



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение

высшего образования

«Дальневосточный федеральный университет»

(ДВФУ)

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП

Грибов К.В.

(подпись)

«25» 06 2016 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой кораблестроения,
океанотехники и системотехники объектов морской
инфраструктуры

Грибов К.В.

(подпись)

«23» 06. 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Инженерные расчеты в кораблестроении

Направление подготовки: 26.03.02 «Кораблестроение, океанотехника
и системотехника объектов морской инфраструктуры»

Профиль «Кораблестроение»

Форма подготовки: очная

курс 3, семестр 5

лекции – 36 час.

лабораторные работы – 18 час.

практические занятия – 36 час.

всего часов аудиторной нагрузки – 90 час.

самостоятельная работа – 27 час.

контролируемая самостоятельная работа – 27 час.

в том числе с использованием МАО _____ час.

контрольные работы - 5 семестр

расчетно-графические работы - 5 семестр

экзамен – 5 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта, который принят решением Ученого совета ДВФУ, протокол от 31.03.2016 №03-16, и введен в действие приказом ректора ДВФУ от 19.04.2016 №12-13-718.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедр Кораблестроения, океанотехники и системотехники объектов морской инфраструктуры, протокол № 11 от «23»
06 2016 г.

Заведующие кафедрами: к.т.н., доцент Грибов К.В.

Составитель: д.т.н., проф. Аносов А.П.

I. Рабочая учебная программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « ____ » _____ 201 г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (и.о. фамилия)

II. Рабочая учебная программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « ____ » _____ 201 г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (и.о. фамилия)

АННОТАЦИЯ

дисциплины «Инженерные расчеты в кораблестроении»

Дисциплина «Инженерные расчеты в кораблестроении» разработана для студентов, обучающихся по направлению подготовки 26.03.02 «Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры», профиль «Кораблестроение», входит в дисциплины по выбору вариативной части учебного плана (согласно учебному плану – Б1.В.ДВ.2.2). Трудоемкость дисциплины 4 з.е. (144 часа), включая 36 часов лекций, 36 часов практических занятий, 18 часов лабораторных работ. Реализуется на 3 курсе в 5 семестре. Форма контроля – экзамен в 5 семестре.

Изучение курса дает базовые знания для освоения таких дисциплин, как «Конструкция корпуса морских судов», «Конструкция МИС», «Вибрация в технике», «Строительная механика и прочность корабля».

Дисциплина охватывает следующий круг вопросов, связанных с расчетами прочности стержневых систем, который включает в себя: выбор расчетной схемы, определение внутренних усилий, построение эпюр и линий влияния внутренних силовых факторов, определение максимальных значений внутренних усилий и решение одного из трех типов задач. В первом типе задач требуется проверка (прочности) несущей способности сечений, во втором – проводят подбор размеров поперечного сечения конструкций и в третьем типе задач определяется величина максимально допустимой внешней нагрузки.

Цель курса: освоение методов расчета прочности сложных стержневых систем, используемых в конструкции судов и морских инженерных сооружений.

Данная дисциплина является продолжением ранее изученных дисциплин по прочности, а именно «Прикладная механика в кораблестроении» и «Теоретическая механика».

Понятие расчет включает в себя следующие этапы: выбор расчетной схемы, определение внутренних усилий, построение эпюр и линий влияния внутренних силовых факторов, определение максимальных значений внутренних усилий и

решение одного из трех типов задач. В первом типе задач требуется проверка (прочности) несущей способности сечений, во втором – проводят подбор размеров поперечного сечения конструкций и в третьем типе задач определяется величина максимально допустимой внешней нагрузки.

Успешное освоение курса базируется на знаниях, приобретенных студентами в процессе изучения математики, теоретической механики и прикладной механики в кораблестроении. Изучая основы прочности инженерных сооружений, студенты знакомятся с расчетом как статически определимых, так и статически неопределимых стержневых систем, при этом рассматриваются многопролетные шарнирные и неразрезные балки, арки и рамы. Большое внимание уделяется расчету плоских и пространственных ферм.

Методы расчета стержневых систем позволяют применять матричные алгоритмы и уравнения с последующей их реализацией на ЭВМ. В практике расчета сложных стержневых сооружений применяются вычислительные программы и их комплексы. Овладение студентами алгоритмами расчета стержневых систем позволят им самим разрабатывать необходимые программные средства.

Основы прочности инженерных сооружений являются наукой экспериментально-теоретической, призванной обеспечивать строительство современными методами статического и динамического расчета. Основные цели изучения дисциплины будут достигнуты, если студенты сумеют применить полученные теоретические знания в практических расчетах.

Для закрепления теоретического курса предусматривается проведение лабораторных работ и практических занятий по решению задач с помощью преподавателя и контрольные работы с предварительной домашней подготовкой.

Целью самостоятельной работы является получение устойчивых практических навыков решения задач прочности и надежности конструкций корпусов судов и морских инженерных сооружений.

В программе отражена связь изучаемого курса "Инженерные расчеты в кораблестроении" с другими изучаемыми дисциплинами, что мобилизует

студентов на получение систематизированных знаний в области расчетов прочности.

Задачи дисциплины:

- ознакомить студентов с процессом составления расчетных схем различных стержневых систем, моделирующих судовые конструкции и конструкции МИС;
- ознакомить студентов с методами расчётов прочности и деформаций стержневых систем при различных видах нагружения;
- ознакомить студентов с методами расчётов устойчивости стержневых систем;
- ознакомить студентов с методами расчёта стержневых систем при динамическом приложении сил.

Для более полного освоения теоретических вопросов дисциплины студенты выполняют расчётно-графические индивидуальные работы (РГР) по основным разделам курса. Предусмотрено проведение практических занятий и лабораторных работ.

Для успешного изучения дисциплины «Инженерные расчеты в кораблестроении» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-14);
- способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий (ОПК-1).

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

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-2 -	Знает	этапы разработки проектов судов и морских

<p>способность использовать специализированные методики при проектировании объектов морской инфраструктуры</p>		<p>инженерных сооружений и общие принципы проектирования; принципы системного подхода к проектированию объектов морской техники; общие принципы конструкции и прочности судов; принципы обеспечения необходимых прочностных качеств корпуса судна при проектировании</p>
	Умеет	<p>использовать специализированные методики при проектировании объектов морской инфраструктуры</p>
	Владеет	<p>расчетными методами в сфере строительной механики корабля и теории проектирования судов</p>
<p>ПК-9 способность использовать правила техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и нормы охраны труда, измерять и оценивать параметры производственного микроклимата, уровня запыленности и загазованности, шума и вибрации, освещенности рабочих мест</p>	Знает	<p>правила техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и нормы охраны труда</p>
	Умеет	<p>измерять и оценивать параметры производственного микроклимата, уровня запыленности и загазованности, шума и вибрации, освещенности рабочих мест в используемых лабораторных помещениях</p>
	Владеет	<p>способами оказания первой помощи при производственном травматизме</p>

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Инженерные расчеты в кораблестроении» применяются следующие методы активного и интерактивного обучения: «лекция-беседа», «дискуссия», «групповая консультация», «Case-study (анализ конкретных ситуаций, ситуационный анализ)».

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

(36 часов)

Раздел I

СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫЕ СТЕРЖНЕВЫЕ СИСТЕМЫ

Тема 1. Кинематический и статический анализ

стержневых систем (2 часа)

Геометрически неизменяемые, геометрически изменяемые и мгновенно изменяемые системы. Необходимые и достаточные условия геометрической неизменяемости. Способы образования геометрически неизменяемых плоских и пространственных систем. Статически определимые и статически неопределимые системы. Степень статической и кинематической неопределимости.

Тема 2. Методы определения усилий от неподвижной нагрузки (2 часа)

Виды нагрузок. Методы определения усилий в статически определимых системах: а) метод сечений; б) кинематический метод; в) метода замены связей; г) членение системы на стержни и узлы с составлением системы уравнений применительно к использованию компьютера. Примеры применения этих методов в расчетах многопролетных балок и простейших стержневых систем. Определение опорных реакций, внутренних силовых факторов, построение и проверка эпюр. Расчет в общем виде – применение матриц при определении внутренних силовых факторов.

Тема 3. Методы определения усилий от подвижной нагрузки (1 час)

Виды подвижных нагрузок. Понятие об особенностях расчета на подвижную нагрузку и методах определения ее расчетного положения. Огибающие эпюры и линии влияния. Статический и кинематический методы построения линий

влияния. Линии влияния при узловой передаче нагрузки. Определение усилий по линиям влияния. Определение расчетного положения подвижных нагрузок по линиям влияния. Понятие об эквивалентной нагрузке, связь понятий «линия влияния» и «матрица влияния». Примеры построения линий влияния огибающих эпюр и их использования в расчетах многопролетных балок и простейших стержневых систем.

Тема 4. Расчет плоских ферм(1 час)

Особенности работы ферм при узловой нагрузке, их расчетные схемы. Образование ферм. Классификация ферм по очертанию поясов, по схеме решетки и опиранию. Особенности определения усилий в стержнях фермы при неподвижной нагрузке и сравнение с определением усилий в балках. Построение линий влияния усилий в стержнях ферм. Структура шпренгельных ферм и особенности определения усилий в их стержнях. Сопоставление ферм с различными очертаниями поясов. Понятие о рациональной схеме фермы. Построение алгоритмов определения усилий в стержнях ферм с использованием компьютеров.

Тема 5. Расчет трехшарнирных систем (1 час)

Образование трехшарнирных систем. Понятие распорной системы, ее сопоставление с балкой. Определение опорных реакций и внутренних силовых факторов. Построение линий влияния в трехшарнирных системах. Метод нулевых точек. Рациональное очертание оси арки. Понятие о кривой давления. Трехшарнирные арки.

Трехшарнирные арки с затяжкой. Расчет трехшарнирных арочных ферм. Понятие о статически определимых вантовых системах и их расчете.

Тема 6. Определение перемещений и некоторые основные теоремы (1 час)

Перемещения и их обозначения. Работа внешних и внутренних сил. Принцип возможных перемещений. Теоремы о взаимности работ и взаимности перемещений, взаимности реакций. Общий метод определения перемещений и способы вычисления интеграла Мора. Правило Верещагина. Перемещения от

изменения температуры и перемещения опор. Определение перемещений физически нелинейных систем. Матричная форма вычисления перемещений. Матрица податливости сооружения (матрица перемещений). Линии влияния перемещений. Потенциальная энергия упругой системы. Выражение потенциальной энергии через вектор нагрузки и через вектор перемещений. Понятие о матрице жесткости системы. Преобразование матриц податливости и жесткости системы при изменении базисных систем сил (перемещений).

Раздел II

СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫЕ СТЕРЖНЕВЫЕ СИСТЕМЫ

Тема 7. Метод сил(2 часа)

Свойства статически неопределимых систем. Сущность метода сил. Степень статической неопределимости плоских систем. Основная система метода сил. Канонические уравнения метода сил, их матричная запись и особенности их решения. Общий алгоритм расчета статически неопределимых систем по методу сил (на примере плоских рам). Построение эпюр M , Q и N и их проверки. Определение перемещений в статически неопределимых системах. Упрощение канонических уравнений: использование симметрии системы, понятие о приведении квадратичной формы к простейшему виду, упругий центр. Матричная форма расчета статически неопределимых систем; вычисление матриц влияния внутренних силовых факторов в этих системах. Автоматизация расчетов по методу сил при использовании ЭВМ. Построение линий влияния методом сил. Расчет на изменение температуры и смещение опор.

Тема 8. Метод перемещений(1 час)

Сущность метода. Неизвестные и степень кинематической неопределимости системы. Основная система метода перемещений (на примере плоских стержневых систем). Канонические уравнения метода перемещений. Табличные значения реакций отдельного стержня. Алгоритм расчета при использовании допущения о нерастяжимости стержней: определение коэффициентов канонических уравнений и грузовых реакции, решение уравнений и построение окончательных эпюр. Теоремы о взаимности реакций и перемещений. Их

использование при составлении уравнений и контроле решения. Особенности расчета рам с наклонными стойками. Использование симметрии системы. Применении метода перемещений в расчетах на изменение температуры и перемещения опор. Построение линий влияния. Метод перемещений с учетом продольных деформаций стержней. Получение матрицы реакций для произвольно ориентированного стержня, переход от локального к общей системе координат. Получение матрицы реакций (матрицы жесткости) произвольной стержневой системы. Автоматизация расчетов по методу перемещений с использованием ЭВМ. Блочная схема метода Гаусса при трех-диагональной блочной матрице реакций. Трактовка блочного исключения по Гауссу как метода последовательного отбрасывания связей. Понятие о сложном элементе конструкций. Связь между матрицей податливости системы, ее использование при построении линий влияния перемещений.

Тема 9. Расчет неразрезных балок (1 час)

Выбор метода расчета, применение метода сил, метода фокусов и метода перемещений к расчету неразрезных балок при неподвижной нагрузке. Построение огибающих эпюр и линий влияния с помощью метода фокусов. Матричная форма расчета неразрезных балок переменного сечения. Понятие об особенностях работы и расчете неразрезных балок на упругих опорах.

Тема 10. Расчет статически неопределимых ферм (1 час)

Выбор расчетной схемы и метода расчета ферм. Применение метода сил и метода перемещений. Определение усилий от неподвижной нагрузки и построение линий влияния. Расчет сложных статически неопределимых ферм с использованием ЭВМ. Статически неопределимые комбинированные системы.

Тема 11. Расчет статически неопределимых арок и висячих систем

(1 час)

Выбор расчетной схемы и метода расчета статически неопределимых арок. Особенности расчета двухшарнирных и бесшарнирных арок. Использование упругого центра. Влияние обжатия арки. Понятие о регулировании напряжений. Виды висячих систем и особенности их расчета. Понятие о расчете висячих

систем по деформированному состоянию.

Тема 12. Расчет пространственных систем(2 часа)

Виды пространственных стержневых систем, их расчетные схемы. Соединение стержней при помощи шаровых и цилиндрических шарниров. Опоры пространственных систем. Анализ образования пространственных рам и ферм. Способы определения усилий в стержнях статически определимых пространственных ферм. Определение перемещений пространственных стержневых систем. Особенности применения метода сил и метода перемещений в расчетах статически неопределимых пространственных стержневых систем. Расчет плоских рам на пространственную нагрузку.

Тема 13. Основы расчета стержневых систем по несущей способности (2 часа)

Работа сечения стержня в пластической стадии. Пластические шарниры. Предельные состояния статически неопределимых систем по методу предельного равновесия. Особенности расчета по несущей способности неразрезных балок, рам, арок, статически неопределимых ферм. Понятие о применении методов математического программирования. Расчет на повторные загрузки. Теорема приспособляемости.

Раздел III

ОСНОВЫ РАСЧЕТА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ТОНКОСТЕННЫХ СИСТЕМ

Тема 14. Основные вариационные принципы и методы (2 часа)

Понятие о вариационных принципах и методах механики деформируемых тел и их применении в прочностных задачах. Вариационные уравнения Кастильяно и Лагранжа. Приближённые методы расчета, основанные на вариационных принципах. Метод Ритца, его связь с методом перемещений.

Тема 15. Основы метода конечного элемента (МКЭ)(2 часа)

Расчетная схема метода конечного элемента. Виды конечных элементов и способы их получения. Плоская задача и изгиб пластины, составление матриц

жесткостей элементов и их систем. Особенности использования ЭВМ в расчетах по методу конечного элемента. Блочная и ленточная структура уравнений метода, их решение, определение внутренних усилий. Вопросы расчета плит на упругом основании.

Раздел IV

УСТОЙЧИВОСТЬ И ДИНАМИКА СООРУЖЕНИЙ

УСТОЙЧИВОСТЬ СООРУЖЕНИЙ

Тема 16. Методы исследования устойчивости упругих систем (1 час)

Виды равновесия. Потеря устойчивости системы «в малом» и «в большом». Понятие критической нагрузки. Различные виды потери устойчивости деформируемых систем. Основные критерии и методы исследования устойчивости упругих систем: динамический, статический и энергетический. Устойчивость систем с одной и несколькими степенями свободы.

Тема 17. Устойчивость прямых сжатых стержней (1 час)

Устойчивость сжатого стержня постоянного сечения. Использование точного и приближенного выражения для кривизны стержня. Использование точного и приближенного выражения для кривизны стержня. Дифференциальные уравнения второго и четвертого порядков и их интегрирование при различных граничных условиях, решение задачи о сжато-изогнутом стержне методом начальных параметров.

Тема 18. Более сложные случаи исследования устойчивости сжатых стержней (2 часа)

Устойчивость стержней переменного сечения и стержней, нагруженных различной нагрузкой по длине стержня. Понятие о точном решении. Использование приближенных методов. Устойчивость стержня на упругом основании. Влияние деформации сдвига на величину критической силы сжатого стержня. Устойчивость составных стержней. Устойчивость центрально и внецентренно сжатых стержней с учетом упруго-пластической стадии работы

материала.

Тема 19. Устойчивость рам и арок(2 часа)

Основные допущения. Метод сил в исследовании устойчивости рамных систем. Метод перемещений. Вычисление реакций сжатых стержней. Использование симметрии. Устойчивость неразрезных сжатых стержней на жестких и упругих опорах. Расчет упругих рамных систем по деформированному состоянию. Понятие о расчете на устойчивость арки и круглого кольца.

ДИНАМИКА СООРУЖЕНИЙ

Тема 20. Основные понятия(2 часа)

Динамические нагрузки и их особенности. Силы инерции. Задачи и методы динамики сооружений. Понятие о степени свободы системы.

Тема 21. Колебания систем с одной степенью свободы (2 часа)

Дифференциальное уравнение движения. Использование уравнений Лагранжа и обобщенных координат для описания движения системы с одной степенью свободы. Свободные колебания. Частота и период свободных колебаний. Вынужденные колебания при действии гармонической нагрузки. Общий случай действия возмущающей силы. Кинематическое возбуждение колебаний. Резонанс и его развитие во времени. Динамический коэффициент. Учет сил сопротивления.

Тема 22. Колебания системы с несколькими степенями свободы(2 часа)

Дифференциальные уравнения движения системы при произвольной нагрузке. Свободные колебания системы. Спектр частот и форм собственных (главных) форм колебаний. Действие на систему гармонической нагрузки. Действие произвольной нагрузки. Разложение движения системы по формам собственных колебаний как пример применения обобщенных координат. Учет сил сопротивления. Вынужденное смещение опорных закреплений. Понятие о динамическом методе расчета сооружений на сейсмические воздействия.

Тема 23. Колебания системы с бесконечно большим числом степеней свободы(1 час)

Дифференциальные уравнения продольных колебаний стержня. Понятие о

распространении упругих волн. Спектр продольных колебаний. Дифференциальное уравнение поперечных колебаний стержня. Свободные колебания. Балочные функции, Понятие об общем случае действия возмущающей нагрузки. Решение методом начальных параметров для случая гармонического воздействия. Расчет статически неопределимых рам на вибрационную нагрузку. Определение частот и форм собственных колебаний по методу сил и методу перемещений. Понятие о расчете балок на действие подвижной нагрузки. Особенность работы балки на упругом основании при подвижной нагрузке.

Тема 24. Некоторые приближенные методы в динамике сооружений (1 час)

Приближенные методы определения частот свободных колебаний. Формула Рэлея. Замена распределенных масс сосредоточенными. Использование численных матричных методов при решении задач динамики стержней переменной жесткости и масс. Приближенное определение амплитудных реакций сжатого стержня, основанное на замене динамической линии прогибов соответствующими статическими формами изгиба стержня. Использование этих реакций в расчетах рам по методу перемещений.

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Практические занятия (36 часов)

Занятие 1. Кинематический и статический анализ стержневых систем (2 часа). Геометрически неизменяемые, геометрически изменяемые и мгновенно изменяемые системы. Способы образования геометрически неизменяемых плоских и пространственных систем. Степень статической и кинематической неопределимости.

Занятие 2. Методы определения усилий от подвижной нагрузки (2 часа). Огибающие эпюры и линии влияния. Статический и кинематический

методы построения линий влияния. Линии влияния при узловой передаче нагрузки. Определение усилий по линиям влияния. Определение расчетного положения подвижных грузов по линиям влияния. Примеры.

Занятие 3. Расчет плоских ферм (2 часа). Особенности работы ферм при узловой нагрузке, их расчетные схемы. Определения усилий в стержнях фермы при неподвижной нагрузке и сравнение с определением усилий в балках. Построение линий влияния усилий в стержнях ферм. Структура шпренгельных ферм и определение усилий в их стержнях. Построение алгоритмов определения усилий в стержнях ферм с использованием компьютеров.

Занятие 4. Расчет трехшарнирных систем (2 часа). Определение опорных реакций и внутренних силовых факторов. Построение линий влияния в трехшарнирных системах. Метод нулевых точек. Трехшарнирные арки с затяжкой. Расчет трехшарнирных арочных ферм.

Занятие 5. Определение перемещений (2 часа). Перемещения и их обозначения. Общий метод определения перемещений и способы вычисления интеграла Мора. Правило Верещагина. Перемещения от изменения температуры и перемещения опор. Определение потенциальной энергии упругой системы. Выражение потенциальной энергии через вектор нагрузки и через вектор перемещений.

Занятие 6. Метод перемещений (2 часа). Основная система метода перемещений (на примере плоских стержневых систем). Канонические уравнения метода перемещений. Алгоритм расчета при использовании допущения о нерастяжимости стержней: определение коэффициентов канонических уравнений и грузовых реакции, решение уравнений и построение окончательных эпюр.

Занятие 7. Расчет неразрезных балок (2 часа). Применение метода сил к расчету неразрезных балок при неподвижной нагрузке. Особенности расчета неразрезных балок на упругих опорах.

Занятие 8. Расчет статически неопределимых ферм (2 часа). Выбор расчетной схемы и метода расчета ферм. Применение метода сил и метода

перемещений. Расчет сложных статически неопределимых ферм с использованием ЭВМ.

Занятие 9. Расчет статически неопределимых арок и висячих систем (2 часа). Выбор расчетной схемы и метода расчета статически неопределимых арок. Особенности расчета двухшарнирных и бесшарнирных арок. Понятие о расчете висячих систем по деформированному состоянию.

Занятие 10. Основные вариационные принципы и методы (2 часа). Вариационные уравнения Кастильяно и Лагранжа. Приближённые методы расчета, основанные на вариационных принципах. Метод Ритца.

Занятие 11. Основы метода конечного элемента (МКЭ) (2 часа). Расчетная схема метода конечного элемента. Плоская задача и изгиб пластины, составление матриц жесткостей элементов и их систем. Блочная и ленточная структура уравнений метода, их решение, определение внутренних усилий.

Занятие 12. Методы исследования устойчивости упругих систем (1 час). Устойчивость систем с одной и несколькими степенями свободы.

Устойчивость прямых сжатых стержней (1 час). Дифференциальные уравнения второго и четвертого порядков и их интегрирование при различных граничных условиях, решение задачи о сжато-изогнутом стержне методом начальных параметров.

Занятие 13. Более сложные случаи исследования устойчивости сжатых стержней (1 час). Устойчивость стержней переменного сечения и стержней, нагруженных различной нагрузкой по длине стержня.

Устойчивость рам и арок (1 час). Вычисление реакций сжатых стержней. Использование симметрии. Устойчивость неразрезных сжатых стержней на жестких и упругих опорах. Расчет упругих рамных систем по деформированному состоянию. Понятие о расчете на устойчивость арки и круглого кольца.

Занятие 14. Основные понятия динамики конструкций (2 часа). Динамические нагрузки и их особенности. Силы инерции. Задачи и методы динамики сооружений. Понятие о степени свободы системы. Примеры.

Занятие 15. Колебания систем с одной степенью свободы (2 часа). Определение частоты и периода свободных колебаний. Вынужденные колебания при действии гармонической нагрузки. Определение резонансной частоты. Динамический коэффициент. Учет сил сопротивления.

Занятие 16. Колебания систем с несколькими степенями свободы (2 часа). Разложение движения системы по формам собственных колебаний как пример применения обобщенных координат. Учет сил сопротивления.

Занятие 17. Колебания систем с бесконечно большим числом степеней свободы (2 часа). Решение методом начальных параметров для случая гармонического воздействия. Расчет статически неопределимых рам на вибрационную нагрузку. Определение частот и форм собственных колебаний по методу сил и методу перемещений.

Занятие 18. Некоторые приближенные методы в динамике сооружений (2 часа). Приближенные методы определения частот свободных колебаний. Формула Рэлея. Замена распределенных масс сосредоточенными.

Лабораторныеработы

(18 часов)

Лабораторная работа №1. Определение внутренних сил в статически определимых балке и раме при различных вариантах нагружения (2 часа). Экспериментальное определение внутренних усилий в статически определимых балке и раме с использованием тензометрической аппаратуры. Теоретический расчет. Сопоставление результатов.

Лабораторная работа №2. Расчетное и экспериментальное определение усилий в стержнях фермы (2 часа). Экспериментальное определение внутренних усилий в стержнях статически определимой фермы с использованием тензометрической аппаратуры. Теоретический расчет. Сопоставление результатов.

Лабораторная работа №3. Определение внутренних сил в балке с врезанными шарнирами (2 часа). Экспериментальное определение внутренних

усилий в статически определимых балке с врезанными шарнирами с использованием тензометрической аппаратуры. Теоретический расчет. Сопоставление результатов.

Лабораторная работа №4. Расчетное и экспериментальное определение перемещений в статически определимой раме (2 часа). Экспериментальное определение перемещений в статически определимых раме с использованием прогибомеров. Теоретический расчет. Сопоставление результатов.

Лабораторная работа №5. Расчетное и экспериментальное определение внутренних сил и перемещений в трехпролетной неразрезной балке (2 часа). Экспериментальное определение внутренних сил в неразрезной трехпролетной балке с использованием тензометрической аппаратуры и перемещений. Теоретический расчет методом трех моментов. Сопоставление результатов.

Лабораторная работа №6. Экспериментальное определение внутренних сил в статически неопределимой арке (2 часа). Экспериментальное определение внутренних сил в статически неопределимой арке с использованием тензометрической аппаратуры. Теоретический расчет. Сопоставление результатов.

Лабораторная работа №7. Исследование устойчивости сжатого прямого стержня при различных вариантах закрепления (2 часа). Экспериментальное определение эйлеровой силы для сжатого стержня постоянного сечения при различных вариантах закрепления. Теоретический расчет. Сопоставление результатов.

Лабораторная работа №8. Исследование устойчивости плоской статически неопределимой рамы (2 часа). Экспериментальное определение эйлеровой силы для плоской статически неопределимой рамы. Теоретический расчет. Сопоставление результатов.

Лабораторная работа №9. Исследование вынужденных колебаний консольной балки (2 часа). Исследование вынужденных колебаний консольной балки с механическим эксцентриковым силовозбуждением при варьировании

массы. Использование тензометрической аппаратуры и строботахометра. Теоретический расчет. Сопоставление результатов.

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Самостоятельная работа студентов включает изучение теоретических разделов курса, расчётно-графических работ, подготовку к экзамену.

Преподаватель ведёт постоянный контроль посещения занятий, консультирует студентов по вопросам, связанным с выполнением предусмотренных работ, а также контролирует ход работы студентов во время аудиторных занятий. Другие контрольные мероприятия настоящей программой не предусмотрены, однако по решению ведущего преподавателя могут проводиться.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Инженерные расчеты в кораблестроении» 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 обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Кинематический и статический анализ	ПК-2	знает	УО-1	
			умеет		

	стержневых систем		владеет		
2	Методы определения усилий от неподвижной нагрузки	ПК-2	знает	УО-1	Защита ЛР
		ПК-9	умеет		
			владеет		
3	Методы определения усилий от подвижной нагрузки	ПК-2	знает	УО-1	
			умеет		
			владеет		
4	Расчет плоских ферм	ПК-9	знает	УО-1	Защита ЛР
		ПК-2	умеет		
			владеет		
5	Расчет техшарнирных систем	ПК-9	знает	УО-1	Защита ЛР
		ПК-2	умеет		
			владеет		
6	Определение перемещений и некоторые основные теоремы	ПК-9	знает	УО-1	Защита ЛР
		ПК-2	умеет		
			владеет		
7	Метод сил	ПК-2	знает	УО-1	
			умеет		
			владеет		
8	Метод перемещений	ПК-2	знает	УО-1	
			умеет		
			владеет		
9	Расчет неразрезной балки	ПК-9	знает	УО-1	Защита ЛР
		ПК-2	умеет		
			владеет		
10	Расчет статически неопределимой	ПК-2	знает	УО-1	
			умеет		

	фермы		владеет		
11	Расчет статически неопределимых арок и висячих систем	ПК-9	знает	УО-1	Защита ЛР
		ПК-2	умеет		
			владеет		
12	Расчет пространственных систем	ПК-2	знает	УО-1	
			умеет		
			владеет		
13	Основы расчета стержневых систем по несущей способности	ПК-2	знает	УО-1	
			умеет		
			владеет		
14	Основные вариационные принципы и методы	ПК-2	знает	УО-1	Прием РГР
			умеет		
			владеет		
15	Основы метода конечного элемента (МКЭ)	ПК-2	знает	УО-1	
			умеет		
			владеет		
16	Методы исследования устойчивости упругих систем	ПК-2	знает	УО-1	
			умеет		
			владеет		
17	Устойчивость прямых сжатых стержней	ПК-9	знает	УО-1	Защита ЛР
		ПК-2	умеет		
			владеет		
18	Более сложные случаи исследования устойчивости сжатых стержней	ПК-2	знает	УО-1	
			умеет		
			владеет		
19	Устойчивость рам и арок	ПК-9	знает	УО-1	Защита ЛР
		ПК-2	умеет		

			владеет		
20	Основные понятия динамики стержневых систем	ПК-2	знает	УО-1	
			умеет		
			владеет		
21	Колебания систем с одной степенью свободы	ПК-9	знает	УО-1	
		ПК-2	умеет		Защита ЛР
			владеет		
22	Колебания систем с несколькими степенями свободы	ПК-2	знает	УО-1	
			умеет		
			владеет		
23	Колебания систем с бесконечно большим числом степеней свободы	ПК-2	знает	УО-1	
			умеет		
			владеет		
24	Некоторые приближенные методы в динамике сооружений	ПК-2	знает	УО-1	
			умеет		
			владеет		Экзамен

(УО-1 – собеседование)

Общие требования к результатам освоения дисциплины, типовые вопросы для экзамена и другие материалы, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложениях.

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Список основной литературы

1. Дарков А.В., Шапошников Н.Н. Строительная механика. Учебник для вузов. Изд.9-е, испр. М: изд-во Лань, 2007, 655
2. Александров А.В., Потапов В.Д., Землев В.Б. Строительная механика. Учебник для вузов. Часть 1. М: высшая школа, 2009,703.
3. Кузьмин Л.Ю., Сергиенко В.Н. Строительная механика. М.: РГОТУПС,

2004.

4. Кузьмин Л.Ю., Сергиенко В.Н., Ягубов А.Б., Ямщикова Е.А. Строительная механика. Задания на контрольные работы. М., РГОТУПС, 2006.

Список дополнительной литературы

1. Дарков А.В., Шапошников Н.Н. Строительная механика. – М.: Высшая школа, 1986 – 607 с.
2. Леонтьев Н.Н., Соболев Д.Н., Амосов А.А. Основы строительной механики стержневых систем. – М.: АСВ, 1996 – 541 с.
3. Ржаницин А.Р. Строительная механика. – М.: Высшая школа, 1991–439с.
4. Смирнов А.Р., Александров А.В., Лащенков Б.Я., Шапошников Н.Н. Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений. М.: Стройиздат, 1984

Интернет-ресурсы

1. Сайт Дальневосточного Федерального Университета: <http://dvfu.ru/>
Научная библиотека/Электронные ресурсы/Русскоязычные ресурсы/Изд-во «Лань»:

- «Сопротивление материалов. Пособие по решению задач» Миролюбов И.Н., Алмаметов Ф.З., Курицин Н.А., Изотов И.Н., 2009 г., 612 с.
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=668

- «Механика конструкций. Теоретическая механика. Сопротивление материалов», Молотников В. Я., 2012 г., 608 с.
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=4546

2. Воронова Л.Г., Коршунова Г.Д., Соболев Ю.Н. Сопротивление материалов. Ч.1: Письменные лекции. - СПб.: СЗТУ, 2003. - 126 с. **Ошибка! Недопустимый объект гиперссылки.**

3. Вязкова Л.П., Мальцев Л.В., Бутаков С.В. Механика. Часть 1: Методические указания по выполнению расчетно-графических работ. - Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2005. - 28 с.
<http://window.edu.ru/resource/699/28699>

Нормативно-правовые материалы

1. Правила классификации и постройки морских судов. Часть II Корпус. Российский морской регистр судоходства. СПб.: 2018. 207 с.
2. ГОСТ 8239-89. Балка двутавровая.

3. ГОСТ 8240-97. Швеллер.
4. ГОСТ 8509-93. Уголок равнополочный.
5. ГОСТ 8510-86. Уголок неравнополочный.
6. ГОСТ 8645-68. Труба прямоугольная.
7. ГОСТ 8732-78. Труба стальная бесшовная.
8. ГОСТ 10704- 91. Труба стальная электросварная.
9. ГОСТ 2590-2006. Круг.

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

При проведении занятий используется стандартное мультимедийное оборудование с демонстрацией учебных материалов в виде видеофильмов и слайдов в формате PowerPoint.

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

На первом занятии преподаватель информирует студентов о содержании учебной дисциплины и требованиях к её освоению.

Перед каждым занятием студент должен ознакомиться с учебными материалами по теме предстоящего занятия. Во время лекционных и практических занятий студенты должны внимательно выслушивать учебный материал. При курсовом проектировании и выполнении предусмотренного расчётно-графического задания используются соответствующие методические указания. Если студенты встретятся с затруднениями в обеспечении учебной литературой, они могут получить необходимые учебно-методические материалы у ведущего преподавателя.

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Преподаватель при проведении занятий использует имеющееся в учебной аудитории мультимедийное оборудование для демонстрации видеофильмов и презентаций в формате ppt (pptx).

В настоящее время на кафедре ведётся работа по развитию материальной базы. По мере её развития будет совершенствоваться материально-техническое обеспечение дисциплины.



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

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

по дисциплине «Инженерные расчеты в кораблестроении»

**Направление подготовки 26.03.02 «Кораблестроение, океанотехника и
системотехника объектов морской инфраструктуры»**

профиль «Кораблестроение»

Форма подготовки очная

Владивосток

2016

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на	Форма контроля
------------------	----------------------------------	---	---	-----------------------

			выполнение	
5 семестр 54часа				
	Перед занятиями	Подготовка к занятиям	6 часов	Собеседование
	В течение семестра	Выполнение РГР (4 задания)	24 часа	Проверка выполнения. Приём РГР
	При подготовке к экзамену	Подготовка к сдаче экзамена	24 часа	Приём экзамена

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

Самостоятельная работа студентов включает изучение теоретических разделов курса, выполнение 4-х РГР, а также подготовку к сдаче экзамена.

Темы расчетно-проектировочных заданий:

РГР №1. Расчет плоской статически определимой фермы. Определение усилий в стержнях при ручном счете и с помощью ПЭВМ. Подбор сечений стержней из условия прочности по нормальным напряжениям.

РГР №2. Расчет пятипролетной неразрезной балки. Составление уравнений трех моментов. Определение опорных моментов и «лишних» неизвестных реакций. Построение эпюр перерезывающих сил и изгибающих моментов. Подбор сечения балки. Полная проверка прочности (ручной счет и с помощью ПЭВМ).

РГР №3. Расчет статически неопределимой плоской рамы. Выбор основной системы. Составление системы канонических уравнений метода сил. Построение единичных и грузовой эпюр. Расчет коэффициентов канонических уравнений метода сил. Определение неизвестных реактивных усилий. Построение эпюр внутренних сил. Подбор сечений стержней рамы. Определение перемещений в заданных точках (ручной счет и с помощью ПЭВМ).

РГР №4. Расчет устойчивости прямых сжатых стержней постоянного и переменного сечения при различных вариантах закрепления (ручной счет и с помощью ПЭВМ).

Рекомендации по самостоятельной работе студентов

На лекциях по дисциплине студентам сообщаются теоретические сведения по различным разделам курса прикладной механики в кораблестроении. Для закрепления пройденного материала, развития навыков инженерных расчётов и формирования более наглядных представлений о поведении конструкций под нагрузкой студентам предлагается выполнить ряд лабораторных работ и расчетно-графических работ. Методические указания по выполнению этих работ предоставляются в распоряжение студентов.

При выполнении расчётов необходимо строго следовать методическим указаниям, обращая внимание на соблюдение размерностей величин, входящих в формулы. Для правильной оценки получаемых результатов важно предварительно просматривать теоретический материал по теме.

Приложение 2



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Дальневосточный федеральный университет»

(ДФУ)

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине «Инженерные расчеты в кораблестроении»
Направление подготовки 26.03.02 «Кораблестроение, океанотехника и
системотехника объектов морской инфраструктуры»

профиль «Кораблестроение»

Форма подготовки очная

Владивосток

2016

Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-2 - способность использовать специализированные методики при проектировании объектов морской инфраструктуры	Знает	этапы разработки проектов судов и морских инженерных сооружений и общие принципы проектирования; принципы системного подхода к проектированию объектов морской техники; общие принципы конструкции и прочности судов; принципы обеспечения необходимых прочностных качеств корпуса судна при проектировании
	Умеет	использовать специализированные методики при проектировании объектов морской инфраструктуры
	Владеет	расчетными методами в сфере строительной механики корабля и теории проектирования судов

ПК-9 - способность использовать правила техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и нормы охраны труда, измерять и оценивать параметры производственного микроклимата, уровня запыленности и загазованности, шума и вибрации, освещенности рабочих мест	Знает	правила техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и нормы охраны труда
	Умеет	измерять и оценивать параметры производственного микроклимата, уровня запыленности и загазованности, шума и вибрации, освещенности рабочих мест в используемых лабораторных помещениях
	Владеет	способами оказания первой помощи при производственном травматизме

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Кинематический и статический анализ стержневых систем	ПК-2	знает	УО-1	
			умеет		
			владеет		
2	Методы определения усилий от неподвижной нагрузки	ПК-2	знает	УО-1	
		ПК-9	умеет		Защита ЛР
			владеет		
3	Методы определения усилий от подвижной нагрузки	ПК-2	знает	УО-1	
			умеет		
			владеет		

4	Расчет плоских ферм	ПК-9	знает	УО-1	
		ПК-2	умеет		Защита ЛР
			владеет		Прием РГР
5	Расчет техшарнирных систем	ПК-9	знает	УО-1	
		ПК-2	умеет		Защита ЛР
			владеет		
6	Определение перемещений и некоторые основные теоремы	ПК-9	знает	УО-1	
		ПК-2	умеет		Защита ЛР
			владеет		
7	Метод сил	ПК-2	знает	УО-1	
			умеет		
			владеет		
8	Метод перемещений	ПК-2	знает	УО-1	
			умеет		
			владеет		
9	Расчет неразрезной балки	ПК-9	знает	УО-1	
		ПК-2	умеет		Защита ЛР
			владеет		Прием РГР
10	Расчет статически неопределимой фермы	ПК-2	знает	УО-1	
			умеет		
			владеет		
11	Расчет статически неопределимых арок и висячих систем	ПК-9	знает	УО-1	
		ПК-2	умеет		Защита ЛР
			владеет		
12	Расчет пространственных систем	ПК-2	знает	УО-1	
			умеет		
			владеет		

13	Основы расчета стержневых систем по несущей способности	ПК-2	знает	УО-1	
			умеет		
			владеет		
14	Основные вариационные принципы и методы	ПК-2	знает	УО-1	
			умеет		
			владеет		Прием РГР
15	Основы метода конечного элемента (МКЭ)	ПК-2	знает	УО-1	
			умеет		
			владеет		
16	Методы исследования устойчивости упругих систем	ПК-2	знает	УО-1	
			умеет		
			владеет		
17	Устойчивость прямых сжатых стержней	ПК-9	знает	УО-1	
		ПК-2	умеет		Защита ЛР
			владеет		Прием РГР
18	Более сложные случаи исследования устойчивости сжатых стержней	ПК-2	знает	УО-1	
			умеет		
			владеет		
19	Устойчивость рам и арок	ПК-9	знает	УО-1	
		ПК-2	умеет		Защита ЛР
			владеет		
20	Основные понятия динамики стержневых систем	ПК-2	знает	УО-1	
			умеет		
			владеет		
21	Колебания систем с одной степенью свободы	ПК-9	знает	УО-1	
		ПК-2	умеет		Защита ЛР
			владеет		

22	Колебания систем с несколькими степенями свободы	ПК-2	знает	УО-1	
			умеет		
			владеет		
23	Колебания систем с бесконечно большим числом степеней свободы	ПК-2	знает	УО-1	
			умеет		
			владеет		
24	Некоторые приближенные методы в динамике сооружений	ПК-2	знает	УО-1	
			умеет		
			владеет		Экзамен

(УО-1 – собеседование)

Общие требования к результатам освоения дисциплины, типовые вопросы для экзамена и другие материалы, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложениях.

Текущий контроль осуществляется путём контроля посещаемости студентами занятий, оценки активности во время практических и лабораторных занятий. Обязательным является выполнение всех предусмотренных лабораторных работ и РГР. Проведение каких-либо специальных контрольных мероприятий (контрольная работа, опрос) возможно по решению ведущего преподавателя.

Во время экзамена и зачёта студент должен проявить знание теоретических основ расчётов прочности основных конструктивных элементов судового корпуса, понимание методов расчётов.

Критериями оценки студента на экзамене и зачёте служат как качество ответов на поставленные вопросы, так и его работа в течение семестра.

Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины

Для приёма экзаменов преподаватель готовит экзаменационные билеты по теоретическим разделам курса. Оценивание ответов студентов производится по установленным критериям. Система оценок – пятибалльная.

Оценочные средства для промежуточной аттестации

Вопросы для подготовки к экзамену

1. Предмет «Основы прочности инженерных сооружений». Цели и задачи курса.
2. Расчетные схемы сооружений. Классификация схем сооружений
3. Степень кинематической свободы системы. Формулы подсчета числа степеней свободы
4. Геометрически изменяемые, неизменяемые и мгновенно изменяемые системы. Закрепленные и незакрепленные системы. Степень изменяемости внутренней структуры
5. Правила формирования геометрически неизменяемых систем
6. Понятие и подсчет числа лишних связей. Статически определимые и неопределимые системы
7. Кинематический анализ расчетных схем сооружений
8. Расчет плоских рам на действие постоянной нагрузки
9. Классификация нагрузок в зависимости от времени действия
10. Многопролетная шарнирно-сочлененная (разрезная) балка: расчет на действие постоянной нагрузки
11. Теория Линий влияния. Понятие, построение, загрузка постоянной нагрузкой
12. Способы построения Линии влияния исследуемой величины в разрезных балках
13. Многопролетная шарнирно-сочлененная (разрезная) балка: расчет на действие временной нагрузки
14. Опасное положение временной нагрузки. Критический груз
15. Расчет разрезной балки на совместное действие постоянной и временной нагрузок
16. Плоские фермы. Их классификация. Шпренгельные фермы
17. Способы определения усилий в элементах фермы
18. Расчет плоской (простой) фермы на действие постоянной нагрузки
19. Расчет шпренгелей. Расчет шпренгельных ферм на действие постоянной нагрузки
20. Построение Линий влияния в плоских фермах
21. Расчет плоских ферм на действие временной нагрузки

22. Расчет плоских ферм на действие постоянной и временной нагрузок
23. Трехшарнирные Арки и Рамы арочного типа. Их классификация
24. Расчет арок на действие постоянной нагрузки
25. Построение Линий влияния в арках
26. Расчет арок на совместное действие постоянной и временной нагрузок
27. Основные теоремы основ прочности
28. Определение перемещений методом Мора
29. Правило Верещагина. Универсальные формулы сопряжения эпюр внутренних усилий
30. Матричная форма определения перемещений
31. Формула П.Л. Чебышева
32. Вычисление числа степеней свободы для плоских ферм
33. Вычисление числа степеней свободы для пространственных ферм
34. Вычисление числа лишних связей плоской схемы
35. Понятие геометрически изменяемой системы
36. Понятие геометрически неизменяемой системы
37. Понятие мгновенно изменяемой системы
38. Незакрепленные системы
39. Вычисление степени неизменяемости внутренней структуры
40. Формирование поэтажной схемы разрезной балки
41. Вычисление опорных реакций по эпюрам внутренних усилий для плоской рамы и разрезной балки
42. Классификация нагрузок. Постоянная и временная нагрузки
43. Расчет рам арочного типа на действие постоянной нагрузки
44. Расчет рам арочного типа на действие временной нагрузки
45. Построение линий влияния в рамах арочного типа
46. Расчет и построение линий влияния в одноярусном шпренгеле
47. Расчет и построение линий влияния в двухярусном шпренгеле
48. Классификация элементов шпренгельных ферм
49. Понятия перемещений. Работа внешних сил
50. Понятие возможной работы. Возможные перемещения
51. Теорема Максвелла о взаимности удельных перемещений
52. Работа внутренних сил. Потенциальная энергия деформации системы
53. Общая формула для определения перемещений от внешней нагрузки (Мора-Максвелла)
54. Определение перемещений в плоских фермах
55. Определение перемещений в плоских рамах
56. Определение перемещений при изменении температуры
57. Определение перемещений от осадки опор

58. Вывод матриц податливости при действии узловой и равномерно распределенной нагрузок
59. Формирование матриц влияния моментов
60. Формирование матрицы податливости для плоской рамы