15            | 2.0        | 1.2        | 1.5        |  |
| 24      | 18            | 1.8        | 1.4        | 1.4        |  |
| 44      | 20            | 1.6        | 1.5        | 1.2        |  |
| 64      | 25            | 1.2        | 1.6        | 1.0        |  |
| 84      | 12            | 1.5        | 2.0        | 1.6        |  |

| Вариант | $q$ ,<br>кН/м | $a$ ,<br>м | $b$ ,<br>м | $c$ ,<br>м |  |
|---------|---------------|------------|------------|------------|--|
| 05      | 15            | 2.0        | 1.2        | 1.5        |  |

|    |    |     |     |     |  |
|----|----|-----|-----|-----|--|
| 25 | 18 | 1.8 | 1.4 | 1.4 |  |
| 45 | 20 | 1.6 | 1.5 | 1.2 |  |
| 65 | 25 | 1.2 | 1.6 | 1.0 |  |
| 85 | 12 | 2.2 | 2.0 | 1.6 |  |

| Вариант | q, кН/м | a, м | b, м | c, м |  |
|---------|---------|------|------|------|--|
| 06      | 15      | 2.0  | 1.2  | 1.5  |  |
| 26      | 18      | 1.8  | 1.4  | 1.4  |  |
| 46      | 20      | 1.6  | 1.5  | 1.2  |  |
| 66      | 25      | 1.2  | 1.6  | 1.0  |  |
| 86      | 12      | 2.2  | 2.0  | 1.6  |  |

| Вариант | q, кН/м | a, м | b, м | c, м |  |
|---------|---------|------|------|------|--|
| 07      | 15      | 2.0  | 1.2  | 1.5  |  |
| 27      | 18      | 1.8  | 1.4  | 1.4  |  |
| 47      | 20      | 1.6  | 1.5  | 1.2  |  |
| 67      | 25      | 1.2  | 1.6  | 1.0  |  |
| 87      | 12      | 2.2  | 2.0  | 1.6  |  |

Продолжение табл. 1.5.1

| Вариант | q, кН/м | a, м | b, м | c, м |  |
|---------|---------|------|------|------|--|
| 08      | 15      | 2.0  | 1.2  | 1.5  |  |
| 28      | 18      | 1.8  | 1.4  | 1.4  |  |
| 48      | 20      | 1.6  | 1.5  | 1.2  |  |
| 68      | 25      | 1.8  | 1.6  | 1.0  |  |
| 88      | 12      | 2.5  | 2.0  | 1.6  |  |

| Вариант | $q$ ,<br>кН/м | $a$ ,<br>м | $b$ ,<br>м | $c$ ,<br>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 | $q$ ,<br>кН/м | $a$ ,<br>м | $b$ ,<br>м | $c$ ,<br>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 | $q$ ,<br>кН/м | $a$ ,<br>м | $b$ ,<br>м | $c$ ,<br>м |
|---------|---------------|------------|------------|------------|
| 11      | 15            | 2.0        | 1.2        | 1.5        |
| 31      | 18            | 1.8        | 1.4        | 1.4        |
| 51      | 20            | 1.6        | 1.5        | 1.2        |
| 71      | 25            | 1.2        | 1.6        | 1.0        |
| 91      | 12            | 1.5        | 2.0        | 1.6        |

Продолжение табл. 1.5.1

| Вариант | $q$ ,<br>кН/м | $a$ ,<br>м | $b$ ,<br>м | $c$ ,<br>м |
|---------|---------------|------------|------------|------------|
| 12      | 15            | 2.0        | 1.2        | 1.5        |
| 32      | 18            | 1.8        | 1.4        | 1.4        |
| 52      | 20            | 1.6        | 1.5        | 1.2        |
| 72      | 25            | 1.2        | 1.6        | 1.0        |
| 92      | 12            | 3.0        | 2.0        | 1.6        |

| Вариант | $q$ ,<br>кН/м | $a$ ,<br>м | $b$ ,<br>м | $c$ ,<br>м |
|---------|---------------|------------|------------|------------|
| 13      | 15            | 2.0        | 1.2        | 1.5        |
| 33      | 18            | 1.8        | 1.4        | 1.4        |
| 53      | 20            | 1.6        | 1.5        | 1.2        |
| 73      | 25            | 1.2        | 1.6        | 1.0        |
| 93      | 12            | 3.0        | 2.0        | 1.6        |

| Вариант | $q$ ,<br>кН/м | $a$ ,<br>м | $b$ ,<br>м | $c$ ,<br>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 | $q$ ,<br>кН/м | $a$ ,<br>м | $b$ ,<br>м | $c$ ,<br>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        |

Продолжение табл. 1.5.1

| Вариант | $q$ ,<br>кН/м | $a$ ,<br>м | $b$ ,<br>м | $c$ ,<br>м |
|---------|---------------|------------|------------|------------|
| 16      | 15            | 2.0        | 1.2        | 1.5        |
| 36      | 18            | 1.8        | 1.4        | 1.4        |
| 56      | 20            | 1.6        | 1.5        | 1.2        |
| 76      | 25            | 1.2        | 1.6        | 1.0        |
| 96      | 12            | 3.0        | 2.0        | 1.6        |

| Вариант | $q$ ,<br>кН/м | $a$ ,<br>м | $b$ ,<br>м | $c$ ,<br>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 | $q$ ,<br>кН/м | $a$ ,<br>м | $b$ ,<br>м | $c$ ,<br>м |  |
|---------|---------------|------------|------------|------------|--|
| 18      | 15            | 2.0        | 1.2        | 1.5        |  |
| 39      | 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 | $q$ ,<br>кН/м | $a$ ,<br>м | $b$ ,<br>м | $c$ ,<br>м |  |
|---------|---------------|------------|------------|------------|--|
| 19      | 15            | 2.0        | 1.2        | 1.5        |  |
| 39      | 18            | 1.8        | 1.4        | 1.4        |  |
| 59      | 20            | 1.6        | 1.5        | 1.2        |  |
| 79      | 25            | 1.2        | 1.6        | 1.0        |  |
| 99      | 12            | 1.5        | 2.0        | 1.6        |  |

Продолжение табл. 1.5.1

| Вариант | $q$ ,<br>кН/м | $a$ ,<br>м | $b$ ,<br>м | $c$ ,<br>м |  |
|---------|---------------|------------|------------|------------|--|
|         |               |            |            |            |  |

## Часть 2. НЕРАЗРЕЗНАЯ БАЛКА. УРАВНЕНИЕ ТРЕХ МОМЕНТОВ

Рассматривается раскрытие статической неопределимости неразрезной многопролетной балки методом сил в специальной форме, называемой уравнением трех моментов. Основная система выбирается путем врезания дополнительных шарниров над промежуточными опорами. Для того, чтобы система независимых однопролетных балок была эквивалентна исходной неразрезной конструкции, у каждой промежуточной опоры прикладывается момент неизвестной величины, назначение которого – заставить сечения, принадлежащие левому и правому пролету у промежуточной опоры, поворачиваться в одну сторону и на один и тот же угол. Составляя выражение угла поворота сечения слева от опоры и справа и приравнивая их, получим дополнительное уравнение перемещений из условия совместности деформаций. Степень неопределимости неразрезной балки равна количеству промежуточных опор. Уравнений перемещения должно быть ровно столько же. Для получения дополнительного уравнения рассматриваются два смежных пролета балки. На конце каждого пролета прикладывается искомый момент. В итоге в уравнение углового перемещения сечения балки над каждой дополнительной опорой входят три момента: у левой и у правой опоры, а также в сечении над средней опорой. Поэтому уравнение носит название “Уравнение трех моментов”

$$M_{лев} l_{лев} + 2M_{средн} (l_{лев} + l_{прав}) + M_{прав} l_{прав} = -6 \left[ \frac{S_{лев}}{l_{лев}} + \frac{S_{прав}}{l_{прав}} \right],$$

где  $M_{лев}$ ,  $M_{средн}$  и  $M_{прав}$  - моменты у левой, средней и правой опор соответственно;

$l_{лев}$ ,  $l_{прав}$  – длина левого и правого пролета;

$S_{лев}$ ,  $S_{прав}$  – статический момент площади эпюры изгибающих моментов от внешней нагрузки относительно левой опоры для левого пролета и относительно правой опоры для правого пролета соответственно.

Это уравнение может быть использовано для бруса, у которого одна из концевых опор или даже обе заменена жесткой заделкой. В этом случае заделка заменяется шарнирной опорой и добавляется момент. Если заделка на левом конце, в уравнении отсутствует первое слагаемое, а у второго слагаемого  $l_{лев}=0$ , в правой части уравнения  $S_{лев}/l_{лев}$  также отсутствует. Это уравнение определяет, при каком значении момента в заделке угол поворота левого опорного сечения будет равен нулю.

Для определения свободных членов уравнений используется графоаналитический метод, известный как *способ Верещагина*.

После решения системы уравнений все опорные моменты известны и можно строить эпюру изгибающего момента для неразрезной балки. Для ее построения используются несколько способов:

1. Рассматривается каждый пролет отдельно с учетом опорных моментов у левой и правой опоры. Эпюры для отдельных пролетов



составляются в цепочку и получается результирующая эпюра для неразрезной балки.

2. На эпюры моментов только от внешней нагрузки для однопролетных шарнирно опертых балок накладывается эпюра от опорных моментов. Последняя представляет собой ломаную линию. Ордината вершины или впадины излома определяется величиной опорного момента. Накладывая эту ломаную линию, но противоположного знака, т.е. умноженную на (-1), на эпюру от пролетной нагрузки, получают суммарную эпюру, ось отсчета которой есть ломаная линия опорных моментов. Все, что находится между контуром эпюры от пролетной внешней нагрузки и осью, будет являться суммарной эпюрой моментов. Выше оси - “плюс”, ниже оси - “минус”. Для удобства чтения эпюры ломаную линию можно спрямить, сохраняя при этом суммарные ординаты эпюры.

Поскольку принятое правило знаков для эпюры моментов предполагает, что эпюра строится со стороны сжатых волокон, то по внешнему виду эпюры можно приближенно представить внешний вид изогнутой оси неразрезной балки. Так как опора не дает просадку, то изогнутая ось должна касаться опоры, а в сечениях, где меняется знак момента, происходит смена знака кривизны оси, т.е. это точка перегиба на изогнутой оси. Точка перегиба может оказаться выше либо ниже недеформированной оси балки. Изогнутая ось еще называется упругой линией бруса.

По значению изгибающего момента в опасном сечении подбирается двутавровое сечение.

### **Часть 1. КР Раскрытие статической неопределимости балок с помощью уравнения трех моментов**

Для статически неопределимой неразрезной балки требуется :

7. Раскрыть статическую неопределимость, используя уравнение трех моментов;
8. Определить реакции всех опор и сделать проверку, найденных величин;
9. Построить эпюры поперечных сил  $Q(x)$  и изгибающих моментов  $M(x)$ ;
10. Подобрать двутавровое сечение балки при допускаемых напряжениях  $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$ ;
11. Представить примерный вид изогнутой оси балки.

*Примечание.* Линейные размеры участков заданы в метрах.

Таблица 1.4.1

Варианты задания

| Вариант | P, кН | M, кН*м |
|---------|-------|---------|
| 01      | 4     | 3       |
| 21      | 5     | 2       |
| 41      | 2     | 4       |
| 61      | 2     | 3       |
| 81      | 3     | 2       |

| Вариант | P, кН | M, кН*м |
|---------|-------|---------|
| 02      | 4     | 3       |
| 22      | 5     | 2       |
| 42      | 2     | 4       |
| 62      | 2     | 3       |
| 82      | 3     | 2       |

| Вариант | P, кН | M, кН*м |
|---------|-------|---------|
| 03      | 4     | 3       |
| 23      | 5     | 2       |
| 43      | 2     | 4       |
| 63      | 2     | 3       |
| 83      | 3     | 2       |

| Вариант | P, кН | M, кН*м |
|---------|-------|---------|
| 04      | 4     | 3       |
| 24      | 5     | 2       |
| 44      | 6     | 4       |
| 64      | 2     | 3       |
| 84      | 3     | 2       |

Продолжение табл.

1.4.1

| Вариант | P, кН | M, кН*м |
|---------|-------|---------|
| 05      | 4     | 3       |
| 25      | 5     | 2       |
| 45      | 2     | 4       |
| 65      | 2     | 3       |
| 85      | 3     | 2       |

| Вариант | P, кН | M, кН*м |
|---------|-------|---------|
| 06      | 4     | 3       |
| 26      | 5     | 2       |
| 46      | 2     | 4       |
| 66      | 2     | 3       |
| 86      | 3     | 2       |

| Вариант | P, кН | M, кН*м |
|---------|-------|---------|
| 07      | 4     | 3       |
| 27      | 5     | 2       |
| 47      | 2     | 4       |
| 67      | 2     | 3       |
| 87      | 3     | 2       |

| Вариант | P, кН | M, кН*м |
|---------|-------|---------|
| 08      | 4     | 3       |
| 28      | 5     | 2       |
| 48      | 2     | 4       |
| 68      | 2     | 3       |
| 88      | 3     | 2       |

Продолжение табл.

1.4.1

| Вариант | P, кН | M, кН*м |
|---------|-------|---------|
| 09      | 4     | 3       |
| 29      | 5     | 2       |
| 49      | 2     | 4       |
| 69      | 2     | 3       |
| 89      | 3     | 2       |

| Вариант | P, кН | M, кН*м |
|---------|-------|---------|
| 10      | 4     | 3       |
| 30      | 5     | 2       |
| 50      | 2     | 4       |
| 70      | 2     | 3       |
| 90      | 3     | 2       |

| Вариант | P, кН | M, кН*м |
|---------|-------|---------|
| 11      | 4     | 3       |
| 31      | 5     | 2       |
| 51      | 2     | 4       |
| 71      | 2     | 3       |
| 91      | 3     | 2       |

| Вариант | P, кН | M, кН*м |
|---------|-------|---------|
| 12      | 4     | 3       |
| 32      | 5     | 2       |
| 52      | 2     | 4       |
| 72      | 2     | 3       |
| 92      | 3     | 2       |

Продолжение табл.1.4.1

| Вариант | P, кН | M, кН*м |
|---------|-------|---------|
| 13      | 4     | 3       |
| 33      | 5     | 2       |
| 53      | 2     | 4       |
| 73      | 2     | 3       |
| 93      | 3     | 2       |

| Вариант | P, кН | M, кН*м |
|---------|-------|---------|
| 14      | 4     | 3       |
| 34      | 5     | 2       |
| 54      | 2     | 4       |
| 74      | 2     | 3       |
| 94      | 3     | 2       |

| Вариант | P, кН | M, кН*м |
|---------|-------|---------|
| 15      | 4     | 3       |
| 35      | 5     | 2       |
| 55      | 2     | 4       |
| 75      | 2     | 3       |
| 95      | 3     | 2       |

| Вариант | P, кН | M, кН*м |
|---------|-------|---------|
| 16      | 4     | 3       |
| 36      | 5     | 2       |
| 56      | 2     | 4       |
| 76      | 2     | 3       |
| 96      | 3     | 2       |

1.4.1

| Вариант | P, кН | M, кН*м |
|---------|-------|---------|
| 17      | 4     | 3       |
| 37      | 5     | 2       |
| 57      | 2     | 4       |
| 77      | 2     | 3       |
| 97      | 3     | 2       |

| Вариант | P, кН | M, кН*м |
|---------|-------|---------|
| 18      | 4     | 3       |
| 38      | 5     | 2       |
| 58      | 2     | 4       |
| 78      | 2     | 3       |
| 98      | 3     | 2       |

| Вариант | P, кН | M, кН*м |
|---------|-------|---------|
| 19      | 4     | 3       |
| 39      | 5     | 2       |
| 59      | 2     | 4       |
| 79      | 2     | 3       |
| 99      | 3     | 2       |

| Вариант | P, кН | M, кН*м |
|---------|-------|---------|
| 20      | 4     | 3       |
| 40      | 5     | 2       |
| 60      | 2     | 4       |
| 80      | 2     | 3       |
| 00      | 3     | 2       |



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

---

---

**НАЗВАНИЕ ШКОЛЫ (ФИЛИАЛА)**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**по дисциплине «Техническая механика»**  
**Направление подготовки: 15.03.01 Машиностроение**  
**Профиль подготовки: «Оборудование и технология сварочного**  
**производства»**  
**Форма подготовки очная/заочная**

**Владивосток**  
**2015**

## Паспорт ФОС

| Код и формулировка компетенции  | Этапы формирования компетенции |  |
|---|--------------------------------|--|
| ПК-11(способностью обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления; умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделия)   | Знает                          | Приемы построения расчетных схем конструкций   |
|   | Умеет                          | Намечать цель и абстрагироваться от несущественных особенностей объекта исследования   |
|   | Владеет                        | Приемами построения расчетных схем исследуемого объекта  |
| ПК-14 способностью участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции, проверять качество монтажа и наладки при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий, узлов и деталей выпускаемой продукции | Знает                          | Математические формулы для расчетов на прочность, жесткость, устойчивость и надежность деталей технологического оборудования   |
|   | Умеет                          | составлять математические модели и расчетные схемы элементов инженерных сооружений   |
|   | Владеет                        | Приемами решения дифференциальных уравнений  |
| ПК-17 умением выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения   | Знает                          | -основные методы обеспечения прочности, устойчивости, долговечности и безопасности машин и конструкций   |
|   | Умеет                          | -проектировать основные детали машин и конструкций с учетом обеспечения надежности и износостойкости;  |
|   | Владеет                        | -навыками работы в проектной команде   |
| ПК-18 умением применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий   | Знает                          | методы исследования механических параметров конструкций и машин  |
|   | Умеет                          | подбирать методы исследования напряженно-деформированного состояния конструкций, соответствующие диапазону измеряемых величин  |
|   | Владеет                        | методами тарирования испытательного оборудования и пересчета данных эксперимента в механические параметры реально деформируемого объекта; приемами статистической обработки результатов эксперимента |



| № п/п | Контролируемые разделы / темы дисциплины                      | Коды и этапы формирования компетенций |  | Оценочные средства         |  |
|-------|---|---------------------------------------|--|----------------------------|--|
|       |   |                                       |  | текущий контроль           | промежуточная аттестация                 |
| 1     | Раздел I. Простейшие деформации упругих элементов конструкций | ПК-11, ПК-17                          | Знает приемы построения расчетных схем конструкций   | Устный опрос               | Вопросы к экзамену 1-10                  |
|       |   |                                       | Умеет намечать цель и абстрагироваться от несущественных особенностей объекта исследования   | РГЗ №№1,2,3                | Вопросы к экзамену 1-45                  |
|       |   |                                       | Владеет приемами построения расчетных схем исследуемого объекта  |                            |  |
| 2     | Раздел II. Статически неопределимые системы                   | ПК-14 ПК-18                           | Знает методы исследования механических параметров конструкций и машин  | Устный опрос               | Вопросы к зачету 1-25                    |
|       |   |                                       | Умеет подбирать методы исследования напряженно-деформированного состояния конструкций, соответствующие диапазону измеряемых величин  | Выполнение курсовой работы | Вопросы к зачету, защита курсовой работы |
|       |   |                                       | Владеет методами тарирования испытательного оборудования и пересчета данных эксперимента в механические параметры реально деформируемого объекта; приемами статистической обработки результатов эксперимента |                            |  |

### Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

| Код и формулировка компетенции  | Этапы формирования компетенции |  | критерии  | показатели   |
|---|--------------------------------|--|---|--|
| ПК-11<br>(способность обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления; умением контролировать соблюдение | Знает                          | Приемы построения расчетных схем конструкций | проявляет достаточно глубокое понимание связи естественнонаучных знаний с областями и объектами профессиональной деятельности | способность самостоятельно повышать уровень знаний, посредством учебной литературы или интернет-технологий; готовность к решению стандартных |
| соблюдение  |                                |  |   |  |

|  |         |  |   |  |
|--|---------|--|---|--|
| технологической дисциплины при изготовлении изделий)   |         |  |   | задач  |
|  | Умеет   | Намечать цель и абстрагироваться от несущественных особенностей объекта исследования   | умеет выбирать адекватные способы и методы решения стандартных задач механики   | способен к объективной оценке и анализу поставленной задачи  |
|  | владеет | Приемами построения расчетных схем исследуемого объекта  | владеет стандартными алгоритмами решения механических задач   | способен анализировать проблему и выбирать стратегию ее решения  |
| ПК-14 (способность участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции, проверять качество монтажа и наладки при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий, узлов и деталей выпускаемой продукции) | Знает   | Математические формулы для расчетов на прочность, жесткость, устойчивость и надежность деталей технологического оборудования | имеет представление о направлениях перспективных исследований с учетом мировых тенденций развития науки, техники и технологий | способен в общих чертах проводить прогнозные оценки развития науки, техники и технологий   |
|  | Умеет   | составлять математические модели и расчетные схемы элементов инженерных сооружений   | умеет грамотно выбирать и использовать научно-техническую и справочную информацию при решении профессиональных задач          | способен уверенно ориентироваться в современных электронных научных базах данных, самостоятельно отыскивать актуальные источники научно-технической и справочной информацией в сети Internet |
|  | владеет | Приемами решения дифференциальных уравнений  | владеет базовыми навыками решения научных, технических, задач в области профессиональной деятельности                         | способен сформулировать задачу и указать методы ее решения   |
|  | Знает   | -основные методы обеспечения   | - знание определений и основных   | - способность дать определения и   |

|  |         |  |   |   |
|--|---------|--|---|---|
|  |         | прочности, устойчивости, долговечности и безопасности машин и конструкций                              | понятий, применяемых в методах расчетов на прочность, жесткость, динамики машин и конструкций;<br>- знание основных правил оформления конструкторской документации;   | сформулировать основные понятия, применяемых в методах расчетов на прочность, жесткость, динамики машин и конструкций;<br>- способность сформулировать правила оформления конструкторской документации;   |
|  | Умеет   | -проектировать основные детали машин и конструкций с учетом обеспечения надежности и износостойкости ; | - умение самостоятельно разрабатывать и исследовать математические модели технических систем, применяя современные аналитические и численные методы;<br>- умение проводить расчеты элементов конструкций аналитическими и вычислительным и методами прикладной механики с помощью программных систем компьютерного инжиниринга; | - способность самостоятельно разрабатывать и исследовать математические модели технических систем, применяя современные аналитические и численные методы;<br><br>- способность проводить расчеты элементов конструкций аналитическими и вычислительным и методами прикладной механики с помощью программных систем компьютерного инжиниринга; |
|  | Владеет | -навыками работы в проектной команде   | - владение навыками работы в проектной команде на   | способность работать в проектной команде на различных   |

|   |         |   |  |   |
|---|---------|---|--|---|
|   |         |   | различных ролях;   | ролях   |
| ПК-18<br>(умением применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий), | Знает   | методы исследования механических параметров конструкций и машин   | знает государственные стандарты и прочие нормативно-правовые документы в сфере профессиональной деятельности   | знание подбора научно-технической литературы; знание правил оформления конструкторской документации в соответствии с ЕСКД   |
|   | Умеет   | подбирать методы исследования напряженно-деформированного состояния конструкций, соответствующие диапазону измеряемых величин   | способен собрать и проанализировать информацию, которая поможет выбрать нормативные показатели качества  | способен оценивать уровень показателей качества, которые достижимы при доступных процессах, персонале, ресурсах, инфраструктуре и финансовых средствах в конкретных условиях производства                             |
|   | владеет | методами тарирования испытательного оборудования и пересчета данных эксперимента в механические параметры реально деформируемого объекта; приемами статистической обработки результатов | владение методами и средствами оценки и анализа соответствия предъявляемым требованиям к проектируемой продукции, или при оказании проектируемой услуги, или выполнении проектируемой работы | способен провести анализ возможностей появления недопустимых несоответствий (дефектов) при производстве и использовании (эксплуатации) проектируемой продукции, или при оказании проектируемой услуги, или выполнении |

|  |  |              |  |                         |
|--|--|--------------|--|-------------------------|
|  |  | эксперимента |  | проектируемой<br>работы |
|--|--|--------------|--|-------------------------|

## Средства промежуточной аттестации

### 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 брусе 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

### **Вопросы к зачету**

- 1. Полная потенциальная энергия деформации бруса
- 2. Теорема Кастилиано
- 3. Интегралы Мора
- 4. Примеры применения Интеграла Мора
- 5. Способ Верещагина
- 6. Теорема взаимности работ и перемещений
- 7. Примеры применения теоремы взаимности работ и перемещений
- 8. Типы стержневых систем. Степень статической неопределимости стержневой системы
- 9. Выбор основной системы
- 10. Канонические уравнения метода сил
- 11. Использование свойств симметрии при раскрытии статической неопределимости плоской рамы. Прямая геометрическая симметрия
- 12. Использование свойств симметрии при раскрытии статической неопределимости плоской рамы. Косая геометрическая симметрия
- 13. Многопролетные неразрезные балки. Уравнение трех моментов

14. Определение перемещений в статически неопределимых системах
15. Устойчивость упругих форм равновесия
16. Задача Эйлера
17. Зависимость критической силы от условий закрепления стержня
18. Расчет сжатых стоек по коэффициенту снижения допускаемых напряжений. Формула Ясинского
19. Напряжения, возникающие вследствие поступательного движения упругого тела
20. Напряжения, возникающие вследствие вращательного движения упругого тела
21. Напряжения, возникающие в упругом брусе при ударе
22. Повышение предела текучести в результате повторных нагружений
23. Ползучесть и релаксация
24. Влияние скорости деформирования на механические характеристики материала
25. Усталостная прочность металлов
26. Влияние концентрации напряжений на прочность конструкций
27. Методы электротензоизмерений в исследовании напряженно-деформированного состояния
28. Методы: делительных сеток, зеркально-оптический и муаровых полос в исследовании напряженно-деформированного состояния
29. Метод хрупких тензочувствительных покрытий в исследовании напряженно-деформированного состояния
30. 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

### «Техническая механика»

| Баллы<br>(рейтинговой оценки) | Оценка экзамена<br>(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                         | «хорошо»                         | 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                         | «удовлетворительно»              | 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                          | «неудовлетворительно»            | 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 |

## Критерии выставления оценки студенту на зачет по дисциплине

### «Техническая механика»

| Баллы<br>(рейтинговой оценки) | Оценка зачета/<br>экзамена<br>(стандартная) | Требования к сформированным компетенциям  |
|-------------------------------|---|---|
| 60-100<br>баллов              | «зачет»                                     | Оценка «зачет» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения. |

|                |                  |   |
|----------------|------------------|---|
| 0-59<br>баллов | <i>«незачет»</i> | Оценка «незачет» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ. |
|----------------|------------------|---|

### Средства текущей аттестации

Перечень вопросов для текущей аттестации представлен в описании приложенных вариантов РГЗ.

#### Критерии оценки по устному опросу

| Баллы<br>(рейтингово<br>й оценки) | Оценка<br>экзамена<br>(стандартная) | Требования к сформированным компетенциям   |
|-----------------------------------|-------------------------------------|--|
| 86-100                            | <i>«отлично»</i>                    | 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>«удовлетворительно»</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>«неудовлетворительно»</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 |