




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

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

«СОГЛАСОВАНО»  
Руководитель ОП

  
\_\_\_\_\_  
(подпись) Реутов В.А.  
(Ф.И.О. рук. ОП)  
05 сентября 2017 г.



УТВЕРЖДАЮ»  
заведующий базовой кафедрой  
химических и ресурсосберегающих технологий  
(название кафедры)  
\_\_\_\_\_  
(подпись) Реутов В.А.  
(Ф.И.О. зав. каф.)  
05 сентября 2017 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
Инженерная механика  
**Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология**  
профиль «Технологии нефтеперерабатывающих и химических производств»  
**Форма подготовки очная**

курс 2 семестр 4  
лекции 18 час.  
практические занятия 18 час.  
лабораторные работы 0 час.  
в том числе с использованием МАО лек. 0 /пр. 0 /лаб. 0 час.  
всего часов аудиторной нагрузки 36 час.  
в том числе с использованием МАО 0 час.  
самостоятельная работа 144 час.  
из них на экзамен 0 час.  
зачет 4 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого ДВФУ, утвержденного приказом ректора от 21.10.2016 № 12-13-2030.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры механики и механического моделирования, протокол № 5 от июня 2017 г.

Заведующая кафедрой к.ф.-м.н., профессор Бочарова А.А.  
Составители: к.т.н., доцент Пузь П.Н., к.т.н., доцент Уложенко А.Г.

## **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)

## ABSTRACT

**Bachelor's degree in 18.03.01 Chemical technology**

**Course title: Mechanical Engineering**

**Basic part of Block B1.B.5.2, 5 credits**

**Instructor: Puz P.N.**

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

to successfully master the discipline "Mechanical Engineering", we need stable theoretical knowledge and practical skills in all sections of the compulsory minimum of the content of secondary (complete) education.

**Learning outcomes:**

- the ability and willingness to use the basic laws of natural sciences in professional activities (GPC-1)
- the ability to build, configure and carry out testing of equipment and software (PC-6)
- ability to check the technical condition, organize routine inspections and maintenance of equipment, prepare equipment for repair and take equipment from repair (PC-7)
- readiness for the development and operation of newly introduced equipment (PC-8)
- use knowledge of basic physical theories to solve emerging physical problems, independent acquisition of physical knowledge, to understand the principles of operation of devices and devices, including those beyond the competence of a specific area (PC-22).

**Course description:** The knowledge gained in the study of the discipline "Theoretical and applied mechanics" is related and is basic in a number of issues in the study of such professional disciplines as "General chemical technology", "Processes and apparatuses of chemical technology", as well as specialized disciplines.

**Main course literature:**

1. Yablonskiy, A. A. Sbornik zadaniy dlya kursovykh rabot po teoreticheskoy mekhanike. / A. A. Yablonskiy. – Moscow.: Knorus, 2011. - 386 s.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:661982&theme=FEFU>
2. Iosilevich, G. B. Prikladnaya mekhanika : uchebnik dlya vtuzov / G. B. Iosilevich, P. A. Lebedev, V. S. Strelyayev. – Moscow. : Al'yans, 2013. - 575 s.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:692708&theme=FEFU>
3. Bertyayev, V. D. Kratkiy kurs Teoreticheskoy mekhaniki. Uchebnik dlya vuzov. / V. D. Bertyayev . - Rostov-na-Donu: Feniks, 2011. - 197 s.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:419115&theme=FEFU>

4. Mikhaylov, A.M. Soprotivleniye materialov uchebnik / A. M. Mikhaylov – Moscow. : Akademiya, 2009. – 448 s.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:290856&theme=FEFU>
5. Butenin, N.V. Kurs teoreticheskoy mekhaniki [Elektronnyy re-surs]: Uchebnoye posobiye dlya studentov vuzov : V 2-kh t. / N.V. Butenin, YA.L. Lunts, D.R. Merkin. - Saint Petersburg.: Lan', 2009. - 736 s.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=29](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=29)
6. Ulozhenko A.G. Soprotivleniye materialov. Sbornik zadaniy dlya kursovykh rabot. –Vladivostok: Izd-vo DVG TU, 2005.- 87s.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:395320&theme=FEFU>
7. Bat', M. I. Teoreticheskaya mekhanika v primerakh i zadachakh [Elektronnyy resurs]:Uchebnoye posobiye dlya vuzov. Tom 1: Statika i kinematika». / M. I. Bat', G. YU. Dzhanlidze, A. S. Kel'zon.- Moscow.: Lan', 2013. - 672 s.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=4551](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=4551)
8. Bat', M. I. Teoreticheskaya mekhanika v primerakh i zadachakh [Elektronnyy resurs]:Uchebnoye posobiye dlya vuzov. Tom 2: Dinamika». / M. I. Bat', G. YU. Dzhanlidze, A. S. Kel'zon.- Moscow.: Lan', 2013. - 672 s.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=4552](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=4552)
9. Meshcherskiy, I. V. Zadachi po teoreticheskoy mekhanike: Ucheb. posobiye dlya studentov / I. V. Meshcherskiy ; pod red. V. A. Pal'mova, D. D. Merkina. - Saint Petersburg. : Lan', 2012. - 448 s.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:752871&theme=FEFU>
10. Bogomaz, I. V. Mekhanika [Elektronnyy resurs] : uchebnoye posobiye / I. V. Bogomaz. - Krasnoyarsk: SFU, 2012. - 346 s.  
<http://znanium.com/go.php?id=442969>
11. Shcherbakova YU.V. Mekhanika [Elektronnyy resurs]: uchebnoye posobiye/ Shcherbakova YU.V.— Elektron. tekstovyye dannyye.— Saratov: Nauchnaya kniga, 2012.— 191 c. <http://www.iprbookshop.ru/6304>
12. Begun P.I. Prikladnaya mekhanika [Elektronnyy resurs]: uchebnik/ Begun P.I., Kormilitsyn O.P.— Elektron. tekstovyye dannyye.— Saint Petersburg.: Politekhnik, 2012.— 463 c. <http://www.iprbookshop.ru/15907>
13. Miroyubov, I.N., F.Z. Almametov i dr. Soprotivleniye materialov. Posobiye po resheniyu zadach. / I.N. Miroyubov, F.Z. Almametov i dr. – Saint Petersburg., M., Krasnodar: Izd-vo «Lan'», 2014. - 512 s.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=668](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=668)
14. Molotnikov, V. YA. Mekhanika konstruktsiy. Teoreticheskaya mekhanika. Soprotivleniye materialov. / V. Y. Molotnikov. – Moscow. : Lan', 2012. - 608 s.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=4546](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=4546)

15. Sbornik zadach po soprotivleniyu materialov. / N. M. Belyayev., L. K. Parshin, B. Ye. Mel'nikov, V. A. Sherstnev – Moscow. : Lan', 2011. - 432 s.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=2022](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2022)

16. Voronov, C.A. Raschet na prochnost' i zhestkost' terzhnevykh sistem pri izgibe s ispol'zovaniyem Mathcad: metod. ukazaniya k vypolneniyu domashnikh zadaniy po kursam «Soprotivleniye materialov» i Prikladnaya mekhanika»: 2 ch.– CH. 11 / C.A. Voronov, A.A. Shirshov, S.V. Yares'ko. — Moscow. : Izd-vo MGTU im. N.E. Baumana, 2011.— 40 s.

<https://e.lanbook.com/book/58503#authors>

**Form of final knowledge control:** credit, exam.

## **Аннотация рабочей программы учебной дисциплины «Инженерная механика»**

Рабочая программа дисциплины «Инженерная механика» разработана для студентов 2 курса направления подготовки 18.03.01 «Химическая технология» в соответствии с требованиями ОС ВО ДВФУ по данному направлению.

Дисциплина «Инженерная механика» относится к разделу Б1.Б.5.2 обязательных дисциплин вариативной части учебного плана. Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (18 час.), практические занятия (18 час.), самостоятельная работа (144 час.). Дисциплина реализуется в 4 семестре 2 курса.

Дисциплина «Инженерная механика» находится в логической и содержательно-методической взаимосвязи с такими учебными предметами базовой части цикла как математика (общий курс), физика (раздел «Физические основы механики»), информационные технологии, инженерная графика. «Входными» знаниями и умениями, необходимыми для освоения теоретической механики обучающимися, в области математики и информатики выступают следующие конструкты: аналитическая геометрия (векторная алгебра); аналитическое и численное решение системы алгебраических уравнений, дифференциально-интегральное исчисление; программирование и использование возможностей вычислительной техники и программного обеспечения для построения математических моделей механических явлений. В области физики – основные понятия о фундаментальных константах естествознания; законы и модели механики; типичные постановки статических и динамических задач и их математическое описание.

Знания, полученные при изучении дисциплины «Инженерная механика» связаны и являются базовыми в целом ряде вопросов при изучении таких профессиональных дисциплин, как «Общая химическая технология», «Процессы и аппараты химической технологии», а также профильных дисциплин.

### **Цель дисциплины:**

– Дать студенту необходимый объем фундаментальных знаний в области механического взаимодействия, равновесия и движения материальных тел, на базе которых строится большинство специальных дисциплин инженерно-технического образования.

– Способствовать расширению научного кругозора и повышению общей культуры будущего специалиста, развитию его мышления и становлению его мировоззрения.

– Формирование у студентов знаний и навыков по основам общетехнической подготовки, необходимых для последующего изучения специальных инженерных дисциплин и решения профессиональных задач при разработке и эксплуатации технологического оборудования химической промышленности.

**Задачи дисциплины:**

– дать студенту первоначальные представления о постановке инженерных и технических задач, их формализации, выборе модели изучаемого механического явления;

– привить навыки использования математического аппарата для решения инженерных задач в области механики;

– освоить основы методов статического расчета конструкций машин и аппаратов химических технологий материалов для современного энергетического производства;

– освоить основы кинематического и динамического анализа элементов машин и аппаратов;

– сформировать знания и навыки, необходимые для изучения последующих общеинженерных и профессиональных дисциплин;

– развить логическое мышление и творческий подход к решению профессиональных задач;

– изучение студентами общих методов проектирования и расчета деталей оборудования химической промышленности;

– приобретение первичных навыков по современным методам расчета и конструирования деталей.

Для успешного усвоения дисциплины «Инженерная механика» необходимы устойчивые теоретические знания и практические навыки по всем разделам обязательного минимума содержания среднего (полного) образования.

В результате изучения данной дисциплины у студентов формируются следующие общепрофессиональные (ОПК) и профессиональные (ПК) компетенции (элементы компетенций).

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-1 Способностью и готовностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятель-	Знает	Основные понятия и методы расчетов на прочность, жесткость, устойчивость и надежность деталей технологического оборудования
	Умеет	Выполнять расчеты на прочность, жесткость и долговечность узлов и деталей химического оборудования при простых видах нагружения, а также выполнять простейшие кинематические расчеты дви-

ности		жущихся элементов этого оборудования
	Владеет	Методами механики применительно к расчетам процессов химической технологии
ПК-6 Способностью налаживать, настраивать и осуществлять проверку оборудования и программных средств	Знает	Методы налаживать, настраивать и осуществлять проверку оборудования и программных средств
	Умеет	налаживать, настраивать и осуществлять проверку оборудования и программных средств
	Владеет	Навыками наладки, настройки и проверки оборудования и программирования
ПК-7 Способностью проверять техническое состояние, организовывать профилактические осмотры и текущий ремонт оборудования, готовить оборудование к ремонту и принимать оборудование из ремонта	Знает	Способы проверять техническое состояние оборудования
	Умеет	Производить профилактические осмотры и текущий ремонт оборудования, готовить оборудование к ремонту
	Владеет	Способностью готовить оборудование к ремонту и принимать оборудование из ремонта
ПК-8 Готовностью к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования	Знает	Способы эксплуатации вновь вводимого оборудования
	Умеет	Готовить оборудование к эксплуатации
	Владеет	Навыками владения и освоения нового оборудования
ПК-22 Использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности конкретного направления	Знает	Приемы создания расчетных схем профессиональных задач, методики решения этих задач (кинематика, статика, динамика)
	Умеет	Математические формулы для расчетов на прочность, жесткость, устойчивость и надежность деталей технологического оборудования
	Владеет	Применять знания по теоретические механики (кинематика, статика, динамика) в профессиональной деятельности, видеть инженерную проблему в области профессиональной деятельности, связанную с механическими явлениями, анализировать ее и выбирать стратегию решения проблемы (кинематика, статика, динамика).



# СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

## Лекции (18 час.)

### Модуль 1. Теоретическая механика

#### Раздел I. Введение в теоретическую механику. Структура ТМ. Кинематика (2 час.)

##### Тема 1. Введение в кинематику. Структура кинематики. Кинематика точки (1 час)

Объекты кинематики. Механическое движение. Пространство и время. Относительность механического движения. Система отсчета. Предмет кинематики. Структура кинематики.

Способы задания движения точки. Траектория точки. Задачи кинематики точки. Естественный, координатный и векторный способы задания движения точки.

Определение скорости точки при векторном, координатном и естественном способах. Определение ускорения точки при векторном и координатном способах. Естественные координатные оси, Определение ускорения точки при естественном способе. Касательное и нормальное ускорения точки. Частные случаи движения точки.

##### Тема 2. Кинематика тела. Поступательное движение тела. Вращение тела вокруг неподвижной оси. Кинематика сложного движения точки (1 час)

Определение поступательного движения тела. Теорема о траекториях, скоростях и ускорениях точек твердого тела при поступательном движении.

Определение плоскопараллельного движения тела, Разложение движения на два составляющих. Уравнения движения. Теорема о зависимости между скоростями точек плоской фигуры. Следствия из теоремы. Мгновенный центр скоростей (МЦС) и его нахождение. Применение МЦС для определения скорости любой точки плоской фигуры.

Определение вращательного движения тела. Уравнение вращательного движения тела. Угловая скорость и угловое ускорение тела. Скорость и ускорение любой точки вращающегося тела.

Движение тела с одной неподвижной точкой. Углы Эйлера. Свободное движение тела. Моделирование свободного движения двумя составляющими движениями.

Сложное движение точки. Системы отсчета и виды движения точки. Относительные, переносные и абсолютные скорость и ускорение точки. Теорема о сложении скоростей точки. Формула Бура. Теорема о сложении ускорения точки. Кориолисово ускорение. Примеры нахождения ускорения.

## **Раздел II. Статика (4 час.)**

### **Тема 1. Статика. Равновесие различных систем сил (3 час.)**

Предмет статики. Основные понятия статики: абсолютно твердое тело, сила, системы сил, эквивалентные системы сил, равнодействующая. Уравновешенные и уравновешивающие системы сил. Аксиомы статики. Следствия из аксиом.

Свободное и несвободное тело. Простейшие связи и их реакции. Принцип освобожденности от связей. Примеры.

Система сходящихся сил. Геометрический и аналитический способы сложения сил. Главный вектор и равнодействующая системы сил. Геометрические и аналитические условия равновесия сходящихся сил.

Момент силы как мера вращательной способности. Вектор момента силы относительно точки. Вычисление момента и условие равенства его нулю. Момент силы относительно оси: теоретическое и практическое определения, равенство нулю. Аналитические формулы. Главный момент системы сил относительно центра и оси.

Элементы теории пар. Основная теорема статики. Равновесие произвольной системы сил.

Пара сил (пара). Момент пары как вектор. Эквивалентные преобразования пар. Сложение пар. Условия равновесия системы пар.

Лемма о параллельном переносе силы. Приведение произвольной системы сил к заданному центру. Канонические системы сил. Условия равновесия различных систем сил (геометрические и аналитические). Статически определимые и статически неопределимые задачи.

### **Тема 2. Равновесие системы тел. Система параллельных сил. Центр тяжести тела (1 час)**

Система тел. Силы внешние и внутренние. Условия и уравнения равновесия системы тел.

Равнодействующая системы параллельных сил. Определение равнодействующей двух параллельных сил.

Центр параллельных сил. Понятие о центре системы параллельных сил. Определение радиуса-вектора положения центра параллельных сил. Координаты центра параллельных сил.

Центр тяжести твердого тела; центр тяжести объема, площади и линии. Способы определения центра тяжести тела.

### **Раздел III. Динамика точки, механической системы и тела (2 час.)**

#### **Тема 1. Введение в динамику. Динамика точки. Задачи динамики точки. Прямолинейные колебания точки (1 час)**

Основные понятия динамики: материальная точка, механическая система, абсолютно твердое тело. Предмет и задачи динамики. Структура динамики. Аксиомы динамики (Законы Галилея-Ньютона). Основное уравнение динамики точки.

Две основные задачи динамики точки. Решение второй задачи. Начальные и конечные условия движения. Падение тела вблизи земной поверхности.

Механические колебания. Восстанавливающая сила. Свободные колебания точки.

#### **Тема 2. Динамика механической системы. Динамика тела (1 час)**

Введение в динамику механической системы: масса, центр масс, силы внешние и внутренние. свойство внутренних сил. Дифференциальные уравнения движения механической системы.

Теорема о движении центра масс механической системы. Закон сохранения движения. Количество движения точки, механической системы и тела. Импульс силы. Теорема об изменении количества движения механической системы. Закон сохранения количества движения. Теорема об изменении кинетического момента механической системы. Мера механического движения (кинетическая энергия) и мера действия силы (работа силы). Теорема об изменении кинетической энергии точки и механической системы. Понятие о потенциальной энергии. Закон сохранения механической энергии.

Введение в динамику тела. Основные понятия и определения. Моменты инерции тела. Вычисление моментов инерции тел. Теоремы о моментах инерции тела. Опытные способы определения моментов инерции тел.

Дифференциальные уравнения поступательного, вращательного, плоскопараллельного движений тела. Частные случаи движения.

### **Раздел IV. Элементы аналитической механики (2 час.)**

#### **Тема 1. Основные методы описания движения механической системы (2 час.)**

Принцип Даламбера. Метод кинетостатики. Принцип Германа – Эйлера – Даламбера для точки, механической системы и тела.

Принцип возможных перемещений. Несвободные объекты в аналитической механике. Классификация связей. Возможные и действительные перемещения точек несвободной механической системы. Идеальные связи. Принцип возможных перемещений. Методика применения принципа.

Общее уравнение динамики механической системы. Движения несвободной механической системы, подчиненной двусторонним стационарным идеальным связям. Методика применения общего уравнения динамики.

Уравнения Лагранжа 2-го рода. Обобщенные координаты. Обобщенные силы. Дифференциальные уравнения движения механической системы в обобщенных координатах. Методика применения Уравнений Лагранжа второго рода.

## **Модуль 2. Прикладная механика**

### **Раздел V. Сопротивление материалов (6 час.)**

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

Краткое содержание темы Основные понятия сопротивления материалов: Действие внешних сил на физические тела. Анализ реального объекта и составление расчетной модели. Внутренние силы и напряжения, как мера внутренних сил. Деформации линейные и угловые. Связь напряжений и деформаций. Закон Гука.

#### **Тема 2. Простейшие деформации (2 час.)**

Краткое содержание темы Простейшие деформации: Осевое растяжение – сжатие. 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.

Деформация сдвига или среза. Деформация кручения, расчет вала на кручение, разрушение вала при кручении, изготовленного из пластичного и хрупкого материала. Деформация поперечного изгиба, определение внутренних силовых факторов при изгибе и напряжений, условие прочности при изгибе.

Определение перемещений при поперечном изгибе: основное дифференциальное уравнение упругой линии бруса, интегрирование основного дифференциального уравнения, универсальное уравнение упругой линии балки.

#### **Тема 3. Сложное сопротивление (2 час.)**

Краткое содержание темы Сложное сопротивление: Понятие о напряженно-деформированном состоянии, главные оси и главные напряжения, теории прочности.

Внецентренное растяжение-сжатие. Косой или сложный изгиб. Изгиб с кручением бруса круглого поперечного сечения. Тонкостенные цилиндрические сосуды в состоянии внутреннего давления. Винтовые цилиндрические пружины. Устойчивость бруса большой гибкости при осевом сжатии, задача Эйлера. Напряжения, возникающие при динамических и переменных нагрузках. Усталост-

ная прочность материала. Влияние концентрации напряжений на прочность конструкций.

#### **Тема 4. Экспериментальные методы исследования конструкций и моделей (1 час.)**

Краткое содержание темы: методы электротензоизмерений. Оптико-геометрические методы исследования. Поляризационно-оптический метод исследования напряжений.

#### **Раздел VI. Теория механизмов и машин (2 час.)**

##### **Тема 1. Основные понятия анализа и синтеза механизмов (1 час.)**

Краткое содержание темы: понятие анализа и синтеза механизмов. Кинематические пары и кинематические цепи. Структура плоских механизмов. Классификация плоских механизмов.

##### **Тема 2. Кинетостатический расчет механизмов (1 час.)**

Краткое содержание темы: определение реакций в кинематических парах механизмов. Кинематические параметры точек звеньев механизмов. Условия статической определимости кинематических цепей. Кинетостатический расчет типовых механизмов.

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

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

#### **Занятие 1. Определение скорости и ускорения точки при координатном способе задания движения (2 час.)**

1. Скорость и ускорение точки.
2. Способы определения скорости и ускорения точки при координатном способе задания движения.

#### **Занятие 2. Кинематический анализ простейшего механизма (2 час.)**

1. Простейший механизм.

#### **Занятие 3. Равновесие системы сходящихся сил (2 час.)**

1. Основные типы связей.
2. Равновесие системы сходящихся сил.

#### **Занятие 4. Равновесие произвольной системы сил (2 час.)**

1. Произвольная система сил.

#### **Занятие 5. Центр тяжести тела. (2 час.)**

1. Центр тяжести тела.
2. Первая задача динамики точки.

#### **Занятие 6. Вторая задача динамики точки (2 час.)**

#### **Занятие 7. Теорема об изменении кинетической энергии механической системы (4 час.)**

1. Кинетическая энергия.
2. Кинетическая энергия механической системы.

### **Занятие 8. Динамика тела (2 час.)**

1. Динамика тела.
2. Общее уравнение динамики.

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

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Инженерная механика» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

## **IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА**

### **3 семестр**

№ п/п	Контролируемые модули/разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел I. Кинематика.	ОПК-1	Знает	Посещение лекционных занятий. Экспресс-контрольная (ПР-2)	Защита К1 Защита К2,3
			Умеет	Вопросы по теме 1. (УО-1)	
			Владеет	Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 2 (УО-1)	
		ПК-6	Знает	Посещение лекционных занятий. Экспресс-контрольная (ПР-2)	Защита К1 Защита К2,3
			Умеет	Экспресс-контрольная (ПР-2)	
			Владеет	Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 2,3 (УО-1)	

		ПК-7	Знает	Посещение лекционных занятий. Экспресс-контрольная (ПР-2)	Защита К1 Защита К2,3	
			Умеет	Экспресс-контрольная (ПР-2)		
			Владеет	Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 2,3 (УО-1)		
		ПК-8		Знает	Посещение лекционных занятий. Экспресс-контрольная (ПР-2)	Защита К1 Защита К2,3
				Умеет	Экспресс-контрольная (ПР-2)	
				Владеет	Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 2,3 (УО-1)	
		ПК-22		Знает	Посещение лекционных занятий. Экспресс-контрольная (ПР-2)	Защита К1 Защита К2,3
				Умеет	Экспресс-контрольная (ПР-2)	
				Владеет	Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 2,3 (УО-1)	
2	Раздел II. Статика	ОПК-1	Знает:	Посещение лекционных занятий. Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 3. (УО-1)	Защита С1,7	
			Умеет	Устный опрос. (УО-1) Экспресс-опрос. (УО-1)		
			Владеет	Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 3 (УО-1)		
		ПК-6		Знает:	Посещение лекционных занятий. Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 3. (УО-1)	Защита С1,7
				Умеет	Устный опрос. (УО-1) Экспресс-опрос. (УО-1)	
				Владеет	Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 3 (УО-1)	
		ПК-7		Знает:	Посещение лекционных занятий. Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 3. (УО-1)	Защита С1,7
				Умеет	Устный опрос. (УО-1) Экспресс-опрос. (УО-1)	
				Владеет	Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 3 (УО-1)	
		ПК-8		Знает:	Посещение лекционных занятий. Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 3. (УО-1)	Защита С1,7
				Умеет	Устный опрос. (УО-1) Экспресс-опрос. (УО-1)	
				Владеет	Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 3 (УО-1)	

		ПК-22	Знает:	Посещение лекционных занятий. Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 3. (УО-1)	Защита С1,7
			Умеет	Устный опрос. (УО-1) Экспресс-опрос. (УО-1)	
			Владеет	Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 3 (УО-1)	
3	Раздел III, IV. Динамика точки, механической системы и тела. Элементы аналитической механики.	ОПК-1	Знает	Посещение лекционных занятий. Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 3, 4 (УО-1)	Защита Д1 Защита Д10
			Умеет	Устный опрос. (УО-1) Экспресс-опрос. (УО-1)	
			Владеет	Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 4 (УО-1)	
		ПК-6	Знает	Посещение лекционных занятий. Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 3, 4 (УО-1)	Защита Д1 Защита Д10
			Умеет	Устный опрос. (УО-1) Экспресс-опрос. (УО-1)	
			Владеет	Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 4 (УО-1)	
		ПК-7	Знает	Посещение лекционных занятий. Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 3, 4 (УО-1)	Защита Д1 Защита Д10
			Умеет	Устный опрос. (УО-1) Экспресс-опрос. (УО-1)	
			Владеет	Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 4 (УО-1)	
		ПК-8	Знает	Посещение лекционных занятий. Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 3, 4 (УО-1)	Защита Д1 Защита Д10
			Умеет	Устный опрос. (УО-1) Экспресс-опрос. (УО-1)	
			Владеет	Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 4 (УО-1)	
ПК-22	Знает	Посещение лекционных занятий. Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 3, 4 (УО-1)	Защита Д1 Защита Д10		
	Умеет	Устный опрос. (УО-1) Экспресс-опрос. (УО-1)			
	Владеет	Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 4 (УО-1)			
1	Раздел V. Сопротивление материалов	ОПК-1	Знает	Устный опрос. (УО-1) Экспресс-опрос. (УО-1)	ответы на зачете вопросы 1-64
			Умеет	Устный опрос. (УО-1)	



				Выполнение индивидуального задания РПЗ №1-3. (ПР-12)	
			Владеет	Защита расчетно-проектировочных заданий № 1-3. (ПР-12)	
		ПК-6	Знает	Устный опрос. (УО-1) Экспресс-опрос. (УО-1)	ответы на зачете вопросы 1-64
			Умеет	Устный опрос. (УО-1) Выполнение индивидуального задания РПЗ №1-3. (ПР-12)	
			Владеет	Защита расчетно-проектировочных заданий № 1-3. (ПР-12)	
		ПК-7	Знает	Устный опрос. (УО-1) Экспресс-опрос. (УО-1)	ответы на зачете вопросы 1-64
			Умеет	Устный опрос. (УО-1) Выполнение индивидуального задания РПЗ №1-3. (ПР-12)	
			Владеет	Защита расчетно-проектировочных заданий № 1-3. (ПР-12)	
		ПК-8	Знает	Устный опрос. (УО-1) Экспресс-опрос. (УО-1)	ответы на зачете вопросы 1-64
			Умеет	Устный опрос. (УО-1) Выполнение индивидуального задания РПЗ №1-3. (ПР-12)	
			Владеет	Защита расчетно-проектировочных заданий № 1-3. (ПР-12)	
		ПК-22	Знает	Устный опрос. (УО-1) Экспресс-опрос. (УО-1)	ответы на зачете вопросы 1-64
			Умеет	Устный опрос. (УО-1) Выполнение индивидуального задания РПЗ №1-3. (ПР-12)	
			Владеет	Защита расчетно-проектировочных заданий № 1-3. (ПР-12)	
4	Раздел VI. Теория механизмов и машин	ОПК-1	Знает	Экспресс-опросы. (УО-1)	Вопросы 65-76
			Умеет	Решение типовых задач. (ПР-11) Экспресс-контрольные. (ПР-2)	
			Владеет	Решение типовых задач. (ПР-11) Экспресс-контрольные. (ПР-2)	

		ПК-6	Знает	Экспресс-опросы. (УО-1)	Вопросы 65-76		
			Умеет	Решение типовых задач. (ПР-11) Экспресс-контрольные. (ПР-2)			
			Владеет	Решение типовых задач. (ПР-11) Экспресс-контрольные. (ПР-2)			
		ПК-7	Знает	Умеет	Владеет	Экспресс-опросы. (УО-1)	Вопросы 65-76
						Решение типовых задач. (ПР-11) Экспресс-контрольные. (ПР-2)	
						Решение типовых задач. (ПР-11) Экспресс-контрольные. (ПР-2)	
		ПК-8	Знает	Умеет	Владеет	Экспресс-опросы. (УО-1)	Вопросы 65-76
						Решение типовых задач. (ПР-11) Экспресс-контрольные. (ПР-2)	
						Решение типовых задач. (ПР-11) Экспресс-контрольные. (ПР-2)	
		ПК-22	Знает	Умеет	Владеет	Экспресс-опросы. (УО-1)	Вопросы 65-76
						Решение типовых задач. (ПР-11) Экспресс-контрольные. (ПР-2)	
						Решение типовых задач. (ПР-11) Экспресс-контрольные. (ПР-2)	

Контрольные и методические материалы, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы представлены в Приложении 2.

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

### Основная литература

*(электронные и печатные издания)*

1. Яблонский, А. А. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике. / А. А. Яблонский. - М: Кнорус, 2010, 2011. - 386 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:661982&theme=FEFU>
2. Бертяев, В. Д. Краткий курс Теоретической механики. Учебник для вузов. / В. Д. Бертяев. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2011. - 197 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:419115&theme=FEFU>
3. Михайлов, А.М. Сопротивление материалов учебник / А. М. Михайлов – М. : Академия, 2009. – 448 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:290856&theme=FEFU>
4. Уложенко А.Г. Сопротивление материалов. Сборник заданий для курсовых работ. –Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2005.- 87с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:395320&theme=FEFU>
5. Бегун П.И. Прикладная механика [Электронный ресурс]: учебник/ Бегун П.И., Кормилицын О.П.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Поли-техника, 2012.— 463 с.  
<http://www.iprbookshop.ru/15907>
6. Богомаз, И. В. Механика [Электронный ресурс] : учеб. пособие / И. В. Богомаз. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. - 346 с.  
<http://znanium.com/go.php?id=442969>
7. Щербакова Ю.В. Механика [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Щербакова Ю.В.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Научная книга, 2012.— 191 с.  
<http://www.iprbookshop.ru/6304>
8. Бутенин, Н.В. Курс теоретической механики [Электронный ресурс]: Учебное пособие для студентов вузов : В 2-х т. / Н.В. Бутенин, Я.Л. Лунц, Д.Р. Меркин. - СПб.: Лань, 2009. - 736 с.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?p11\\_id=29](http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=29)
9. Бать, М. И. Теоретическая механика в примерах и задачах [Электронный ресурс]: Учебное пособие для вузов. Том 2: Динамика». / М. И. Бать, Г. Ю. Джанелидзе, А. С. Кельзон.- М.: Лань, 2013. - 672 с.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?p11\\_cid=25&p11\\_id=4552](http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_cid=25&p11_id=4552)

10. Миролюбов, И.Н., Ф.З.Алмаметов и др. Сопротивление материалов. Пособие по решению задач. / И.Н. Миролюбов, Ф.З. Алмаметов и др. – С-Пб., М., Краснодар: Изд-во «Лань», 2014. - 512 с.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=668](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=668)

11. Молотников, В. Я. Механика конструкций. Теоретическая механика. Сопротивление материалов. / В. Я. Молотников. – М. : Лань, 2012. - 608 с.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=4546](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=4546)

12. Сборник задач по сопротивлению материалов. / Н. М. Беляев., Л. К. Паршин, Б. Е. Мельников, В. А. Шерстнев – М. : Лань, 2011. - 432 с.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=2022](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2022)

13. Воронов, С.А. Расчет на прочность и жесткость термических систем при изгибе с использованием Mathcad: метод. указания к выполнению домашних заданий по курсам «Сопротивление материалов» и Прикладная механика»: 2 ч.– Ч. 11 / С.А. Воронов, А.А. Ширшов, С.В. Ярьско. — М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011.— 40 с.

<https://e.lanbook.com/book/58503#authors>

### **Дополнительная литература** (электронные и печатные издания)

1. Тарг, С. М. Краткий курс теоретической механики: Учеб. для втузов / С. М. Тарг. - М. : Высшая школа, 2007. - 416 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:270648&theme=FEFU>

2. Михайлов, А.М. Сопротивление материалов учебник / А. М. Михайлов – М. : Академия, 2009. – 448 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:290856&theme=FEFU>

3. Павлов, В. Е. Теоретическая механика. Учебное пособие. / В. Е. Павлов. – М. : Академия, 2009. - 313 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:290943&theme=FEFU>

4. Лукьянов, И. С. Прикладная механика материалов учебное пособие / И. С. Лукьянов. - Владивосток : Дальнаука, 2006. - 380 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:252820&theme=FEFU>

5. Цивильский, В. Л. Теоретическая механика: Учебник для втузов. / В. Л. Цивильский. -М. : Высшая школа, 2008. - 368 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:351153&theme=FEFU>

7. Митюшов Е. А. Теоретическая механика. Статика. Кинематика. Динамика. / Е. А. Митюшов, С. А. Берестова. М. : Регулярная и хаотическая динамика, 2006. - 176 с.

ЭБС «IPRbooks»:

<http://www.iprbookshop.ru/16632>

8. Александров, А. В. Сопротивление материалов: учебник для вузов / А.В. Александров, В.Д. Потапов, Б.П. Державин. – М.: Высшая школа, 2004. - 560 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:392506&theme=FEFU>

9. Артоболевский, И.И. Теория механизмов и машин: Учеб. для втузов.-4-е изд., перераб. и доп. / И.И. Артоболевский. – М. : Наука. Гл. ред. Физ.-мат. Лит., 1988. - 640 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:380619&theme=FEFU>

10. Беляев, Н.М. Сопротивление материалов: учебное пособие для самообразования / Н.М. Беляев. - М. : Наука, 1976. – 607 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:381846&theme=FEFU>

11. Феодосьев, В.И. Сопротивление материалов. / В.И. Феодосьев. - М. : Изд-во МГТУ, 1999. – 589 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:411088&theme=FEFU>

12. Ицкович, Г.М. Руководство к решению задач по сопротивлению материалов. / Г.М. Ицкович, Л.С. Минин, А.И. Винокуров - М. : Высшая школа, 2001. – 592 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:17584&theme=FEFU>

13. Сборник задач по сопротивлению материалов: учебное пособие для втузов/ Н. М. Беляев, Л. А. Белявский, Я. И. Кипнис и др.; Под ред. В. К. Качурина. – М. : Наука, 1972. – 432 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:382679&theme=FEFU>

14. Тимошенко, С. П. Механика материалов: Учебник для вузов. / С. П. Тимошенко, Дж. М. Гере. – СПб.: Издательство «Лань», 2002. – 669 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:1339&theme=FEFU>

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

1. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань»»: Сайт ЭБС: <http://e.lanbook.com/>
2. Консультант студента. Электронная библиотека технического вуза. Сайт ЭБС: <http://www.studentlibrary.ru/>
3. Электронно-библиотечная система Znanium.com. Сайт ЭБС «Znanium.com»: <http://znanium.com/>
4. сайт «Мой сопромат» <http://www.mysopromat.ru/cgi-bin/index.cgi>  
на сайте размещены учебные курсы, статьи, полнотекстовые версии книг по механике, научные статьи.

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

<http://www.help.abiturcenter.ru/since/dis/sopromat/index.php>: Программа для построения эпюр, Программа для расчёта однопролётных статически определимых балок, построения эпюр Q и M, производится подбор сечения стальных балок, Программа для статического расчета плоских стержневых конструкций (рам, ферм и т.п.)

<http://www.help.abiturcenter.ru/since/dis/sopromat/index.php>: Программа для построения эпюр, Программа для расчёта однопролётных статически определимых балок, построения эпюр Q и M, производится подбор сечения стальных балок, Программа для статического расчета плоских стержневых конструкций (рам, ферм и т.п.)

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

При изучении дисциплины необходимо:

1. Ознакомиться с программой курса.
2. Обеспечить себя учебной литературой теоретического и практического назначения, вспомогательным материалом по мере изучения тем.
3. Предусмотреть обязательное общение с преподавателем через лекции, практические занятия и индивидуальные консультации.
4. Рекомендуется следующая последовательность изучения дисциплины
  - а) посещение лекций с обязательным конспектированием и последующим заучиванием понятий и определений механики и установлением взаимосвязей между ними,
  - б) изучение методик и приемов решения стандартных задач механики на практических занятиях,

в) самостоятельное решение задач из предлагаемых сборников задач и выполнение расчетно-графических заданий по основным темам дисциплины,

В качестве основной используется традиционная технология изучения материала, предполагающая живое общение преподавателя и студента.

Существенным дополнением служат иллюстративные видеоматериалы. Отдельные вопросы программы могут быть проиллюстрированы при помощи демонстрационных приборов.

Все виды деятельности студента должны быть обеспечены доступом к учебно-методическим материалам (учебникам, учебным пособиям, методическим указаниям к решению задач, методическими указаниями к выполнению расчетно-графических работ). Учебные материалы должны быть доступны в печатном виде, а кроме этого могут быть представлены в электронном варианте (электронный учебник, обучающая программа и т.д.) и предоставляться на CD и/или размещаться на сайте учебного заведения.

Курс разделен на три традиционных раздела – статика, кинематика и динамика, каждый из которых, в свою очередь, разделяется на четыре модуля, соответствующих основным разделам дисциплины. Изучение статики, кинематики и динамики заканчивается выполнением соответствующей расчетно-графической работы. Выполненная расчетно-графическая работа в указанные сроки передается преподавателю для проверки. Сданная работа проверяется, рецензируется и возвращается студенту. Возвращенная и, при необходимости, исправленная работа подлежит защите преподавателю.

При защите работы студент должен продемонстрировать знание теоретических вопросов данного блока и навыки решения соответствующих задач.

В процессе самостоятельной работы студент, выполняя индивидуальные домашние задачи по каждому модулю, закрепляет полученные на практических занятиях знания и навыки; может использовать обучающие программы.

При промежуточном контроле усвоения материала модуля может использоваться компьютерное тестирование. Выполнение заданий для самостоятельной работы и защита расчетно-графической работы являются формой промежуточного контроля знаний по данному разделу.

При успешном прохождении промежуточного контроля по каждому разделу, студент получает зачет или допуск к экзамену.

Для более эффективного усвоения курса рекомендуется использовать на лекциях и практических занятиях видеоматериалы, макеты и наглядные пособия.

Для повышения интереса к дисциплине и развития технической культуры целесообразно сообщать на лекциях сведения из истории становления ме-

ханики и информацию о вкладе российских ученых в науку о прочности и проектировании конструкций и машин.

Важнейшим условием успешного усвоения дисциплины является самостоятельная работа студентов. Для осуществления индивидуального подхода к студентам и создания условий ритмичности учебного процесса рекомендуются индивидуальные расчетно-проектировочные задания (РПЗ) в группах и экспресс-контрольные работы (ЭКР). Контрольная работа является не только формой промежуточного контроля, но и формой обучения, так как позволяет своевременно определить уровень усвоения студентами разделов программы и вовремя принять меры по устранению отставания в освоении программы курса.

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

Для проведения лекционного курса необходима аудитория, оснащенная медиа-оборудованием.

Для успешного освоения дисциплины предлагается

1. Раздаточный материал в виде экспресс - задач по темам.
2. Справочно-информационный материал по расчетно-графическим заданиям.
3. Модели и приборы для демонстрации механических явлений.
4. Вычислительные центры кафедры М и ММ инженерной школы.
5. Лабораторно-испытательный стенд СМ-1.
6. Универсальная испытательная машина 5-тонная Р-5.
7. Универсальная испытательная машина 30-тонная SCHOPPER.
8. Разрывная испытательная машина 100-тонная AMSLER.
9. Испытательная машина на кручение КМ50-1.
10. Учебные лабораторные стенды:
  - консольный брус;
  - однопролетная шарнирно опертая балка;
  - плоская рама;
  - пространственно изогнутый брус.





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

---

---

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**по дисциплине «Инженерная механика»**

**Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология**

**профиль «Технологии нефтеперерабатывающих и химических производств»**

**Форма подготовки очная**

**Владивосток**

**2017**

## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения, неделя	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение, час
1	2	Консультация, Защита РГЗ	8
2	3	Консультация, Защита РГЗ	8
3	4	Экспресс -контроль	10
4	5	Консультация, Защита РГЗ	8
5	6	Экспресс – контроль, Защита РГЗ	10
6	7	Консультация, Защита РГЗ	8
7	8	Консультация, Защита РГЗ	8
8	9	Консультация, Защита РГЗ	8
9	12	РПЗ-1 «Геометрические характеристики плоских сечений»	12
10	14	РПЗ-2 «Осевое растяжение и сжатие. Статически определимая и неопределимая задачи»	12
11	16	РПЗ-3 «Расчет прочности бруса при поперечном изгибе»	12
12	15-18	Подготовка к зачету	40

Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы; критерии оценки выполнения самостоятельной работы находятся в соответствии с Приказом № 12-13-850 от 12.05.2016 г. Об утверждении Положения о фондах оценочных средств образовательных программ высшего образования – программ бакалавриата, специалитета, магистратуры ДВФУ.

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

#### Модуль 1. Теоретическая механика

При изучении модуля «Теоретическая механика» данной РПУД главной составляющей СРС является выполнение расчетно-графических (курсовых работ), которые выбираются из пособия 5.1.6 (см. список основной учебной литературы).

Рекомендуется следующий состав РГЗ:

РГЗ 1:

К1 - определение скорости и ускорения точки по заданным уравнениям ее движения

К2 - определение скоростей и ускорений точек твердого тела при поступательном и вращательном движениях

К3 - кинематический анализ плоского механизма (часть 1)

РГЗ 2:

С1, С7 - определение реакций опор твердого тела

РГЗ 3:

Д1 - интегрирование дифференциальных уравнений движения точки, находящейся под действием постоянных сил

Д10 - применение теоремы об изменении кинетической энергии к изучению движения механической системы

*Примечание:* состав и содержание работ могут меняться при изменении рабочей программы или по решению кафедры.

Примеры выполнения и оформления приведены 5.1.6.

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

#### **Требования к оформлению пояснительной записки РГЗ**

1. Данные для выполнения задания следует выбирать из соответствующей таблицы согласно своему номеру (варианту) в групповом журнале.

2. Задания оформляются на стандартных листах писчей бумаги формата А-4 (297×210 мм). Примечание: допускается применение бумаги в клетку близкого к стандарту размера.

3. Все расчеты и пояснения к ним выполняются чернилами (пастой), записи ведутся только на одной стороне листа.

4. Графическая часть задания выполняется в виде эскизов на чертежной или миллиметровой бумаге (допускается применение бумаги в клетку).

5. При оформлении работы необходимо:

- написать полное (краткое) условие задачи, изобразить схему своего варианта;
- изобразить расчетную схему (несколько расчетных схем, если это требуется по ходу решения задачи);
- изложить решение задачи в общем виде, подставив численные значения в конечные буквенные выражения найденных неизвестных, соблюдая единицы измерения величин.

## **Критерии оценки выполнения самостоятельной работы**

Самостоятельная работа студентов считается выполненной в полном объеме и с удовлетворительным качеством при условии, что:

1. При опросе проявлены знания и умения, соответствующие требованиям компетенций и содержанию РУПД.
2. РГЗ прошло защиту и сдано преподавателю.
3. Реферат принят руководителем (презентация по усмотрению студента и руководителя).

### **Модуль 2. Прикладная механика**

Темы расчетно-проектировочных заданий

1. РПЗ-1 «Геометрические характеристики плоских сечений»
2. РПЗ-2 «Осевое растяжение и сжатие. Статически определимая и неопределимая задачи»
3. РПЗ-3 «Расчет прочности бруса при поперечном изгибе»

Методические рекомендации по выполнению и контрольные вопросы представлены в приложении 3.

### **Критерии оценки выполнения самостоятельной работы (РПЗ)**

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

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

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

Оценка «Удовлетворительно» выставляется если количество правильных ответов превышает 55 процентов вопросов, оценка «Хорошо» – пра-

правильных ответов более 75 процентов и оценка «Отлично», если количество правильных ответов составляет не менее 85 процентов от количества заданных вопросов.

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



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

---

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
по дисциплине «Инженерная механика»  
Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология  
профиль «Технологии нефтеперерабатывающих и химических производств»  
Форма подготовки очная

Владивосток  
2017

## Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-1 Способностью и готовностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	Знает	Основные понятия и методы расчетов на прочность, жесткость, устойчивость и надежность деталей технологического оборудования
	Умеет	Выполнять расчеты на прочность, жесткость и долговечность узлов и деталей химического оборудования при простых видах нагружения, а также выполнять простейшие кинематические расчеты движущихся элементов этого оборудования
	Владеет	Методами механики применительно к расчетам процессов химической технологии
ПК-6 Способностью налаживать, настраивать и осуществлять проверку оборудования и программных средств	Знает	Методы налаживать, настраивать и осуществлять проверку оборудования и программных средств
	Умеет	налаживать, настраивать и осуществлять проверку оборудования и программных средств
	Владеет	Навыками наладки, настройки и проверки оборудования и программирования
ПК-7 Способностью проверять техническое состояние, организовывать профилактические осмотры и текущий ремонт оборудования, готовить оборудование к ремонту и принимать оборудование из ремонта	Знает	Способы проверять техническое состояние оборудования
	Умеет	Производить профилактические осмотры и текущий ремонт оборудования, готовить оборудование к ремонту
	Владеет	Способностью готовить оборудование к ремонту и принимать оборудование из ремонта
ПК-8 Готовностью к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования	Знает	Способы эксплуатации вновь вводимого оборудования
	Умеет	Готовить оборудование к эксплуатации
	Владеет	Навыками владения и освоения нового оборудования
ПК-22 Использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентно-	Знает	Приемы создания расчетных схем профессиональных задач, методики решения этих задач (кинематика, статика, динамика)
	Умеет	Математические формулы для расчетов на прочность, жесткость, устойчивость и надежность деталей технологического оборудования
	Владеет	Применять знания по теоретические механики (кинематика, статика, динамика) в профессиональной деятельности, видеть инженерную проблему в области профессиональной деятельности, связанную с механическими явлениями, анализировать ее и выбирать стратегию решения проблемы (кинематика, статика, динамика).

сти конкретного на- правления		
----------------------------------	--	--

№ п/ п	Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел I. Ки- нематика.	ОПК-1	Знает	Посещение лекционных за- нятий. Экспресс-контрольная (ПР-2)	Защита К1 Защита К2,3
			Умеет	Вопросы по теме 1. (УО-1)	
			Владеет	Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 2 (УО-1)	
		ПК-6	Знает	Посещение лекционных за- нятий. Экспресс-контрольная (ПР-2)	Защита К1 Защита К2,3
			Умеет	Экспресс-контрольная (ПР-2)	
			Владеет	Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 2,3 (УО-1)	
		ПК-7	Знает	Посещение лекционных за- нятий. Экспресс-контрольная (ПР-2)	Защита К1 Защита К2,3
			Умеет	Экспресс-контрольная (ПР-2)	
			Владеет	Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 2,3 (УО-1)	
		ПК-8	Знает	Посещение лекционных за- нятий. Экспресс-контрольная (ПР-2)	Защита К1 Защита К2,3
			Умеет	Экспресс-контрольная (ПР-2)	
			Владеет	Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 2,3 (УО-1)	
		ПК-22	Знает	Посещение лекционных за- нятий. Экспресс-контрольная (ПР-2)	Защита К1 Защита К2,3
			Умеет	Экспресс-контрольная (ПР-2)	
			Владеет	Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 2,3 (УО-1)	
2	Раздел II. Статика	ОПК-1	Знает:	Посещение лекционных за- нятий. Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 3. (УО-1)	Защита С1,7
			Умеет	Устный опрос. (УО-1) Экс- пресс-опрос. (УО-1)	
			Владеет	Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 3 (УО-1)	



		ПК-6	Знает:	Посещение лекционных занятий. Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 3. (УО-1)	Защита С1,7
			Умеет	Устный опрос. (УО-1) Экспресс-опрос. (УО-1)	
			Владеет	Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 3 (УО-1)	
		ПК-7	Знает:	Посещение лекционных занятий. Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 3. (УО-1)	Защита С1,7
			Умеет	Устный опрос. (УО-1) Экспресс-опрос. (УО-1)	
			Владеет	Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 3 (УО-1)	
		ПК-8	Знает:	Посещение лекционных занятий. Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 3. (УО-1)	Защита С1,7
			Умеет	Устный опрос. (УО-1) Экспресс-опрос. (УО-1)	
			Владеет	Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 3 (УО-1)	
		ПК-22	Знает:	Посещение лекционных занятий. Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 3. (УО-1)	Защита С1,7
			Умеет	Устный опрос. (УО-1) Экспресс-опрос. (УО-1)	
			Владеет	Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 3 (УО-1)	
3	Раздел III, IV. Динамика точки, механической системы и тела. Элементы аналитической механики.	ОПК-1	Знает	Посещение лекционных занятий. Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 3, 4 (УО-1)	Защита Д1 Защита Д10
			Умеет	Устный опрос. (УО-1) Экспресс-опрос. (УО-1)	
			Владеет	Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 4 (УО-1)	
		ПК-6	Знает	Посещение лекционных занятий. Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 3, 4 (УО-1)	Защита Д1 Защита Д10
			Умеет	Устный опрос. (УО-1) Экспресс-опрос. (УО-1)	
			Владеет	Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 4 (УО-1)	

		ПК-7	Знает	Посещение лекционных занятий. Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 3, 4 (УО-1)	Защита Д1 Защита Д10	
			Умеет	Устный опрос. (УО-1) Экспресс-опрос. (УО-1)		
			Владеет	Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 4 (УО-1)		
		ПК-8	Знает	Посещение лекционных занятий. Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 3, 4 (УО-1)	Защита Д1 Защита Д10	
				Умеет		Устный опрос. (УО-1) Экспресс-опрос. (УО-1)
				Владеет		Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 4 (УО-1)
		ПК-22	Знает	Посещение лекционных занятий. Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 3, 4 (УО-1)	Защита Д1 Защита Д10	
				Умеет		Устный опрос. (УО-1) Экспресс-опрос. (УО-1)
				Владеет		Индивидуальный опрос. Вопросы по теме 4 (УО-1)
1	Раздел V. Сопротивление материалов	ОПК-1	Знает	Устный опрос. (УО-1) Экспресс-опрос. (УО-1)	ответы на зачете вопросы 1-64	
			Умеет	Устный опрос. (УО-1) Выполнение индивидуального задания РПЗ №1-3. (ПР-12)		
			Владеет	Защита расчетно-проектировочных заданий № 1-3. (ПР-12)		
		ПК-6	Знает	Устный опрос. (УО-1) Экспресс-опрос. (УО-1)	ответы на зачете вопросы 1-64	
				Умеет		Устный опрос. (УО-1) Выполнение индивидуального задания РПЗ №1-3. (ПР-12)
				Владеет		Защита расчетно-проектировочных заданий № 1-3. (ПР-12)
		ПК-7	Знает	Устный опрос. (УО-1) Экспресс-опрос. (УО-1)	ответы на зачете вопросы 1-64	
				Умеет		Устный опрос. (УО-1) Выполнение индивидуального задания РПЗ №1-3. (ПР-12)
				Владеет		Защита расчетно-проектировочных заданий № 1-3. (ПР-12)

		ПК-8	Знает	Устный опрос. (УО-1) Экспресс-опрос. (УО-1)	ответы на зачете вопросы 1-64
			Умеет	Устный опрос. (УО-1) Выполнение индивидуального задания РПЗ №1-3. (ПР-12)	
			Владеет	Защита расчетно-проектировочных заданий № 1-3. (ПР-12)	
		ПК-22	Знает	Устный опрос. (УО-1) Экспресс-опрос. (УО-1)	ответы на зачете вопросы 1-64
			Умеет	Устный опрос. (УО-1) Выполнение индивидуального задания РПЗ №1-3. (ПР-12)	
			Владеет	Защита расчетно-проектировочных заданий № 1-3. (ПР-12)	
4	Раздел VI. Теория механизмов и машин	ОПК-1	Знает	Экспресс-опросы. (УО-1)	Вопросы 65-76
			Умеет	Решение типовых задач. (ПР-11) Экспресс-контрольные. (ПР-2)	
			Владеет	Решение типовых задач. (ПР-11) Экспресс-контрольные. (ПР-2)	
		ПК-6	Знает	Экспресс-опросы. (УО-1)	Вопросы 65-76
			Умеет	Решение типовых задач. (ПР-11) Экспресс-контрольные. (ПР-2)	
			Владеет	Решение типовых задач. (ПР-11) Экспресс-контрольные. (ПР-2)	
		ПК-7	Знает	Экспресс-опросы. (УО-1)	Вопросы 65-76
			Умеет	Решение типовых задач. (ПР-11) Экспресс-контрольные. (ПР-2)	
			Владеет	Решение типовых задач. (ПР-11) Экспресс-контрольные. (ПР-2)	
		ПК-8	Знает	Экспресс-опросы. (УО-1)	Вопросы 65-76
			Умеет	Решение типовых задач. (ПР-11) Экспресс-контрольные. (ПР-2)	
			Владеет	Решение типовых задач.	

			(ПР-11) Экспресс-контрольные. (ПР-2)	
	ПК-22	Знает	Экспресс-опросы. (УО-1)	Вопросы 65-76
		Умеет	Решение типовых задач. (ПР-11) Экспресс-контрольные. (ПР-2)	
		Владеет	Решение типовых задач. (ПР-11) Экспресс-контрольные. (ПР-2)	

### Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
ОПК-1 Способностью и готовностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	Знает	Основные законы естественнонаучных дисциплин	Знание основных законов естественнонаучных дисциплин	способность дать определения основных законов естественнонаучных дисциплин
	Умеет	использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	Умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности
	Владеет	способностью и готовностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин	Владеет способностью и готовностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин	способность и готовностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин
ПК-6 Способностью налаживать, настраивать и осуществлять проверку оборудования и программных средств	Знает	Методы налаживать, настраивать и осуществлять проверку оборудования и программных средств	Методы налаживания оборудования	Способность озвучить и дать определения методам наладки оборудования
	Умеет	налаживать, настраивать и осуще-	Умеет налаживать оборудо-	Способность применять знания

		ствлять проверку оборудования и программных средств	вание и осуществлять проверку	по наладке и проверки оборудования
	Владеет	Навыками наладки, настройки и проверки оборудования и программирования	Навыками наладки и настройки, проверки оборудования	Способность объяснить и научить другого методам наладки, настройки и проверки оборудования
ПК-7 Способностью проверять техническое состояние, организовывать профилактические осмотры и текущий ремонт оборудования, готовить оборудование к ремонту и принимать оборудование из ремонта	Знает	Способы проверять техническое состояние оборудования	Знает основные механизмы и алгоритмы работы оборудования	Способность объяснить основные механизмы и алгоритмы работы оборудования
	Умеет	Производить профилактические осмотры и текущий ремонт оборудования, готовить оборудование к ремонту	Знает методы ремонта оборудования	Способность дать определение методам ремонта оборудования
	Владеет	Способностью готовить оборудование к ремонту и принимать оборудование из ремонта	Владеет техникой ремонта и эксплуатации оборудования после ремонта	Способность провести ремонт оборудования
ПК-8 готовностью к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования	Знает	Способы эксплуатации вновь вводимого оборудования	Знает принцип работы и классификацию технологического оборудования; методы контроля проверки технического состояния оборудования	Способность объяснить принцип работы и классификацию технологического оборудования
	Умеет	Готовить оборудование к эксплуатации	Умеет осуществлять контроль при эксплуатации вновь вводимого оборудования	Способность осуществлять контроль при эксплуатации вновь вводимого оборудования
	Владеет	Навыками владения и освоения нового оборудования	Владеет навыками контроля и регулирования основных технологиче-	Способность контролировать и регулировать основные технологические пара-

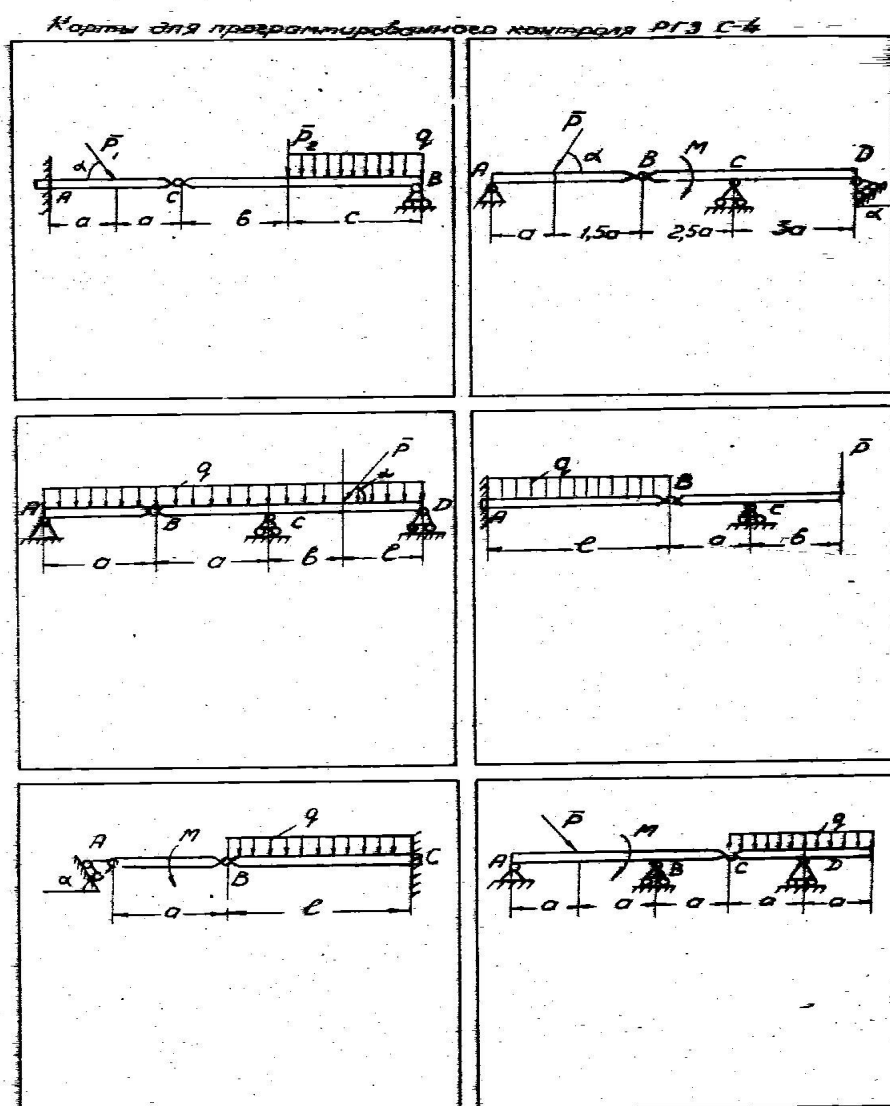
			ских параметров работы технологического оборудования	метры
ПК-22 Готовностью использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности конкретного направления	Знает	Приемы создания расчетных схем профессиональных задач, методики решения этих задач (кинематика, статика, динамика)	Знает основные приемы создания схем профессиональных задач	Способность создания расчетных схем профессиональных задач, методики решения этих задач (кинематика, статика, динамика)
	Умеет	Математические формулы для расчетов на прочность, жесткость, устойчивость и надежность деталей технологического оборудования	Умеет решать задачи (кинематика, статика, динамика)	Способность выводить формулы для расчетов на прочность, жесткость, устойчивость и надежность деталей технологического оборудования
	Владеет	Применять знания по теоретические механики (кинематика, статика, динамика) в профессиональной деятельности, видеть инженерную проблему в области профессиональной деятельности, связанную с механическими явлениями, анализировать ее и выбирать стратегию решения проблемы (кинематика, статика, динамика).	Владеет навыками анализа инженерную проблему в области профессиональной деятельности, связанную с механическими явлениями, анализировать ее и выбирать стратегию решения проблемы (кинематика, статика, динамика).	Способность Применять знания по теоретические механики (кинематика, статика, динамика) в профессиональной деятельности

## Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины

**Промежуточная аттестация студентов.** Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Инженерная механика» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

### Оценочные средства для промежуточной аттестации Модуль 1. Теоретическая механика

#### Карты контроля остаточных знаний



## Критерии оценки карт контроля остаточных знаний

### *Отметка "Зачтено"*

1. Ответ показывает глубокое и систематическое знание всего материала и структуры конкретного вопроса.
2. Материал понят и изучен.
3. Материал изложен в определенной логической последовательности, литературным языком.
4. Логически корректное и убедительное изложение ответа.

### *Отметка "Не зачтено"*

1. Незнание или непонимание большей, или наиболее существенной части учебного материала.
2. Неумение использовать понятийный аппарат, допущены существенные ошибки, отсутствует логическая связь в ответе.

## Модуль 2. Прикладная механика

### Вопросы к зачету

#### *Сопротивление материалов*

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. Осевое растяжение и сжатие
12. Графики изменения внутренних силовых факторов и деформаций при растяжении (примеры)
13. Деформации при изменении температуры
14. Потенциальная энергия деформации растяжения
15. Статически определимые и неопределимые системы
16. Напряженное состояние при растяжении-сжатии
17. Основные механические характеристики материала
18. Растяжение и сжатие под влиянием собственного веса



19. Расчет проводов и тросов
20. Деформация сдвига
21. Деформация кручения
22. Расчет валов на кручение
23. Разрушение материалов при кручении
24. Кручение бруса с некруглым поперечным сечением
25. Применение пленочной (мембранной) аналогии при исследовании кручения
26. Деформация изгиба
27. Дифференциальные (интегральные) зависимости при изгибе
28. Напряжения в бруске при чистом изгибе
29. Влияние поперечных сил на распределение нормальных напряжений при изгибе
30. Касательные напряжения при поперечном изгибе. Формула журавского
31. Влияние формы сечения на применимость формулы журавского
32. Дифференциальное уравнение упругой линии бруса
33. Интегрирование дифференциального уравнения упругой линии бруса
34. Интегрирование дифференциального уравнения в случае сложных нагрузок
35. Универсальное уравнение упругой линии балки
36. Напряженное состояние в точке
37. Определение напряжений в площадке общего положения
38. Главные оси и главные напряжения
39. Круговая диаграмма напряженного состояния. Круг мора
40. Типы напряженного состояния
41. Деформированное состояние
42. Объемная деформация
43. Потенциальная энергия объемной деформации
44. Теории прочности
45. Сложное сопротивление. Внецентренное растяжение-сжатие
46. Ядро сечения
47. Косой изгиб
48. Изгиб с кручением круглого бруса
49. Винтовые цилиндрические пружины
50. Устойчивость упругих форм равновесия
51. Задача эйлера
52. Зависимость критической силы от условий закрепления стержня

53. Расчет сжатых стоек по коэффициенту снижения допускаемых напряжений. Формула Ясинского
54. Напряжения, возникающие вследствие поступательного движения упругого тела
55. Напряжения, возникающие вследствие вращательного движения упругого тела
56. Напряжения, возникающие в упругом бруске при ударе
57. Повышение предела текучести в результате повторных нагружений
58. Ползучесть и релаксация
59. Усталостная прочность металлов
60. Влияние концентрации напряжений на прочность конструкций
61. Методы электротензоизмерений в исследовании напряженно-деформированного состояния
62. Методы: делительных сеток, зеркально-оптический и муаровых полос в исследовании напряженно-деформированного состояния
63. Метод хрупких тензочувствительных покрытий в исследовании напряженно-деформированного состояния
64. Поляризационно-оптический метод исследования напряжений.
- Теория механизмов и машин*
65. Понятие анализа и синтеза механизмов
66. Кинематические пары и кинематические цепи
67. Структура механизмов
68. Структура плоских механизмов
69. Классификация плоских механизмов
70. Основные понятия кинематического анализа механизмов. Кинематические диаграммы
71. Определение реакций в кинематических парах групп
72. Кинематические параметры точек звеньев механизмов
73. Мгновенный центр ускорений и радиус кривизны траектории
74. Условия статической определимости кинематических цепей
75. Определение реакций в кинематических парах групп
76. Кинетостатический расчет типовых механизмов

### **Критерии оценки вопросов к зачету**

#### *Отметка "зачтено"*

1. Ответ показывает глубокое и систематическое знание всего материала и структуры конкретного вопроса.
2. Материал понят и изучен.
3. Ответ изложен в определенной логической последовательности,

литературным языком.

4. Даны полные и правильные ответы на все задаваемые вопросы.

5. Логически корректное и убедительное изложение ответа.

*Отметка "зачтено"*

1, 2, 3 – аналогично отметке "Отлично".

4. Могут присутствовать незначительные неточности в ответах.

5. Ответ, в целом, логически корректен, но не всегда точен и аргументирован.

*Отметка "зачтено"*

1. Фрагментные и поверхностные знания важнейших разделов программы.

2. Затруднения с терминологией учебной дисциплины, неполное знакомство с рекомендованной литературой.

3. Частичные затруднения с выполнением предоставленных заданий.

*Отметка "не зачтено"*

1. Незнание или непонимание большей, или наиболее существенной части заданий.

2. Неумение использовать понятийный аппарат, допущены существенные ошибки, отсутствует логическая связь в ответе.

### **Оценочные средства для текущей аттестации**

Текущая аттестация студентов по дисциплине «Инженерная механика» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Инженерная механика» проводится в форме контрольных мероприятий по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется преподавателем.

#### **Задания для Экспресс-опроса**

По теме “*Геометрические характеристики плоских сечений*”

1. Что называют поперечным сечением бруса?

2. Что называют центром тяжести сечения?

3. Что называют центральными осями сечения?

4. Что называют главными осями сечения?

5. Что называют Статическим моментом сечения?

6. Собственный момент инерции сечения

7. Центробежный момент инерции сечения

14. Переносный момент инерции сечения

15. Фигура состоит из двух частей. Где находится общий центр тяжести?
16. Формула полярного момента инерции круга
17. Связь осевых моментов инерции с полярным
18. Когда главные оси можно найти без расчетов?
19. Когда центр тяжести фигуры можно найти без расчета?
20. Сколько главных центральных осей в равностороннем треугольнике?

По теме “*Основные понятия*”

1. Изотропность
2. Абсолютная упругость
3. Сила
4. Главный вектор внутренних сил
5. Главный момент внутренних сил
6. Сколько внутренних силовых факторов может одновременно существовать в сечении
7. Напряжение в точке
8. Поверхность Навье
9. Что такое деформация?
10. Абсолютная линейная деформация
11. Размерность относительной линейной деформации
12. Закон Гука
13. Физический смысл модуля Юнга
14. Свойства материала с коэффициентом Пуассона равным 0.5
15. Что показывает эпюра внутренней силы?
16. От чего зависит абсолютное удлинение стержня?
17. Когда напряженное состояние в точке считается известным?
18. Что такое предел пропорциональности?
19. Предел текучести
20. Предел упругости

По теме “*Простейшие деформации*”

1. Закон Гука при осевом растяжении-сжатии
2. Формула деформации при осевом растяжении-сжатии
3. Закон Гука при сдвиге
4. Физический смысл модуля Юнга
5. Абсолютная деформация при осевом растяжении-сжатии
6. Условие прочности при осевом растяжении-сжатии
7. Нормальные напряжения в любой точке сечения при чистом изгибе
8. Условие прочности при чистом изгибе
9. Что называют пределом пропорциональности?

10. Связь между поперечной силой и изгибающим моментом
11. Что такое чистый изгиб?
12. Формула Журавского
13. Что такое осевой момент сопротивления?
14. Какие гипотезы не противоречат друг другу при чистом изгибе?
15. Смысл постоянных интегрирования основного дифференциального уравнения упругой линии бруса
16. Что называют опасным сечением бруса при чистом изгибе?
17. Формула деформации при кручении
18. Условие прочности вала при кручении

### **Критерии оценки экспресс-опроса**

#### *Отметка "Отлично"*

1. Ответ показывает глубокое и систематическое знание всего материала и структуры конкретного вопроса.
2. Материал понят и изучен.
3. Ответ изложен в определенной логической последовательности, литературным языком.
4. Даны полные и правильные ответы на все задаваемые вопросы.
5. Логически корректное и убедительное изложение ответа.

#### *Отметка "Хорошо"*

- 1, 2, 3 – аналогично отметке "Отлично".
4. Могут присутствовать незначительные неточности в ответах.
5. Ответ, в целом, логически корректен, но не всегда точен и аргументирован.

#### *Отметка "Удовлетворительно"*

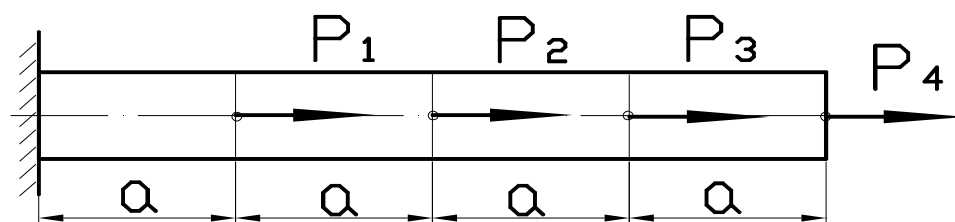
1. Фрагментные и поверхностные знания важнейших разделов программы.
2. Затруднения с терминологией учебной дисциплины, неполное знакомство с рекомендованной литературой.
3. Частичные затруднения с выполнением предоставленных заданий.

#### *Отметка "Неудовлетворительно"*

1. Незнание или непонимание большей, или наиболее существенной части заданий.
2. Неумение использовать понятийный аппарат, допущены существенные ошибки, отсутствует логическая связь в ответе.

### **Задание для экспресс-контрольной работы**

по теме "Осевое растяжение-сжатие"



№ варианта	P1	P2	P3	P4
1	P			-2 P
2		P		-P
3	-P		P	P
4	P	P	-2 P	
5	-P	2 P	P	
6		2 P		- P
7	P	-2 P		P
8			-2 P	P
9	2 P	P	-P	
10		-2 P	- P	2 P

Жесткость стержня  $EF$

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

### Критерии оценки экспресс-контрольных работ

#### *Отметка "Отлично"*

1. Все предоставленные задания выполнены правильно.
2. Ответ сформирован полно, правильно обоснован ход суждения.
3. Материал изложен в определенной логической последовательности, литературным языком.
4. Ответ самостоятельный.

#### *Отметка "Хорошо"*

- 1, 2, 3 – аналогично отметке "Отлично".
4. Допущены 1-2 несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя.

#### *Отметка "Удовлетворительно"*

1. Выполнение только основного материала, но не деталей.

2. Допущены ошибки, неточности в ответах и недостаточно правильные формулировки.

3. Ответы неполные, хотя и соответствуют требуемой глубине, имеются нарушения логической последовательности.

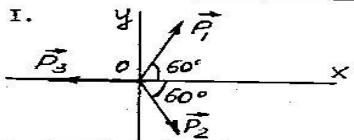
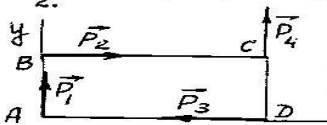
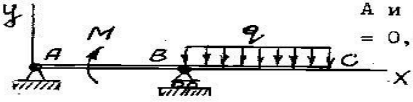
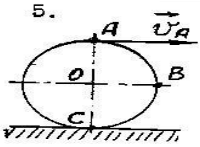
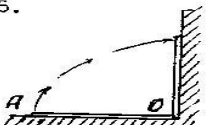
*Отметка "Неудовлетворительно"*

1. Незнание или непонимание наиболее существенной части задания.

2. Не выполнена значительная часть заданий, имеются существенные ошибки.

## Модуль 1. Теоретическая механика

### 1. Карты для программированного контроля РГЗ

Вариант 30.	
<p>1.</p> 	<p>Определить равнодействующую плоской системы сходящихся сил <math>\vec{P}_1</math>, <math>\vec{P}_2</math> и <math>\vec{P}_3</math> (<math>P_1 = P_2 = P_3 = 100</math> н).</p>
<p>2.</p> 	<p>Определить главный момент системы сил <math>\vec{P}_1</math> (<math>P_1 = 20</math> н), <math>\vec{P}_2</math> (<math>P_2 = 40</math> н), <math>\vec{P}_3</math> (<math>60</math> н) и <math>\vec{P}_4</math> (<math>P_4 = 20</math> н) относительно вершины A прямоугольника ABCD, где <math>BC = 2</math> AB.</p>
<p>3.</p> 	<p>Определить реакции неподвижного шарнира A и подвижного шарнира B, если: <math>AB = BC = 0,6</math> м; <math>q = 500</math> нм <math>M = 30</math> нм.</p>
<p>4.</p>	<p>Точка движется прямолинейно по закону <math>S = 0,5 t^2</math> (<math>S</math> - в метрах, <math>t</math> - в секундах). Определить скорость и ускорение точки в момент <math>t = 1</math> сек.</p>
<p>5.</p> 	<p>Колесо радиуса R катится без скольжения равномерно, причем скорость верхнего конца диаметра <math>U_A = 2</math> м/с. Зная положение мгновенного центра скоростей (точка C). Определить направление скорости точки B, а также величину и направление скорости точки O.</p>
<p>6.</p> 	<p>Определить работу, необходимую для того чтобы однородную доску длиной <math>OA = 2</math> м и весом <math>G = 20</math> кг прислонить вертикально к стене, повернув из горизонтального положения вокруг точки O. Принять <math>g = 10</math> м/с<sup>2</sup>.</p>

### Критерии оценки карт для программированного контроля РГЗ

*Отметка "Зачтено"*

1. Ответ показывает глубокое и систематическое знание всего материала и структуры конкретного вопроса.

2. Материал понят и изучен.

3. Материал изложен в определенной логической последовательности,

литературным языком.

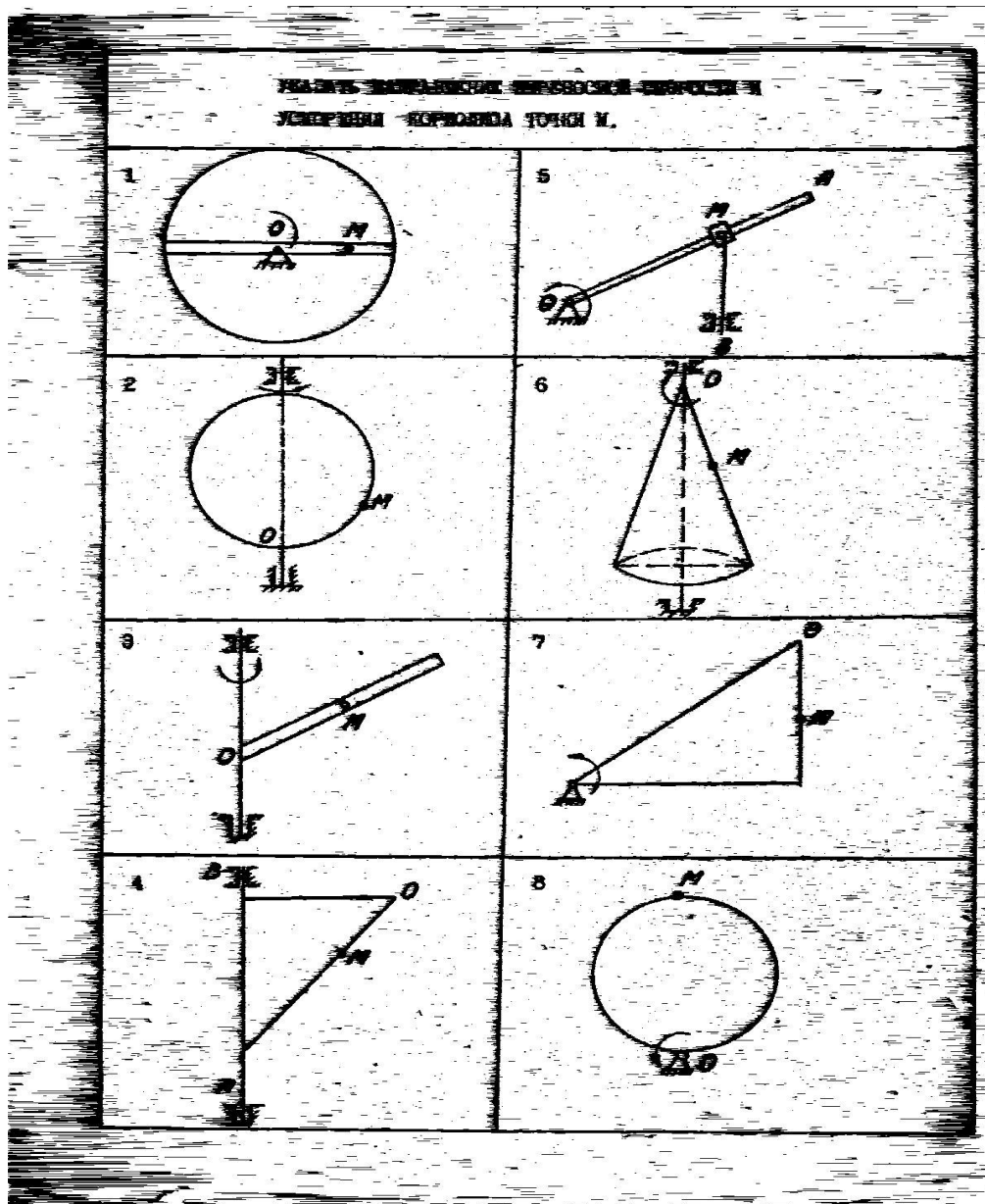
4. Логически корректное и убедительное изложение ответа.

*Отметка "Не зачтено"*

1. Незнание или непонимание большей, или наиболее существенной части учебного материала.

2. Неумение использовать понятийный аппарат, допущены существенные ошибки, отсутствует логическая связь в ответе.

## 2. Задачи для экспресс – контроля



Критерии оценки задач для экспресс – контроля



### Отметка "Зачтено"

1. Ответ показывает глубокое и систематическое знание всего материала и структуры конкретного вопроса.
2. Материал понят и изучен.
3. Материал изложен в определенной логической последовательности, литературным языком.
4. Логически корректное и убедительное изложение ответа.

### Отметка "Незачтено"

1. Незнание или непонимание большей, или наиболее существенной части учебного материала.
2. Неумение использовать понятийный аппарат, допущены существенные ошибки, отсутствует логическая связь в ответе.

## Модуль 2. Прикладная механика

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

Темы расчетно-проектировочных заданий

1. РПЗ-1 «Геометрические характеристики плоских сечений»
2. РПЗ-2 «Осевое растяжение и сжатие. Статически определимая и неопределимая задачи»
3. РПЗ-3 «Расчет прочности бруса при поперечном изгибе»

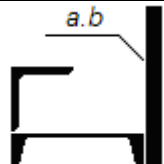
### РПЗ-1 Геометрические характеристики плоских сечений

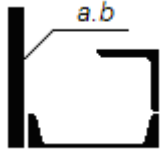
1. Найти положение главных центральных осей и величину главных центральных моментов инерции.
  2. Начертить в масштабе составной профиль, указать на нем все оси и все необходимые для вычислений размеры.
  3. Проверить вычисления построением круга Мора
- Примечание.* Размеры,  $a$  и  $b$  заданы в сантиметрах.

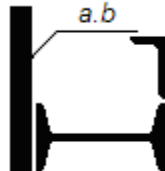
Таблица 1


#### Некоторые 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	

### 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?

### **Критерии оценки РПЗ**

#### *Отметка "Отлично"*

1. Все предоставленные задания выполнены правильно.
2. Ответ сформирован полно, правильно обоснован ход суждения.
3. Материал изложен в определенной логической последовательности, литературным языком.
4. Ответ самостоятельный.

#### *Отметка "Хорошо"*

- 1, 2, 3 – аналогично отметке "Отлично".
4. Допущены 1-2 несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя.

*Отметка "Удовлетворительно"*

1. Выполнение только основного материала, но не деталей.
2. Допущены ошибки, неточности в ответах и недостаточно правильные формулировки.
3. Ответы неполные, хотя и соответствуют требуемой глубине, имеются нарушения логической последовательности.

*Отметка "Неудовлетворительно"*

1. Незнание или непонимание наиболее существенной части задания.
2. Не выполнена значительная часть заданий, имеются существенные ошибки.

### РПЗ-2 Осевое растяжение – сжатие

#### *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.

Варианты задания

Таблица 2.

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

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

Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	L <sub>1</sub> м	Фор- ма 1	Фор- ма 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	⊕	⊢

### ***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.

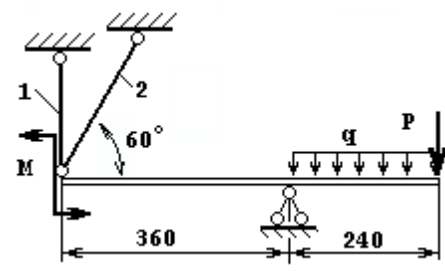
Допускаемые напряжения для материала стержней : на растяжение  $[\sigma]_p = 160$  МПа, и на сжатие  $[\sigma]_c = 80$  МПа.

Линейные размеры на схеме заданы в сантиметрах.

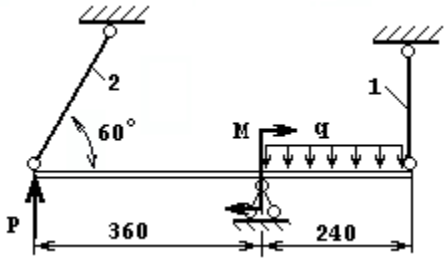
Остальные исходные данные взять из таблицы 3.

Таблица 3.

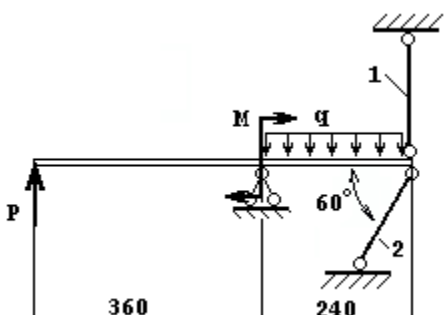
Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>
01	30	71	61	1,3
21	40	95	75	1,9
41	36	85	65	1,7
61	32	63	91	1,5
81	35	91	85	2,2



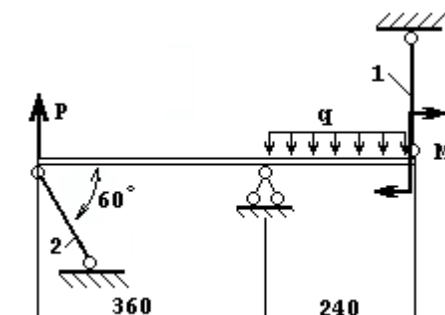
Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>
02	26	45	60	1,4
22	36	80	80	1,6
42	32	60	70	1,8
62	40	72	65	2,0
82	37	84	85	2,2



Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>
03	3,4	9,3	10	1,4
23	4,0	8,9	13	1,6
43	3,6	8,1	9,5	1,8
63	3,2	7,2	7,5	2,0
83	3,4	8,3	8,5	2,2



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



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

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

### 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?

### **Критерии оценки РПЗ**

#### *Отметка "Отлично"*

1. Все предоставленные задания выполнены правильно.
2. Ответ сформирован полно, правильно обоснован ход суждения.
3. Материал изложен в определенной логической последовательности, литературным языком.
4. Ответ самостоятельный.

#### *Отметка "Хорошо"*

- 1, 2, 3 – аналогично отметке "Отлично".
4. Допущены 1-2 несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя.

#### *Отметка "Удовлетворительно"*

1. Выполнение только основного материала, но не деталей.
2. Допущены ошибки, неточности в ответах и недостаточно правильные формулировки.
3. Ответы неполные, хотя и соответствуют требуемой глубине, имеются нарушения логической последовательности.

#### *Отметка "Неудовлетворительно"*

1. Незнание или непонимание наиболее существенной части задания.
2. Не выполнена значительная часть заданий, имеются существенные

### **РПЗ-3 Поперечный изгиб бруса постоянного сечения**

***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  $M(x)$ ;

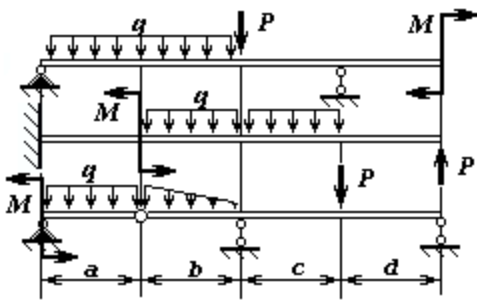


2. Построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов;
3. Подобрать прямоугольное сечение для первой балки из условия прочности по нормальным напряжениям. Принять соотношение сторон сечения  $h : b = 2 : 1$ , при допускаемых напряжениях  $[\sigma] = 10 \text{ МПа}$ ;
4. Подобрать двутавровое сечение для третьей балки, выполненной из стали при допускаемых напряжениях  $[\sigma] = 120 \text{ МПа}$ . Определить наибольшие нормальные и касательные напряжения в сечении, где поперечная сила  $Q(x)$  и изгибающий момент  $M(x)$  имеют наибольшие значения.

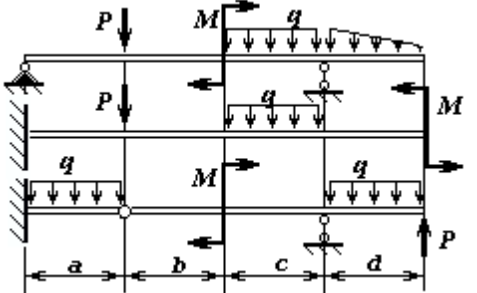
Таблица 4

Варианты задания

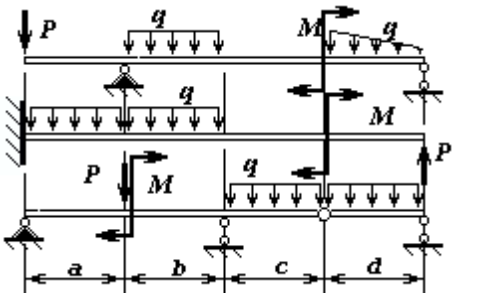
Вариант	$q$ , кН/м	$P$ , кН	$M$ , кН*м	$a$ , м	$b$ , м	$c$ , м	$d$ , м
01	20	40	80	1,5	2,0	2,5	1,8
21	18	65	90	2,0	2,5	1,8	3,0
41	16	50	95	1,8	3,0	2,0	2,5
61	22	55	75	3,0	2,0	2,5	1,8
81	24	60	85	2,4	2,5	3,0	1,5



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



## Контрольные вопросы по теме «Поперечный изгиб»

28. Почему поперечный изгиб не относится к сложному сопротивлению?
29. В чем состоит принцип суперпозиции, и есть ли предел его применимости?
30. Что называется жесткостью при изгибе?
31. Что такое предел текучести материала  $\sigma_m$ ?
32. Что такое поперечная сила?
33. Что такое изгибающий момент?
34. Как определяется величина силы в сечении?
35. Что называется, плечом переноса силы?
36. Как проверить правильность построения эпюры  $M_{изг}$  по эпюре  $Q$ ?
37. Как “угадать” характер эпюры  $M_{изг}$  по эпюре  $Q$ ?
38. Как найти значение изгибающего момента в сечении, если есть в наличии эпюра  $Q$ ?
39. Объяснить на примере интегральную связь между  $Q$  и  $M_{изг}$ .
40. Записать основное дифференциальное уравнение при изгибе бруса.
41. Какие допущения принимаются при получении основного дифференциального уравнения упругой линии бруса?
42. В чем смысл постоянных интегрирования основного дифференциального уравнения?
43. Что называется граничным условием?
44. Чем отличаются граничные условия от начальных условий?
45. Что такое чистый изгиб?
46. Что такое поперечный изгиб?
47. Как определить нормальные напряжения в любой точке сечения при чистом изгибе?
48. Как определяются наибольшие нормальные напряжения при изгибе?
49. Что такое опасное сечение?
50. Что называют осевым моментом сопротивления?
51. Что характеризует осевой момент сопротивления?
52. Как выгоднее установить брус квадратного сечения, испытывающего деформацию изгиба?
53. Что характеризует экономичность бруса, испытывающего деформацию изгиба?
54. Почему изгибающий момент в сечении врезанного в брус шарнира равен нулю?
55. Какие гипотезы принимаются при исследовании деформации чистого изгиба?
56. Какая из принятых гипотез не находит подтверждения при поперечном изгибе?
57. В случае каких внешних нагрузок при поперечном изгибе можно пользоваться формулой для нормальных напряжений при чистом изгибе?

58. Как по эпюре *Мизг* представить вид изогнутой оси бруса?
59. В каком случае при поперечном изгибе учитываются оба напряжения: нормальное и касательное?
60. Какие параметры входят в *формулу Журавского*?
61. Почему в *формуле Журавского* допускается раздвоение в определении статического момента части сечения?

### **Критерии оценки РПЗ**

#### *Отметка "Отлично"*

1. Все предоставленные задания выполнены правильно.
2. Ответ сформирован полно, правильно обоснован ход суждения.
3. Материал изложен в определенной логической последовательности, литературным языком.
4. Ответ самостоятельный.

#### *Отметка "Хорошо"*

- 1, 2, 3 – аналогично отметке "Отлично".
4. Допущены 1-2 несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя.

#### *Отметка "Удовлетворительно"*

1. Выполнение только основного материала, но не деталей.
2. Допущены ошибки, неточности в ответах и недостаточно правильные формулировки.
3. Ответы неполные, хотя и соответствуют требуемой глубине, имеются нарушения логической последовательности.

#### *Отметка "Неудовлетворительно"*

1. Незнание или непонимание наиболее существенной части задания.
2. Не выполнена значительная часть заданий, имеются существенные



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

---

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**по дисциплине «Инженерная механика»**

**Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология**

**профиль «Технологии нефтеперерабатывающих и химических производств»**

**Форма подготовки очная**

**Владивосток  
2017**

На кафедре механики и механического моделирования имеется набор методических рекомендаций в бумажном и электронном виде. Список некоторых приведен ниже.

1. ИССЛЕДОВАНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ. Методические указания к выполнению расчетно-графического задания Д-4 по динамике. Владивосток, ДВФУ, 2016. Авторы Беловицкая Т.Д.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЮ РЕФЕРАТИВНОЙ РАБОТЫ ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ..

Владивосток, ДВФУ, 2016. Автор Пузь П.Н.

3. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА. Методические указания для студентов по подготовке к экзаменам по теоретической механике. Владивосток, ДВФУ, 2016. Автор Пузь П.Н.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ АБСОЛЮТНОЙ СКОРОСТИ И АБСОЛЮТНОГО УСКОРЕНИЯ ТОЧКИ В СЛОЖНОМ ДВИЖЕНИИ. Методические указания по выполнению курсовых и контрольных работ для студентов дневного и заочного обучения. Владивосток, ДВФУ, 2016. Автор Пузь П.Н.

5. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ СИЛ. Методические указания по выполнению расчетно-графического задания составленного на ЭВМ. Владивосток, ДВФУ, 2016. Автор Пузь П.Н.

6. Уложенко А.Г. Соппротивление материалов: сборник заданий для курсового проектирования[Электронный ресурс]/Инженерная школа ДВФУ.- Электрон. дан.- Владивосток: Дальневост. Федерал. ун-т, 2014.[148с.]- 1CD-ROM.

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

Содержание и сроки выполнения мероприятий текущего контроля освоения дисциплины определены в п. 4 настоящей РПУД.

## ТЕМА 1. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛОСКИХ СЕЧЕНИЙ

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

Координаты центра тяжести составного сечения определяются по формулам

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

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

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

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

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

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

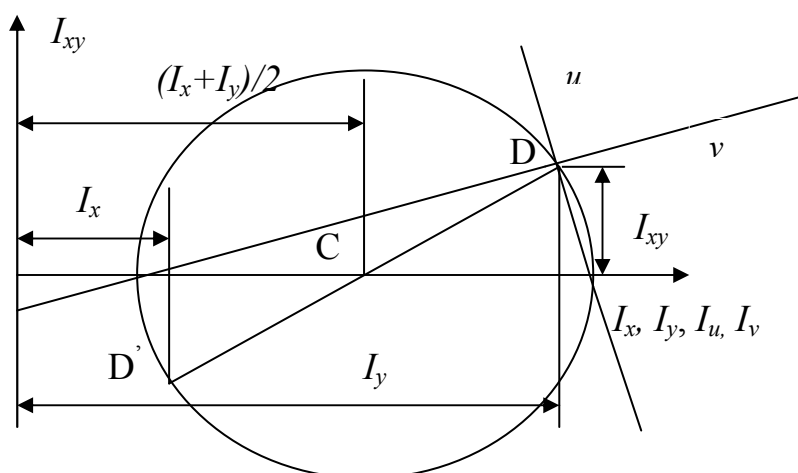


Рис. 1.1. Элементы Круга Мора.

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

Таблица 1.1

Вычисление центральных моментов инерции сечения

Наименование элемента сечения	Площадь сечения, $A_i$ , $\text{см}^2$	Координаты центра тя- жести		Статический момент се- чения		Плечи пе- реноса		Собственные моменты инер- ции			Переносные мо- менты инерции			Центральные мо- менты инерции		
		$Y_{ci}$ , см	$X_{ci}$ , см	$S_{xi} = A_i * Y_{ci}$ (2)*(3)	$S_{yi} = A_i * X_{ci}$ (2)*(4)	$a_i = Y_{ci} - Y_c$	$b_i = X_{ci} - X_c$	$I_x$ , $\text{см}^4$	$I_y$ , $\text{см}^4$	$I_{xy}$ , $\text{см}^4$	$A_i * a_i * a_i$ (2)*(7)*(7)	$A_i * b_i * b_i$ (2)*(8)*(8)	$A_i * a_i * b_i$ (2)*(7)*(8)	$I_{xc}$ (9)+(12)	$I_{yc}$ (10)+(13)	$I_{xyc}$ (11)+(14)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	$\Sigma 1$			$\Sigma 2$	$\Sigma 3$			$\Sigma 4$	$\Sigma 5$	$\Sigma 6$	$\Sigma 7$	$\Sigma 8$	$\Sigma 9$	$\Sigma 10$	$\Sigma 11$	$\Sigma 12$



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

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

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

для равнобокого

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

для неравнобокого

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

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

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

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

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

1. Найти положение главных центральных осей и величину главных центральных моментов инерции.

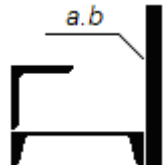
2. Начертить в масштабе составной профиль, указать на нем все оси и все необходимые для вычислений размеры.

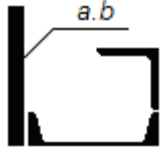
3. Проверить вычисления построением круга Мора

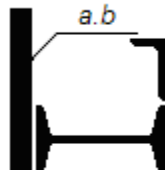
*Примечание.* Размеры  $a$  и  $b$  заданы в сантиметрах.


Таблица 1.2.

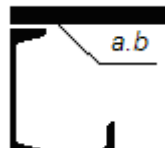
Варианты задания

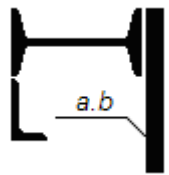
Вариант	Двутавр	Швеллер	Уголок равнобокий	Уголок неравнобокий	a	b	
01		16	70 x 6		1,6	20	
21		18	75 x 7		1,8	18	
41		20	80 x 7		2,0	20	
61		22	90 x 8		2,2	20	
81		24	100 x 8		2,4	22	

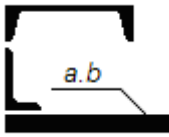
Вариант	Двутавр	Швеллер	Уголок равнобокий	Уголок неравнобокий	a	b	
02		16	70 x 6		1,6	20	
22		18	75 x 7		1,8	18	
42		20	80 x 7		2,0	20	
62		22	90 x 8		2,2	20	
82		24	100 x 8		2,4	22	

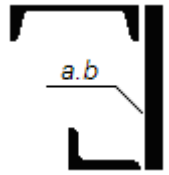
Вариант	Двутавр	Швеллер	Уголок равнобокий	Уголок неравнобокий	a	b	
03	16			63 x 40 x 6	1,6	20	
23	18			70 x 45 x 5	1,8	18	
43	20			75 x 50 x 6	2,0	20	
63	22			80 x 50 x 6	2,2	22	
83	24			90 x 56 x 8	2,4	22	

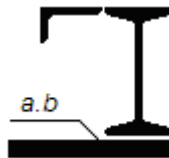
Вариант	Двутавр	Швеллер	Уголок равнобокий	Уголок неравнобокий	a	b	
04		16	70 x 6		1,6	20	
24		18	75 x 7		1,8	18	
44		20	80 x 7		2,0	20	
64		22	90 x 8		2,2	20	
84		24	100 x 8		2,4	22	

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

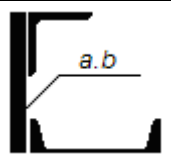
Вариант	Двутавр	Швеллер	Уголок равнобокий	Уголок неравнобокий	a	b	
06	16			63 x 40 x 5	1,6	20	
26	18			70 x 45 x 5	1,8	18	
46	20			75 x 50 x 6	2,0	20	
66	22			80 x 50 x 6	2,2	22	
86	24			90 x 56 x 8	2,4	20	

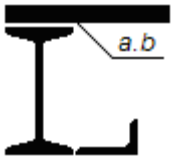
Вариант	Двутавр	Швеллер	Уголок равнобокий	Уголок неравнобокий	a	b	
07		16		63 x 40 x 5	1,6	20	
27		18		70 x 45 x 5	1,8	18	
47		20		75 x 50 x 6	2,0	20	
67		22		80 x 50 x 6	2,2	22	
87		24		90 x 56 x 8	2,4	20	

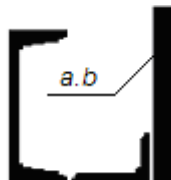
Вариант	Двутавр	Швеллер	Уголок равнобокий	Уголок неравнобокий	a	b	
08		16		63 x 40 x 5	1,6	20	
28		18		70 x 45 x 5	1,8	18	
48		20		75 x 50 x 6	2,0	20	
68		22		80 x 50 x 6	2,2	22	
88		24		90 x 56 x 8	2,4	20	

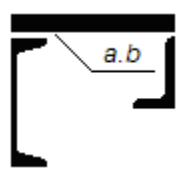
Вариант	Двутавр	Швеллер	Уголок равнобокий	Уголок неравнобокий	a	b	
09	16			63 x 40 x 5	1,6	20	
29	18			70 x 45 x 5	1,8	18	
49	20			75 x 50 x 6	2,0	20	
69	22			80 x 50 x 6	2,2	22	
89	24			90 x 56 x 8	2,4	20	

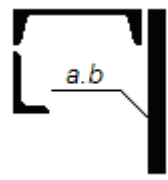
Вариант	Двутавр	Швеллер	Уголок равнобокий	Уголок неравнобокий	a	b	
10		16	70 x 6		1,6	20	
30		18	75 x 7		1,8	18	
50		20	80 x 7		2,0	20	
70		22	90 x 8		2,2	22	

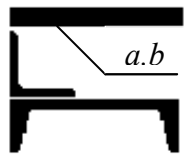
90		24	100 x 8		2,4	20	
----	--	----	---------	--	-----	----	---


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


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


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

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


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


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

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

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

Вариант	Двутавр	Швеллер	Уголок равнобокий	Уголок неравнобокий	a	b	
19		16	70 x 6	90 x 56 x 8			

39		18	75 x 7	80 x 50 x 6			
59		20	80 x 7	75 x 50 x 8			
79		22	90 x 8	70 x 45 x 5			
99		24	100 x 8	63 x 40 x 6			

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

### Контрольные вопросы

по теме «Геометрические характеристики плоских сечений»

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

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

## ТЕМА 2. ОСЕВОЕ РАСТЯЖЕНИЕ – СЖАТИЕ

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

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

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

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

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

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

Во второй задаче рассматривается статически неопределимая система, состоящая из жесткого бруса и упругих элементов в виде стержней. Стержни работают на растяжение-сжатие. Система единожды статически неопределима, и для ее решения требуется составить дополнительно к уравнениям равновесия уравнение перемещений из условия совместности деформаций. Задача студента состоит в том, чтобы представить перемещение конструкции, вызванное деформацией упругих элементов, и "увидеть" совместную деформацию, т.е. связать перемещения определенных узлов жесткого бруса с деформациями стержней.

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

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

Для стержневой конструкции требуется:

5. Определить усилия в стержнях;
6. Из условия прочности определить величину площади сечения;
7. По величине площади сечения подобрать либо подходящий номер профиля по сортаменту, либо характерный размер сечения (диаметр, сторону квадрата). Для трубчатого сечения принять толщину стенки  $t=0,1D$ .
8. 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 кН/м	P кН	M кН*м	L <sub>1</sub> м	Форма 1	Форма 2



01	14	48	55	2,6	●	⊕	
21	16	68	60	2,8	○	┌	
41	18	88	65	2,3	≡	■	
61	20	58	70	2,5	⌋	┌	
81	22	78	75	2,7	⊕	≡	

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

Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	L <sub>1</sub> м	Форм- ма 1	Форм- ма 2	
03	42	110	120	2,0	●	⊕	
23	46	120	130	2,2	○	┌	
43	40	130	140	2,4	≡	■	
63	38	140	150	2,6	⌋	┌	
83	36	160	160	2,8	⊕	≡	

Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	L <sub>1</sub> м	Форм- ма 1	Форм- ма 2

04	28	100	150	2,1	●	+	
24	24	92	140	1,6	○	┌	
44	20	78	130	1,8	┌	■	
64	16	98	120	2,0	└	┌	
84	18	75	110	2,2	+	┌	

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

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

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

07	18	88	120	2,9	●	+
27	16	78	130	3,1	○	┌
47	24	96	140	3,0	≡	■
67	20	120	150	3,2	└	┌
87	22	85	160	3,4	+	≡

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	L <sub>1</sub> м	Форма 1	Форма 2
20	22	98	120	3,4	●	⊕
40	16	84	130	3,6	○	┌
60	24	120	140	3,2	≡	■
80	20	96	150	3,0	└	┌
00	18	75	160	2,8	⊕	≡

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

Для статически неопределимой стержневой системы требуется:

3. Раскрыть статическую неопределимость, считая горизонтальную балку абсолютно жесткой;
4. Подобрать из условия прочности требуемые площади поперечных сечений стержней.

Материал стержней считать одинаковым. Длина первого стержня  $L_1 = 100$  см, а второго -  $L_2 = 200$  см.

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

Линейные размеры на схеме заданы в сантиметрах.

Остальные исходные данные взять из таблицы 2.2

Таблица 2.2

Варианты задания

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

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

Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>	
03	3,4	9,3	10	1,4	
23	4,0	8,9	13	1,6	
43	3,6	8,1	9,5	1,8	
63	3,2	7,2	7,5	2,0	
83	3,4	8,3	8,5	2,2	

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



64	3,2	6,5	8,4	1,9	
84	3,0	5,0	7,2	2,1	

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

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

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

Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>	
08	4,5	5,5	8,8	1,3	

28	4,0	4,5	9,0	1,5
48	3,6	5,0	9,5	1,7
68	3,2	6,5	8,4	1,9
88	3,0	5,0	7,2	2,1

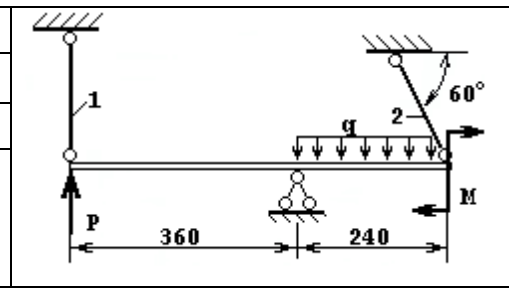
Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>
09	30	71	61	1,3
29	40	95	75	1,9
49	36	85	65	1,7
69	32	63	91	1,5
89	35	91	85	2,2

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

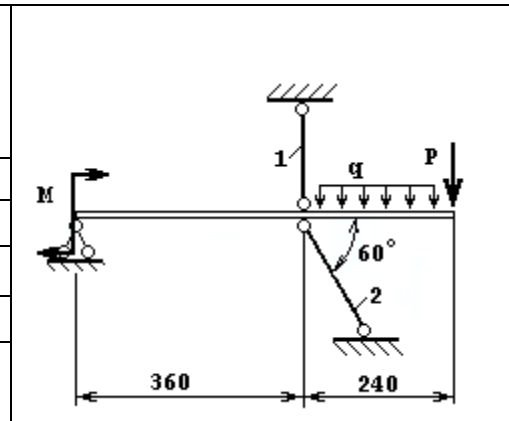
Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>
11	3,4	9,3	10	1,4
31	4,0	8,9	13	1,6
51	3,6	8,1	9,5	1,8
71	3,2	7,2	7,5	2,0
91	3,4	8,3	8,5	2,2

Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>
12	4,5	5,5	8,8	1,3

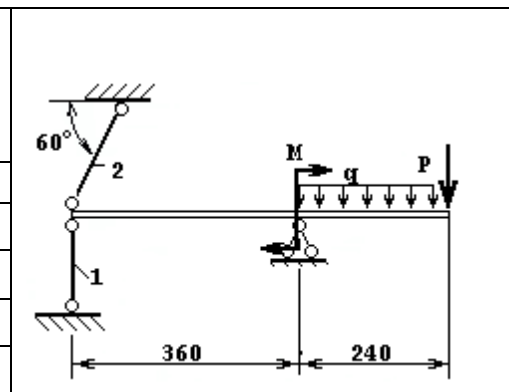
32	4,0	4,5	9,0	1,5
52	3,6	5,0	9,5	1,7
72	3,2	6,5	8,4	1,9
92	3,0	5,0	7,2	2,1



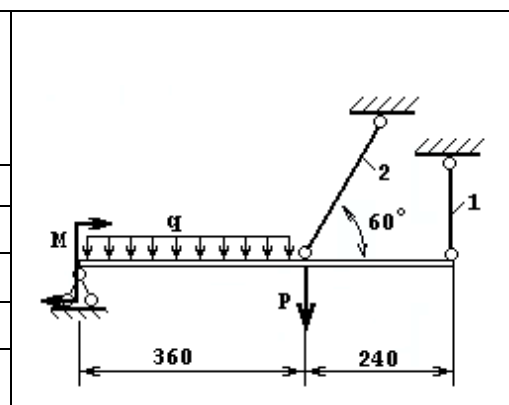
Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>
13	30	71	61	1,3
33	40	95	75	1,9
53	36	85	65	1,7
73	32	63	91	1,5
93	35	91	85	2,2



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



Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>
15	4,5	5,5	8,8	1,3
35	4,0	4,5	9,0	1,5
55	3,6	5,0	9,5	1,7
75	3,2	6,5	8,4	1,9
95	3,0	5,0	7,2	2,1



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



56	3,6	5,0	9,5	1,7	
76	3,2	6,5	8,4	1,9	
96	3,0	5,0	7,2	2,1	

Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>	
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 кН/м	P кН	M кН*м	A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>	
18	26	45	60	1,4	
38	36	80	80	1,6	
58	32	60	70	1,8	
78	40	72	65	2,0	
98	37	84	85	2,2	

Вариант	q кН/м	P кН	M кН*м	A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub>	
19	3,4	9,3	10	1,4	
39	4,0	8,9	13	1,6	
59	3,6	8,1	9,5	1,8	
79	3,2	7,2	7,5	2,0	
99	3,4	8,3	8,5	2,2	

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

62. Что называется напряжением?
63. Какие выделяют компоненты напряжения в площадке сечения?
64. Почему составляющие напряжения носят такие названия?
65. Почему осевое растяжение-сжатие относится к простым деформациям?
66. Объяснить *Закон Гука*?
67. Какой геометрический смысл имеет *модуль Юнга*?
68. Какой физический смысл имеет *модуль Юнга*?
69. Что такое абсолютное удлинение?
70. Что такое относительная деформация?
71. Абсолютное удлинение и относительная деформация, которое из них несет большую информацию о деформированном состоянии?
72. От чего зависит деформация при осевом растяжении-сжатии?
73. В чем состоит принцип суперпозиции, и есть ли предел его применимости?
74. Что называется жесткостью при осевом растяжении-сжатии?
75. Что такое «допускаемое напряжение»?
76. В чем смысл условия прочности?
77. В чем смысл условия жесткости?
78. Что такое предел текучести материала  $\sigma_T$ ?
79. Что влияет на выбор коэффициента запаса прочности?
80. В чем состоит условность диаграммы растяжения образца из мягкой стали?
81. Почему по диаграмме  $\sigma - \varepsilon$  разрушение при растяжении происходит не при наибольших напряжениях?
82. Имеет ли смысл предел временного сопротивления?
83. Как определяется величина силы в сечении?
84. Какие задачи называют статически неопределимыми.
85. Что называют степенью статической неопределимости?
86. Как называется дополнительное уравнение при раскрытии статической неопределимости?
87. Чем объясняется «ступенька» на эпюре внутреннего силового фактора?
88. Когда на контуре эпюры появляется излом?

### ТЕМА 3. ПОПЕРЕЧНЫЙ ИЗГИБ БРУСА ПОСТОЯННОГО СЕЧЕНИЯ

По теме «Поперечный изгиб бруса» предлагаются три задачи. В первой задаче брус – однопролетная шарнирно-опертая балка, во второй – брус-консоль, т.е. балка с жестко защемленным концом. Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов для них не представляет особых трудностей. Проблему может представлять неравномерно распределенная нагрузка, но она преодолима. Геометрически поперечная сила в сечении бруса от такой нагрузки равна части площади ее эпюры, попадающей на рассматриваемый участок. Для определения этой площади необходимо знать текущее значение интенсивности нагрузки  $q(x)$ , которое, как не трудно видеть из рисунка 3.1, определяется из геометрического подобия

$$q(x) = \frac{(x-a)}{b} q; \quad Q(x) = \frac{(x-a)(x-a)}{b} \frac{q}{2}; \quad M(x) = \frac{(x-a)(x-a)(x-a)}{b} \frac{q}{3}$$

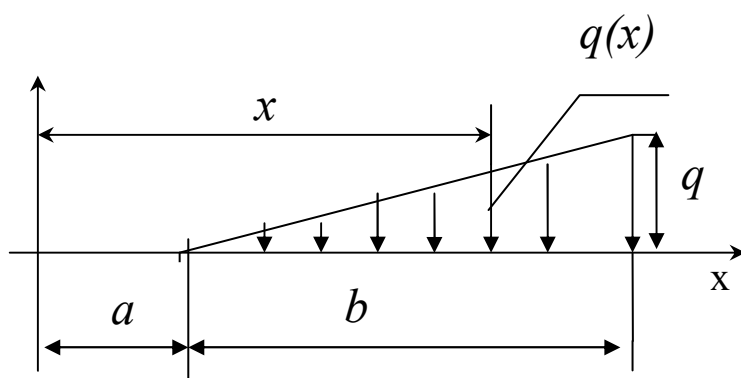


Рис. 3.1. Определение текущего значения интенсивности распределенной нагрузки

Изгибающий момент от неравномерно распределенной нагрузки равен произведению равнодействующей силы на плечо, которое равно расстоянию от центра тяжести рассматриваемой части эпюры нагрузки до оси, проходящей через центр тяжести сечения с координатой  $x$ , перпендикулярно плоскости изгиба, т.е. плоскости рисунка. Где находится центр тяжести прямоугольника или треугольника известно всем, следовательно, определить плечо не составляет особого труда.

В третьей задаче задания поставлена на первый взгляд «лишняя» опора, превращающая балку в статически неопределимую. Но имеющийся врезанный шарнир снимает одну степень неопределимости и брус оказывается статически определимым. Все реакции связей могут быть определены из уравнений статического равновесия. Учитывая, что момент через шарнир не передается,

можно мысленно расчленив брус по шарниру. Для каждой из частей расчлененный шарнир будет связью, поэтому, заменяя отброшенную часть, нужно добавить по две составляющие реакции с каждой стороны шарнира. Одна из частей бруса оказывается статически определимой, и можно найти опорную реакцию, составив уравнение моментов относительно шарнира. Уравнение содержит одну неизвестную силу. Чтобы не находить составляющие реакции в шарнире, возвращаем брус к исходному виду, т.е. соединяем разорванные части. Теперь к балке приложены только три неизвестные составляющие реакции, которые без особого труда определяются из уравнений равновесия балки. Затем составляются выражения для поперечной силы и изгибающего момента и строятся их графические образы – эпюры. Правильность построения эпюры моментов определяется по нулевому значению момента в сечении врезанного шарнира и на концевых шарнирных опорах, если они есть.

При построении эпюр поперечной силы  $Q$  и изгибающего момента  $M$  нужно использовать интегрально-дифференциальные зависимости между  $Q$  и  $M$ :

$$M = \int Q dx, \quad Q = \frac{dM}{dx}.$$

Применяя навыки математического анализа, можно с наименьшими затратами сил и времени правильно отразить характер изменения внутренних силовых факторов  $Q$  и  $M$  на графиках.

Для первой балки по значению изгибающего момента в опасном сечении подбираются поперечные размеры бруса сплошного прямоугольного сечения, выполненного из дерева, а для балки из третьей задачи подбирается двутавровое сечение прокатного профиля. При определении наибольшего касательного напряжения по формуле Журавского значение статического момента для половины сечения двутавра выбирается из таблицы сортамента по ГОСТу.

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

Для статически определимых балок требуется :

5. Составить аналитические выражения поперечных сил  $Q(x)$  и изгибающих моментов  $M(x)$ ;
6. Построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов;
7. 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;
8. Подобрать двутавровое сечение для третьей балки, выполненной из стали при допускаемых напряжениях  $[\sigma] = 120$  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	$q$ , кН/м	$P$ , кН	$M$ , кН*м	$a$ , м	$b$ , м	$c$ , м	$d$ , 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	$q$ , кН/м	$P$ , кН	$M$ , кН*м	$a$ , м	$b$ , м	$c$ , м	$d$ , 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	$q$ , кН/м	$P$ , кН	$M$ , кН*м	$a$ , м	$b$ , м	$c$ , м	$d$ , 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	$q$ , кН/м	$P$ , кН	$M$ , кН*м	$a$ , м	$b$ , м	$c$ , м	$d$ , 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

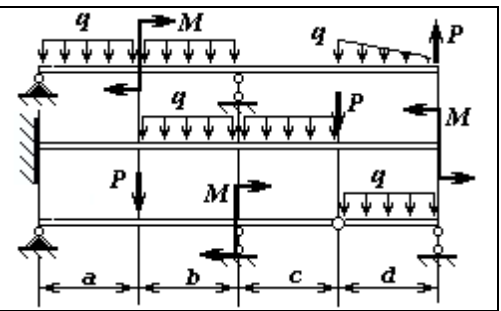


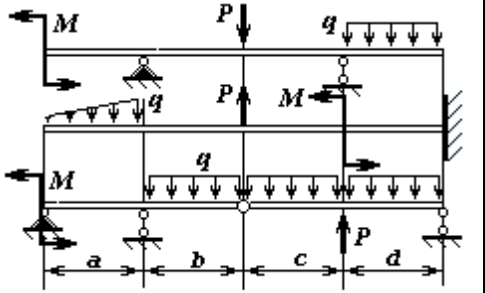
64	20	65	75	1,5	3,0	2,5	2,0	
84	16	45	60	2,4	2,2	2,6	2,8	

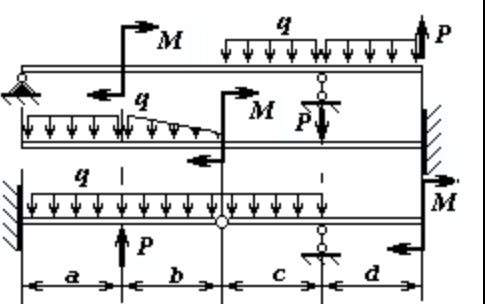
Вариант	q, кН/м	P, кН	M, кН*м	a, м	b, м	c, м	d, м	
05	20	60	70	1,5	2,0	2,5	1,8	
25	18	65	75	2,0	2,5	1,8	3,0	
45	16	70	80	1,8	3,0	2,0	2,5	
65	22	64	75	3,0	2,0	2,5	1,8	
85	24	68	70	2,4	2,5	3,0	1,5	

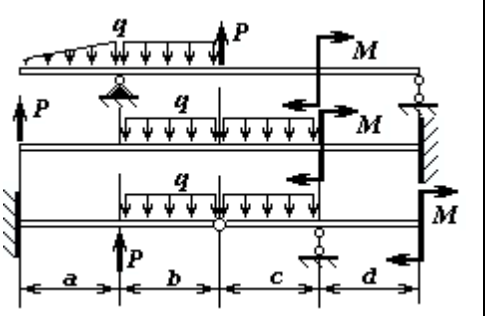
Вариант	q, кН/м	P, кН	M, кН*м	a, м	b, м	c, м	d, м	
06	15	25	50	2,2	2,0	3,0	2,5	
26	20	30	70	2,3	2,4	2,8	3,0	
46	25	35	80	2,4	2,6	2,6	1,5	
66	20	40	70	2,5	2,8	2,4	2,0	
86	15	45	60	2,6	3,0	2,2	2,4	

Вариант	q, кН/м	P, кН	M, кН*м	a, м	b, м	c, м	d, м
07	20	40	80	1,5	2,0	2,5	1,8
27	18	65	90	2,0	2,5	1,8	3,0
47	16	50	85	1,8	3,0	2,0	2,5
67	22	55	90	3,0	2,0	2,5	1,8

87	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	
08	30	50	60	2,0	2,5	3,0	1,5	
28	28	55	70	2,5	2,0	1,5	3,0	
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	

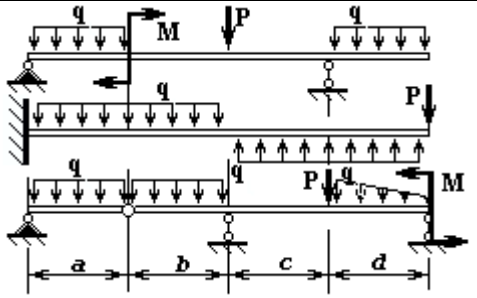
Вариант	q, кН/м	P, кН	M, кН*м	a, м	b, м	c, м	d, м	
10	15	25	50	2,2	2,0	3,0	2,5	
30	20	30	70	2,3	2,4	2,8	3,0	
50	25	35	80	2,4	2,6	2,6	1,5	
70	20	40	70	2,5	2,8	2,4	2,0	
90	15	45	60	2,6	3,0	2,2	2,4	

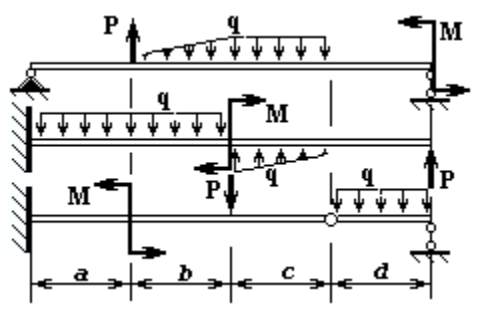
Вариант	q, кН/м	P, кН	M, кН*м	a, м	b, м	c, м	d, м
11	20	40	80	1,5	2,0	2,5	1,8
31	18	65	90	2,0	2,5	1,8	3,0
51	16	50	85	1,8	3,0	2,0	2,5
71	22	55	90	3,0	2,0	2,5	1,8
91	24	60	80	2,4	2,5	3,0	1,5

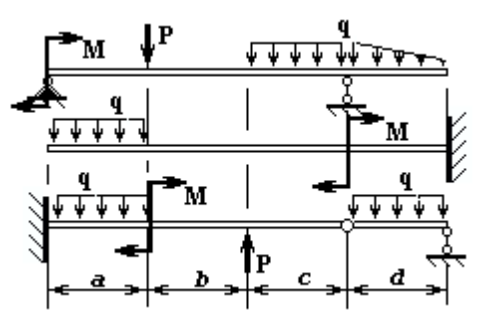
Вариант	q, кН/м	P, кН	M, кН*м	a, м	b, м	c, м	d, м
12	30	50	60	2,0	2,5	3,0	1,5
32	28	55	70	2,5	2,0	1,5	3,0
52	24	60	6,5	3,0	1,5	2,0	2,5
72	20	65	75	1,5	3,0	2,5	2,0
92	16	45	60	2,4	2,2	2,6	2,8

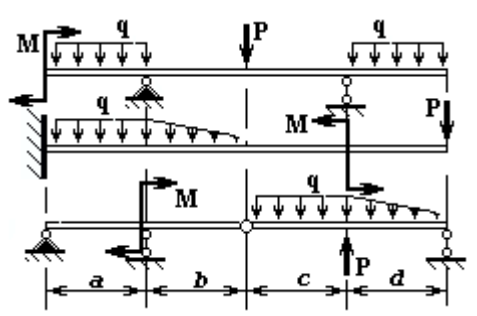
Вариант	q, кН/м	P, кН	M, кН*м	a, м	b, м	c, м	d, м
13	20	60	90	1,5	2,0	2,5	1,8
33	18	65	85	2,0	2,5	1,8	3,0
53	16	70	80	1,8	3,0	2,0	2,5
73	22	64	75	3,0	2,0	2,5	1,8
93	24	68	70	2,4	2,5	3,0	1,5

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

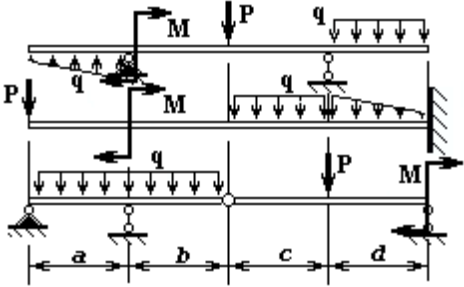
94	15	45	60	2,6	3,0	2,2	2,4	
----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	--

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	

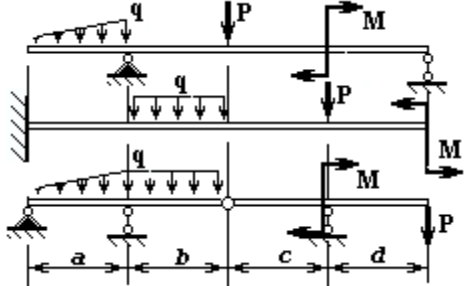
Вариант	q, кН/м	P, кН	M, кН*м	a, м	b, м	c, м	d, м	
16	30	50	60	2,0	2,5	3,0	1,5	
36	28	55	70	2,5	2,0	1,5	3,0	
56	24	60	65	3,0	1,5	2,0	2,5	
76	20	65	75	1,5	3,0	2,5	2,0	
96	16	45	60	2,4	2,2	2,6	2,8	

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	

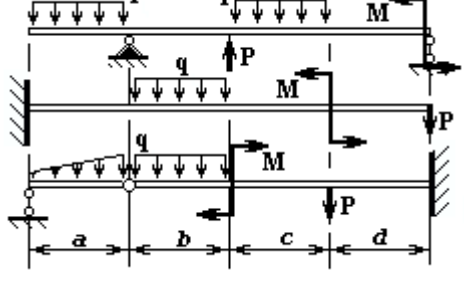
Вариант	q, кН/м	P, кН	M, кН*м	a, м	b, м	c, м	d, м
18	15	25	50	2,2	2,0	3,0	2,5
38	20	30	70	2,3	2,4	2,8	3,0
58	25	35	80	2,4	2,6	2,6	1,5
78	20	40	75	2,5	2,8	2,4	2,0
98	15	45	65	2,6	3,0	2,2	2,4



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»

89. Почему поперечный изгиб не относится к сложному сопротивлению?
90. В чем состоит принцип суперпозиции, и есть ли предел его применимости?
91. Что называется жесткостью при изгибе?
92. Что такое предел текучести материала  $\sigma_m$ ?
93. Что такое поперечная сила?
94. Что такое изгибающий момент?
95. Как определяется величина силы в сечении?
96. Что называется плечом переноса силы?

97. Как проверить правильность построения эпюры  $M_{изг}$  по эпюре  $Q$ ?
98. Как “угадать” характер эпюры  $M_{изг}$  по эпюре  $Q$ ?
99. Как найти значение изгибающего момента в сечении, если есть в наличии эпюра  $Q$ ?
100. Объяснить на примере интегральную связь между  $Q$  и  $M_{изг}$ .
101. Записать основное дифференциальное уравнение при изгибе бруса.
102. Какие допущения принимаются при получении основного дифференциального уравнения упругой линии бруса?
103. В чем смысл постоянных интегрирования основного дифференциального уравнения?
104. Что называется граничным условием?
105. Чем отличаются граничные условия от начальных условий?
106. Что такое чистый изгиб?
107. Что такое поперечный изгиб?
108. Как определить нормальные напряжения в любой точке сечения при чистом изгибе?
109. Как определяются наибольшие нормальные напряжения при изгибе?
110. Что такое опасное сечение?
111. Что называют осевым моментом сопротивления?
112. Что характеризует осевой момент сопротивления?
113. Как выгоднее установить брус квадратного сечения, испытывающего деформацию изгиба?
114. Что характеризует экономичность бруса, испытывающего деформацию изгиба?
115. Почему изгибающий момент в сечении врезанного в брус шарнира равен нулю?
116. Какие гипотезы принимаются при исследовании деформации чистого изгиба?
117. Какая из принятых гипотез не находит подтверждения при поперечном изгибе?
118. В случае каких внешних нагрузок при поперечном изгибе можно пользоваться формулой для нормальных напряжений при чистом изгибе?
119. Как по эпюре  $M_{изг}$  представить вид изогнутой оси бруса?
120. В каком случае при поперечном изгибе учитываются оба напряжения: нормальное и касательное?
121. Какие параметры входят в формулу Журавского?
122. Почему в формуле Журавского допускается раздвоение в определении статического момента части сечения?