



**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»**
(ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)

Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства
имени А.Н. Костякова
Кафедра Инженерных конструкций

УТВЕРЖДАЮ:

И. о. директора института мелиорации,
водного хозяйства и строительства имени
А.Н. Костякова



Бенин Д.М.

« 23 » 06 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.О.19. СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА**

для подготовки специалистов

ФГОС ВО

Специальность: 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений»

Специализация: «Строительство гидротехнических сооружений повышенной ответственности»

Курс 3 и 4

Семестры 5, 6 и 7

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2019

Регистрационный номер _____

Москва, 2020

Разработчики: Ксенофонтова Т.К., канд. техн. наук, доцент



Баутдинов Д.Т., канд. техн. наук, доцент



«10» 02 2020 г.

Рецензент: Журавлева А.Г., канд. техн. наук, доцент



«17» 02 2020 г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО, по специальности подготовки 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений» и учебного плана

Программа обсуждена на заседании кафедры Инженерных конструкций протокол № 10 от «26» 02 2020 г.

Зав. кафедрой Инженерных конструкций
Чумичева М.М., канд. техн. наук, доцент



«26» 02 2020 г.

Согласовано:

Председатель учебно-методической комиссии института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова


Бакштанин А.М., канд. техн. наук, доцент



«19» 02 2020 г.

Заведующий выпускающей кафедрой Гидротехнических сооружений

Ханов Н.В., докт. техн. наук, профессор



«28» 02 2020 г.

Главный библиотекарь отдела обслуживания института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова

Чубарова Г.П.



Бумажный экземпляр РПД, копии электронных вариантов РПД и оценочных материалов получены:

Методический отдел УМУ

«__» ____ 201_г

СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ	4
1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ	5
3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	5
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	5
4.1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ.....	5
4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	7
4.3. ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ	9
5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	15
6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	16
6.1. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	16
6.2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ	20
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	20
7.1. ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА	20
7.2. ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА	20
7.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ ..	21
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	21
9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ	21
10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	21
11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	22
12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	22

Аннотация

рабочей программы учебной дисциплины Б1.О.19 «Строительная механика» для подготовки специалиста по специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений» специализация «Строительство гидротехнических сооружений повышенной ответственности»

Цель освоения дисциплины: освоение студентом знаний и умений, необходимых для решения задач, возникающих при проектировании, строительстве зданий и сооружений, в соответствии с компетенциями по дисциплине: **УК-2 с индикатором УК-2.1, ОПК-1 с индикаторами ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-3 с индикатором ОПК-3.2, ОПК-6 с индикатором ОПК-6.5.**

Место дисциплины в учебном плане: цикл дисциплин **Б1.О.19**, обязательная часть, дисциплина осваивается в 5, 6 и 7 семестрах.

Требования к результатам освоения дисциплины: в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции: **УК-2 с индикатором УК-2.1, ОПК-1 с индикаторами ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-3 с индикатором ОПК-3.2, ОПК-6 с индикатором ОПК-6.5.**

Краткое содержание дисциплины: при изучении данной дисциплины студенты учатся использованию расчетных достижений в строительстве. В курсе «Строительная механика» рассматривается расчет статически определимых и статически неопределимых стержневых конструкций.

Колебания систем с одной степенью свободы. Характерные виды динамических воздействий на сооружения. Число степеней свободы системы. Уравнение движения системы с одной степенью свободы с учетом сил сопротивления по гипотезе Фойгта. Свободные колебания. Гармонические вынужденные колебания. Резонанс. Интеграл Дюамеля. Удар. Колебания систем с конечным числом степеней свободы. Колебания систем с бесконечным числом степеней свободы. Параметрические колебания. Устойчивость сооружений. Определение критических нагрузок. Виды потери устойчивости деформируемых систем. Основные критерии исследования устойчивости: статический, энергетический и динамический. Устойчивость прямых сжатых стержней. Дифференциальное уравнение изгиба сжато-изогнутого стержня и его интеграл. Расчет рам на устойчивость методом перемещений. Вариационные методы в задачах динамики и устойчивости.

Общая трудоемкость дисциплины составляет: 16 зачетных единиц: 4 зачетных единицы (144 часа) в 5 семестре, 6 зачетных единиц (216 часов) в 6 семестре и 6 зачетных единиц (216 часов) в 7 семестре.

Итоговый контроль по дисциплине: зачет с оценкой 5 семестр, экзамены в 6 и 7 семестре.

1. Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Строительная механика» является освоение студентом знаний и умений, необходимых для решения задач, возникающих при проектировании, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений, а также формирование общей культуры принятия решений. Задачами дисциплины «Строительная механика» являются: дать научно-обоснованные сведения о расчете и конструировании элементов конструкций зданий и сооружений;

научить студентов проектировать технически целесообразные конструкции, отвечающие требованиям прочности, жесткости, долговечности и т.д.; формировать навыки самообразования и самосовершенствования.

Дисциплина является важным элементом общенаучного цикла в его обязательной части. Студенты должны обладать знаниями в области естественнонаучных, общетехнических и профессиональных дисциплин, умениями в области проектирования строительных конструкций, быть компетентными в объеме использования естественнонаучных дисциплин в своей профессиональной деятельности. Знание основ современных методов расчета инженерных конструкций, умение применять их при проектировании инженерных сооружений, обладание компетенциями в общетехнической и культурных областях, полученные в результате изучения данной дисциплины, даст возможность студенту применять их при изучении всех последующих предметов профессионального цикла. Проверка знаний и умений студентов в процессе изучения дисциплины «Строительная механика» проводится на занятиях при непосредственном контакте с каждым студентом, при выполнении ими индивидуальных заданий, в ходе сдачи зачета и экзаменов по дисциплине.

2. Место дисциплины в учебном процессе

Дисциплина «Строительная механика» включена в обязательный перечень ФГОС ВО дисциплин. Дисциплина «Строительная механика» реализуется в соответствии с требованиями ФГОС ВО, ОПОП ВО и Учебного плана по специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений», специализация «Строительство гидротехнических сооружений повышенной ответственности». Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Строительная механика» являются «Теоретическая механика», «Математика», «Сопротивление материалов. Основы теории упругости и пластичности». Дисциплина «Строительная механика» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Металлические конструкции, включая сварку», «Железобетонные и каменные конструкции (общий курс)», «Механика грунтов, основания и фундаменты сооружений», «Гидротехнические сооружения водного транспорта», «Гидротехнические сооружения высокой ответственности» и др.

Особенностью дисциплины является изучение студентами современных методов проектирования сооружений.

Рабочая программа дисциплины **Б1.О.19** «Строительная механика» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся компетенций, представленных в таблице 1.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 16 зач. ед. (144+216+216 часов) в 5, 6 и 7 семестрах, их распределение по видам работ в семестре представлено в таблице 2.

Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетенций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
1.	УК–2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	УК–2.1. Формулирование цели, задач, значимости, ожидаемых результатов проекта.	основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности.	применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования.	методами математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования и основными законами естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности.
2.	ОПК–1	Способен решать прикладные задачи строительной отрасли, используя теорию и методы фундаментальных наук.	ОПК-1.2. Выбор базовых физических и химических законов для решения задач профессиональной деятельности.	основные положения современных норм проектирования строительных конструкций, методы моделирования и основы расчета строительных конструкций с помощью современных программных комплексов	самостоятельно выполнять расчеты строительных конструкций с использованием ПК, на основе современных норм проектирования, получать проектные решения	информацией о современных нормах проектирования и методах расчета строительных конструкций, методах их моделирования с помощью современных программных комплексов
3.	ОПК–1	Способен решать прикладные задачи строительной отрасли, используя теорию и методы фундаментальных наук.	ОПК-1.3. Решения инженерных задач с помощью математического аппарата.	принципы анализа результатов расчета строительных конструкций с использованием современных программных комплексов	на базе полученных знаний самостоятельно осваивать методы расчетов строительных конструкций с использованием компьютерных технологий	сведениями по применению результатов расчета строительных конструкций в строительной практике
4.	ОПК–3	Способен принимать решения в профессиональной деятельности, используя теоретические основы, нормативно-правовую базу, практический опыт капитального строительства, а также знания о современном уровне его развития.	ОПК-3.2. Выбор способа или методики решения задачи профессиональной деятельности на основе нормативно-технической документации и знания проблем отрасли, опыта их решения.	методы моделирования и основы расчета строительных конструкций с помощью современных программных комплексов	выполнять расчеты строительных конструкций для расчетного обоснования проектных решений объектов промышленного и гражданского строительства.	Способностью осуществлять и контролировать выполнение расчетного обоснования строительства объектов гидротехнического строительства.

5.	ОПК–6	Способен осуществлять и организовывать разработку проектов зданий и сооружений с учетом экономических, экологических и социальных требований и требований безопасности, способен выполнять технико-экономическое обоснование проектных решений зданий и сооружений, осуществлять техническую экспертизу проектов и авторский надзор за их соблюдением	ОПК-6.5. Составление расчетной схемы здания (сооружения) и оценка условий их работы.	принципы расчета строительных конструкций с использованием метода конечных элементов (МКЭ).	на базе полученных знаний самостоятельно осваивать методы расчетов строительных конструкций с использованием компьютерных технологий	сведениями по развитию строительной науки и расчету строительных конструкций с использованием ПК.
----	-------	---	--	---	--	---

ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 2

Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоёмкость			
	час.	В т.ч. по семестрам		
		№5	№6	№7
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	576	144	216	216
1. Контактная работа:	213,15	32,35	82,4	98,4
Аудиторная работа	213,15	32,35	82,4	98,4
<i>в том числе:</i>				
<i>лекции (Л)</i>	80	16	32	32
<i>практические занятия (ПЗ)</i>	96	16	48	32
<i>лабораторные занятия (ЛЗ)</i>	32			32
<i>консультации перед экзаменом</i>	4		2	2
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	1,15	0,35	0,4	0,4
2. Самостоятельная работа (СРС)	362,85	111,65	133,6	117,6
<i>Контрольная работа</i>	10,65	2,65	4	4
<i>самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т.д.)</i>	294	100	105	89
<i>Подготовка к экзамену (контроль)</i>	49,2		24,6	24,6
<i>Подготовка к зачёту (контроль)</i>	9	9		
Вид промежуточного контроля:	5 семестр – зачет с оценкой; 6 семестр – экзамен; 7 семестр – экзамен			

4.2 Содержание дисциплины

ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 3

Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнённо)	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа, СР
		Л	ПЗ	ЛЗ	ПКР	
Раздел 1 «Определение перемещений в стержневых конструкциях по методу Мора»	41	6	6			33
Раздел 2 «Расчет статически определимых стержневых конструкций»	46	6	6			34
Раздел 3 «Линии влияния в статически определимых стержневых конструкциях»	45	4	4			33

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнённо)	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа, СР
		Л	ПЗ	ЛЗ	ПКР	
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,35				0,35	
<i>Контрольная работа</i>	2,65					2,65
<i>Зачет с оценкой (контроль)</i>	9					9
Всего за 5 семестр	144	16	16		0,35	111,65
Раздел 4. Расчет статически неопределимых стержневых систем методом сил	37	8	14			21
Раздел 5. Расчет статически неопределимых систем методом перемещений	37	6	12			21
Раздел 6. Расчет статически неопределимых систем смешанным и комбинированным методами.	37	4	10		...	21
Раздел 7. Предельное равновесие деформируемых систем	35	6	6			21
Раздел 8. Метод конечных элементов (МКЭ) при расчете конструкций	39	8	6			21
<i>Контрольная работа</i>	4					4
<i>консультации перед экзаменом</i>	2				2	
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,4				0,4	
<i>Подготовка к экзамену (контроль)</i>	24,6					24,6
Всего за 6 семестр	216	32	48		2,4	133,6
Раздел 9. Колебания систем с одной степенью свободы	28	6	6	6		10
Раздел 10. Колебания систем с конечным числом степеней свободы	38	6	6	6		20
Раздел 11. Колебания систем с бесконечным числом степеней свободы	32	4	4	4		20
Раздел 12. Параметрические колебания	22	4	4	4		10
Раздел 13. Устойчивость стержней	22	4	4	4		10
Раздел 14. Устойчивость стержневых систем	22	4	4	4		10
Раздел 15. Вариационные методы в динамике и устойчивости сооружений	25	4	4	4		13
<i>Контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,4				0,4	
<i>Консультации перед экзаменом</i>	2				2	
<i>Подготовка к экзамену (контроль)</i>	24,6					24,6
Всего за 7 семестр	216	32	32	32	2,4	117,6
Итого по дисциплине	576	80	96	32	5,15	362,85

5 СЕМЕСТР

Раздел 1. Определение перемещений в стержневых конструкциях по методу Мора

Тема 1. Работа внешних сил. Потенциальная энергия деформации. Теоремы Бетти и Максвелла.

Тема 2. Формула Мора для определения перемещений. Правило Верещагина.

Тема 3. Определение перемещений при тепловых воздействиях и осадке опор.

Раздел 2. Расчет статически определимых стержневых конструкций

Тема 4. Кинематический анализ плоских стержневых систем.

Тема 5. Многопролетные статически определимые балки и рамы с промежуточными шарнирами.

Тема 6. Трехшарнирные стержневые системы.

Тема 7. Основные типы и конструкции статически определимых ферм.

Раздел 3. Линии влияния в статически определимых стержневых конструкциях

Тема 8. Линии влияния в балках.

6 СЕМЕСТР

Раздел 4. Расчет статически неопределимых стержневых систем методом сил

Тема 9. Основные положения расчета методом сил статически неопределимых стержневых систем.

Тема 10. Расчет рам методом сил. Использование симметрии. Упругий центр рамы.

Тема 11. Расчет статически неопределимых стержневых систем на действие температуры и смещение опор.

Тема 12. Неразрезные балки. Уравнения трех моментов, Метод фокусов. Расчет неразрезных балок на смещение опор.

Тема 13. Статически неопределимые арки и фермы.

Раздел 5. Расчет статически неопределимых систем методом перемещений

Тема 14. Расчет статически неопределимых стержневых систем на внешние нагрузки методом перемещений.

Тема 15. Расчет статически неопределимых стержневых систем на действие температуры и смещение опор методом перемещений.

Раздел 6. Расчет статически неопределимых систем смешанным и комбинированным методами

Тема 16. Расчет статически неопределимых рам смешанным методом.

Тема 17. Расчет статически неопределимых рам комбинированным методом.

Раздел 7. Предельное равновесие деформируемых систем

Тема 18. Предельное равновесие изгибаемых балок, рам и пластин. Общие понятия.

Раздел 8. Метод конечных элементов (МКЭ) при расчете конструкций

Тема 19. Общие сведения о методе конечных элементов. Матрица жесткости конечного элемента. Местная и глобальная системы координат. Библиотека конечных элементов.

7 СЕМЕСТР

Раздел 9. Колебания систем с одной степенью свободы

Тема 20. Свободные колебания систем с одной степенью свободы.

Степень свободы динамической системы. Свободные колебания системы с конечным числом степеней свободы с учетом сил сопротивления. Свободные колебания системы с одной степенью свободы без учета сил сопротивления. Определение собственной частоты и периода собственных колебаний.

Тема 21. Вынужденные колебания систем с одной степенью свободы.

Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы с учетом сил сопротивления. Динамический коэффициент. Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы без учета сил сопротивления. Динамический коэффициент. График зависимости динамического коэффициента от отношения частот вынужденных и собственных колебаний. Явление резонанса.

Тема 22. Ударное действие нагрузки

Продольный удар по стержню. Поперечный удар.

Раздел 10. Колебания систем с конечным числом степеней свободы

Тема 23. Свободные колебания систем с конечным числом степеней свободы.

Свободные колебания системы с конечным числом степеней свободы без учета сил сопротивления. Свойства собственных векторов. Силы инерции при собственных колебаниях.

Тема 24. Вынужденные колебания системы с конечным числом степеней свободы.

Вынужденные колебания системы с конечным числом степеней свободы. Силы инерции. Амплитудно-частотные характеристики. Резонанс и антирезонанс. Динамический расчет плоской рамы.

Раздел 11. Колебания систем с бесконечным числом степеней свободы

Тема 25. Свободные колебания систем с бесконечным числом степеней свободы.

Системы с распределенными параметрами. Уравнение движения. Метод Фурье решения дифференциальных уравнений математической физики. Свободные колебания балок с распределенными параметрами. Собственные частоты и собственные формы.

Тема 26. Вынужденные колебания систем с бесконечным числом степеней свободы.

Вынужденные колебания систем с распределенными параметрами. Уравнение движения. Метод Фурье. Вынужденные колебания систем с распределенными параметрами. Амплитудно-частотные характеристики.

Раздел 12. Параметрические колебания.

Тема 27. Параметрические колебания стержневых систем.

Параметрические колебания. Основные понятия. Уравнение Матье-Хилла. Устойчивое и неустойчивое решение. Диаграмма Айнса-Стретта.

Раздел 13. Устойчивость стержней.

Тема 28. Критерии неустойчивости

Статический критерий Динамический критерий. Энергетический критерий.

Тема 29. Общее уравнение возмущенного стержня

Вывод общего уравнения возмущенного стержня. Критическая сила в прямом стержне при различных закреплениях концов стержня.

Раздел 14. Устойчивость стержневых систем.

Тема 30. Универсальное уравнение сжато-изогнутого стержня.

Вывод универсального уравнения. Реакции на концах стержня при различных закреплениях концов стержня.

Тема 31. Метод перемещений в задачах устойчивости.

Основная система. Канонические уравнения. Определение критического параметра нагрузки.

Раздел 15. Вариационные методы в динамике и устойчивости сооружений.

Тема 32. Вариационные методы в динамике сооружений.

Понятие функционала. Функционал полной энергии. Метод Ритца в динамике сооружений. Метод конечных элементов в форме метода Ритца.

Тема 33. Вариационные методы в устойчивости сооружений.

Функционал полной энергии. Метод Ритца в устойчивости сооружений.

4.3 Лекции, практические и лабораторные занятия

Таблица 4

Содержание лекций, практических занятий и контрольные мероприятия

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций, практических занятий	Формируемые компетенции и индикаторы	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
Раздел 1. Определение перемещений в стержневых конструкциях по методу Мора					
	Тема 1. Работа внешних сил. Потенциальная энергия деформации. Теоремы Бетти и Максвелла.	<u>Лекция № 1.</u> Работа внешних сил. Потенциальная энергия деформации. Теоремы Бетти и Максвелла.	УК–2 (УК–2.1)	Устный опрос	2
	Тема 2. Формула Мора для определения перемещений. Правило Верещагина.	<u>Лекция № 2.</u> Вывод формулы Мора. Правило Верещагина. <u>Практическое занятие №1-2.</u> Решение задач по определению перемещений.	УК–2 (УК–2.1)	Устный опрос	2 4

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций, практических занятий	Формируемые компетенции и индикаторы	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
	Тема 3. Определение перемещений при тепловых воздействиях и осадке опор.	<u>Лекция № 3.</u> Определение перемещений при тепловых воздействиях и осадке опор. <u>Практическое занятие №3.</u> Определение перемещений при тепловых воздействиях и осадке опор.	УК–2 (УК–2.1)	Устный опрос	2 2
Раздел 2. Расчет статически определимых стержневых конструкций					
	Тема 4. Кинематический анализ плоских стержневых систем.	<u>Лекция № 4.</u> Кинематический анализ плоских стержневых систем.	ОПК-1 (ОПК-1.2)	Устный опрос	2
	Тема 5. Многопролетные статически определимые балки и рамы с промежуточными шарнирами.	<u>Практическое занятие №4.</u> Многопролетные статически определимые балки и рамы с промежуточными шарнирами.	ОПК-1 (ОПК-1.2)	Устный опрос	2
	Тема 6. Трехшарнирные стержневые системы.	<u>Лекция № 5.</u> Трехшарнирные стержневые системы. <u>Практическое занятие № 5.</u> Решение задач на трехшарнирные рамные системы. <u>Практическое занятие № 6.</u> Расчет трехшарнирных арок.	ОПК-1 (ОПК-1.2)	Устный опрос	2 2 2
	Тема 7. Основные типы и конструкции статически определимых ферм.	<u>Лекция № 6.</u> Основные типы и конструкции статически определимых ферм.	ОПК-1 (ОПК-1.2)	Устный опрос	2
Раздел 3. Линии влияния в статически определимых стержневых конструкциях					
	Тема 8. Линии влияния в балках	<u>Лекция № 7.</u> Понятие о линиях влияния. Линии влияния в простых балках. <u>Лекция № 8.</u> Линии влияния в многопролетных статически определимых балках. <u>Практическое занятие № 7-8.</u> Решение задач на построение линий влияния в балках.	ОПК-1 (ОПК-1.3)	Устный опрос	2 2 4
Раздел 4. Расчет статически неопределимых стержневых систем методом сил					
	Тема 9. Основные положения расчета методом сил статически неопределимых стержневых систем.	<u>Лекция № 9-10.</u> Основные положения расчета методом сил статически неопределимых стержневых систем.	ОПК-3 (ОПК-3.2)	Устный опрос	4

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций, практических занятий	Формируемые компетенции и индикаторы	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
	Тема 10. Расчет рам методом сил. Использование симметрии. Упругий центр рамы.	<u>Практическое занятие №9-11.</u> Решение задач на метод сил на внешнюю нагрузку.	ОПК-3 (ОПК-3.2)	Устный опрос	6
	Тема 11. Расчет статически неопределимых стержневых систем на действие температуры и смещение опор.	<u>Практическое занятие № 12-13.</u> Расчет статически неопределимых стержневых систем на действие температуры и смещение опор.	ОПК-3 (ОПК-3.2)	Устный опрос	4
	Тема 12. Неразрезные балки. Уравнения трех моментов, Метод фокусов. Расчет неразрезных балок на смещение опор.	<u>Лекция № 11.</u> Неразрезные балки. Уравнения трех моментов, Метод фокусов. <u>Практическое занятие № 14-15.</u> Расчет неразрезных балок на внешнюю нагрузку. Расчет неразрезных балок на смещение опор.	ОПК-3 (ОПК-3.2)	Устный опрос	2 4
	Тема 13. Статически неопределимые арки и фермы.	<u>Лекция № 12.</u> Статически неопределимые арки и фермы.	ОПК-3 (ОПК-3.2)	Устный опрос	2
Раздел 5. Расчет статически неопределимых систем методом перемещений					
	Тема 14. Расчет статически неопределимых стержневых систем на внешние нагрузки методом перемещений.	<u>Лекция № 13.</u> Основные понятия метода перемещений. Степень кинематической неопределимости, основная система. Канонические уравнения метода перемещений. <u>Практические занятия №16-17.</u> Решение задач с использованием метода перемещений. <u>Лекция № 14.</u> Выбор основной системы метода перемещений для симметричных стержневых систем. <u>Практическое занятие № 18-19.</u> Решение задач методом перемещений для симметричных стержневых систем.	ОПК-6 (ОПК-6.5)	Устный опрос	2 4 2 4

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций, практических занятий	Формируемые компетенции и индикаторы	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
	Тема 15. Расчет статически неопределимых стержневых систем на действие температуры и смещение опор методом перемещений.	<u>Лекция № 15.</u> Расчет статически неопределимых стержневых систем на действие температуры и смещение опор.	ОПК-6 (ОПК-6.5)	Устный опрос	2
		<u>Практическое занятие № 20-21.</u> Расчет статически неопределимых стержневых систем на действие температуры и смещение опор.			4
Раздел 6. Расчет статически неопределимых систем смешанным и комбинированным методами					
	Тема 16. Расчет статически неопределимых рам смешанным методом.	<u>Лекция № 16.</u> Основные положения расчета смешанным методом.	ОПК-3 (ОПК-3.2)	Устный опрос	2
		<u>Практическое занятие № 22-24.</u> Расчет рам смешанным методом.			6
	Тема 17. Расчет статически неопределимых рам комбинированным методом.	<u>Лекция № 17.</u> Основные положения расчета комбинированным методом.	ОПК-3 (ОПК-3.2)	Устный опрос	2
		<u>Практическое занятие №25-26.</u> Расчет рам комбинированным методом.			4
Раздел 7. Предельное равновесие деформируемых систем					
	Тема 18. Предельное равновесие изгибаемых балок, рам и пластин.	<u>Лекция № 18-20.</u> Основные понятия о предельном равновесии балок, рам и пластин.	ОПК-1 (ОПК-1.3)	Устный опрос	6
		<u>Практическое занятие № 27-29.</u> Расчет по предельному равновесию балок и рам.			6
Раздел 8. Метод конечных элементов (МКЭ) при расчете конструкций					
	Тема 19. Общие сведения о методе конечных элементов. Матрица жесткости конечного элемента. Местная и глобальная системы координат. Библиотека конечных элементов.	<u>Лекция № 21-24.</u> Общие сведения о методе конечных элементов. Матрица жесткости конечного элемента и системы. Местная и глобальная системы координат. Библиотека конечных элементов.	ОПК-1 (ОПК-1.2)	Устный опрос	6
		<u>Практическое занятие №30-32.</u> Расчет конструкции методом конечных элементов с использованием ПК «ЛИРА-САПР».			6

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций, практических занятий	Формируемые компетенции и индикаторы	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
Раздел 9. Колебания систем с одной степенью свободы					
	Тема 20. Свободные колебания систем с одной степенью свободы.	<u>Лекция № 25.</u> Степень свободы динамической системы. Свободные колебания системы с конечным числом степеней свободы с учетом сил сопротивления.	ОПК-1 (ОПК-1.2) (ОПК-1.3) ОПК-3 (ОПК-3.2) ОПК-6 (ОПК-6.5)	Устный опрос	2
		<u>Практическое занятие №33</u> Степень свободы динамической системы. Свободные колебания системы с конечным числом степеней свободы с учетом сил сопротивления.			2
		<u>Лабораторная работа №1</u> Свободные колебания системы с конечным числом степеней свободы с учетом сил сопротивления. Определение собственной частоты и периода собственных колебаний.			2
	Тема 21. Вынужденные колебания систем с одной степенью свободы.	<u>Лекция № 26.</u> Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы с учетом сил сопротивления. Динамический коэффициент.	ОПК-1 (ОПК-1.2) (ОПК-1.3) ОПК-3 (ОПК-3.2) ОПК-6 (ОПК-6.5)	Устный опрос	2
		<u>Практическое занятие №34</u> Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы без учета сил сопротивления. Динамический коэффициент.			2
	Тема 22. Ударное действие нагрузки	<u>Лабораторная работа №2</u> График зависимости динамического коэффициента от отношения частот вынужденных и собственных колебаний. Явление резонанса.	ОПК-1 (ОПК-1.2) (ОПК-1.3) ОПК-3 (ОПК-3.2) ОПК-6 (ОПК-6.5)	Устный опрос	2
		<u>Лекция № 27.</u> Ударное действие нагрузки Динамический коэффициент.			2
		<u>Практическое занятие №35</u> Продольный удар по стержню. Динамический коэффициент.			2
		<u>Лабораторная работа №3</u> Поперечный удар. Демпфирование.	ОПК-1 (ОПК-1.2) (ОПК-1.3) ОПК-3 (ОПК-3.2) ОПК-6 (ОПК-6.5)	Устный опрос	2
					2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций, практических занятий	Формируемые компетенции и индикаторы	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
Раздел 10. Колебания систем с конечным числом степеней свободы					
	Тема 23. Свободные колебания систем с конечным числом степеней свободы.	<u>Лекция № 28.</u> Свободные колебания систем с конечным числом степеней свободы.	ОПК-1 (ОПК-1.2) (ОПК-1.3) ОПК-3 (ОПК-3.2) ОПК-6 (ОПК-6.5)	Устный опрос	2
		<u>Практическое занятие №36</u> Свободные колебания системы с конечным числом степеней свободы без учета сил сопротивления. Свойства собственных векторов. Силы инерции при собственных колебаниях.			2
		<u>Лабораторная работа №4</u> Свободные колебания системы с конечным числом степеней свободы без учета сил сопротивления.			2
	Тема 24. Вынужденные колебания системы с конечным числом степеней свободы.	<u>Лекция № 29-30.</u> Вынужденные колебания системы с конечным числом степеней свободы. Силы инерции. Амплитудно-частотные характеристики. Резонанс и антирезонанс.	ОПК-1 (ОПК-1.2) (ОПК-1.3) ОПК-3 (ОПК-3.2) ОПК-6 (ОПК-6.5)	Устный опрос	4
		<u>Практическое занятие №37-38</u> Динамический расчет плоской рамы.			4
		<u>Лабораторная работа №5-6</u> Вынужденные колебания системы с конечным числом степеней свободы. Силы инерции. Амплитудно-частотные характеристики. Резонанс и антирезонанс.			4
Раздел 11. Колебания систем с бесконечным числом степеней свободы					
	Тема 25. Свободные колебания систем с бесконечным числом степеней свободы.	<u>Лекция № 31.</u> Свободные колебания систем с бесконечным числом степеней свободы.	ОПК-1 (ОПК-1.2) (ОПК-1.3) ОПК-3 (ОПК-3.2) ОПК-6 (ОПК-6.5)	Устный опрос	2
		<u>Практическое занятие №39</u> Системы с распределенными параметрами. Уравнение движения. Метод Фурье решения дифференциальных уравнений математической физики			2
		<u>Лабораторная работа №7</u> Свободные колебания балок с распределенными параметрами. Собственные частоты и собственные формы.			2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций, практических занятий	Формируемые компетенции и индикаторы	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
	Тема 26. Вынужденные колебания систем с бесконечным числом степеней свободы.	<u>Лекция № 32.</u> Вынужденные колебания систем с бесконечным числом степеней свободы. Резонанс.	ОПК-1 (ОПК-1.2) (ОПК-1.3) ОПК-3 (ОПК-3.2) ОПК-6 (ОПК-6.5)	Устный опрос	2
<u>Практическое занятие №40</u> Уравнение движения. Метод Фурье.		2			
<u>Лабораторная работа №8</u> Вынужденные колебания систем с распределенными параметрами. Амплитудно-частотные характеристики Резонанс.		2			
Раздел 12. Параметрические колебания.					
	Тема 27. Параметрические колебания стержневых систем.	<u>Лекция № 33-34.</u> Параметрические колебания. Основные понятия. Устойчивое и неустойчивое решение. Диаграмма Айнса-Стретта	ОПК-1 (ОПК-1.2) (ОПК-1.3) ОПК-3 (ОПК-3.2) ОПК-6 (ОПК-6.5)	Устный опрос	4
<u>Практическое занятие № 41-42</u> Параметрические колебания. Уравнение Матье-Хилла. Примеры.		4			
<u>Лабораторная работа № 9-10</u> Параметрические колебания. Устойчивое и неустойчивое решение. Диаграмма Айнса-Стретта.		4			
Раздел 13. Устойчивость стержней.					
	Тема 28. Критерии неустойчивости	<u>Лекция № 35.</u> Критерии неустойчивости. Статический критерий. Динамический критерий. Энергетический критерий.	ОПК-1 (ОПК-1.2) (ОПК-1.3) ОПК-3 (ОПК-3.2) ОПК-6 (ОПК-6.5)	Устный опрос	2
<u>Практическое занятие № 43</u> Критерии неустойчивости. Статический критерий. Энергетический критерий.		2			
<u>Лабораторная работа № 11</u> Критерии неустойчивости. Динамический критерий.		2			
	Тема 29. Общее уравнение возмущенного стержня	<u>Лекция № 36.</u> Вывод общего уравнения возмущенного стержня.	ОПК-1 (ОПК-1.2) (ОПК-1.3) ОПК-3 (ОПК-3.2) ОПК-6 (ОПК-6.5)	Устный опрос	2
<u>Практическое занятие № 44</u> Критическая сила в прямом стержне при различных закреплениях концов стержня.		2			
<u>Лабораторная работа № 12</u> Критическая сила в прямом стержне при различных закреплениях концов стержня.		2			

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций, практических занятий	Формируемые компетенции и индикаторы	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
Раздел 14. Устойчивость стержневых систем.					
	Тема 30. Универсальное уравнение сжато-изогнутого стержня.	<u>Лекция № 37.</u> Универсальное уравнение сжато-изогнутого стержня. Вывод универсального уравнения.	ОПК-1 (ОПК-1.2) (ОПК-1.3) ОПК-3 (ОПК-3.2) ОПК-6 (ОПК-6.5)	Устный опрос	2
		<u>Практическое занятие № 45</u> Реакции на концах стержня при различных закреплениях концов стержня.			2
		<u>Лабораторная работа № 13</u> Реакции на концах стержня при различных закреплениях концов стержня.			2
	Тема 31. Метод перемещений в задачах устойчивости.	<u>Лекция № 38.</u> Основная система. Канонические уравнения. Определение критического параметра нагрузки.	ОПК-1 (ОПК-1.2) (ОПК-1.3) ОПК-3 (ОПК-3.2) ОПК-6 (ОПК-6.5)	Устный опрос	2
		<u>Практическое занятие № 46</u> Расчет рамы на устойчивость.			2
		<u>Лабораторная работа № 14</u> Определение критического параметра нагрузки.			2
Раздел 15. Вариационные методы в динамике и устойчивости сооружений.					
	Тема 32. Вариационные методы в динамике сооружений.	<u>Лекция № 39.</u> Вариационные методы в динамике сооружений. Понятие функционала. Функционал полной энергии. Метод Ритца в динамике сооружений.	ОПК-1 (ОПК-1.2) (ОПК-1.3) ОПК-3 (ОПК-3.2) ОПК-6 (ОПК-6.5)	Устный опрос	2
		<u>Практическое занятие № 47</u> Функционал полной энергии. Метод Ритца в динамике сооружений.			2
		<u>Лабораторная работа № 15</u> Метод конечных элементов в форме метода Ритца.			2
	Тема 33. Вариационные методы в устойчивости сооружений	<u>Лекция № 40.</u> Вариационные методы в устойчивости сооружений. Функционал полной энергии. Метод Ритца в устойчивости сооружений	ОПК-1 (ОПК-1.2) (ОПК-1.3) ОПК-3 (ОПК-3.2) ОПК-6 (ОПК-6.5)	Устный опрос	2
		<u>Практическое занятие № 48</u> Функционал полной энергии. Метод Ритца в устойчивости сооружений.			2
		<u>Лабораторная работа № 16</u> Функционал полной энергии. Метод Ритца в устойчивости сооружений			2

Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
Раздел 1. Определение перемещений в стержневых конструкциях по методу Мора		
1.	Тема 1	1. Работа внешних сил. Потенциальная энергия деформации. (УК–2.1) 2. Теоремы Бетти и Максвелла (УК–2.1).
2.	Тема 2	Вывод формулы Мора. Правило Верещагина. (УК–2.1)
3.	Тема 3	Определение перемещений при тепловых воздействиях и осадке опор (УК–2.1).
Раздел 2. Расчет статически определимых стержневых конструкций		
4.	Тема 4	Кинематический анализ плоских стержневых систем. (ОПК-1.2).
5	Тема 5	1. Многопролетные статически определимые балки 2. Статически определимые рамы с промежуточными шарнирами (ОПК-1.2).
6.	Тема 6	Трехшарнирные стержневые системы (ОПК-1.2).
7.	Тема 7	Основные типы и конструкции статически определимых ферм (ОПК-1.2).
Раздел 3. Линии влияния с статически определимых стержневых конструкций		
8.	Тема 8	1. Линии влияния в однопролетных балках (ОПК-1.3). 2. Линии влияния в многопролетных статически определимых балках (ОПК-1.3).
Раздел 4. Расчет статически неопределимых стержневых систем методом сил		
9.	Тема 9	1. Анализ статической неопределимости. (ОПК-3.2)
10	Тема 10	2. Канонические уравнения метода сил. (ОПК-3.2). 3. Выбор основной системы метода сил. (ОПК-3.2). 4. Использование симметрии конструкций стержневых систем. (ОПК-3.2)
11	Тема 11	Расчет статически неопределимых стержневых систем на действие температуры и смещение опор. (ОПК-3.2)
12	Тема 12	1. Неразрезные балки. Уравнения трех моментов, Метод фокусов (ОПК-3.2). 2. Расчет неразрезных балок на внешнюю нагрузку. Расчет неразрезных балок на смещение опор (ОПК-3.2).
13	Тема 13	Статически неопределимые арки и фермы (ОПК-3.2).
Раздел 5. Расчет статически неопределимых систем методом перемещений		
14	Тема 14	1. Степень кинематической неопределимости. Канонические уравнения метода перемещений. (ОПК-6.5). 2. Выбор основной системы метода перемещений. (ОПК-6.5). 3. Использование симметрии конструкций стержневых систем. 4. Построение эпюр внутренних усилий и их проверка. Определение перемещений (ОПК-6.5)
15	Тема 15	Расчет статически неопределимых стержневых систем на действие температуры и смещение опор (ОПК-6.5).

№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
Раздел 6. Расчет статически неопределимых систем смешанным и комбинированным методами		
16	Тема 16	1. Выбор основной системы и неизвестных при расчете рам смешанным методом (ОПК-3.2). 2. Канонические уравнения и взаимность коэффициентов (ОПК-3.2).
17	Тема 17	1. Расчет рам комбинированным методом (ОПК-3.2)
Раздел 7. Предельное равновесие деформируемых систем		
18	Тема 18	1. Основные понятия о предельном равновесии балок, рам и пластин (ОПК-1.3). 2. Расчет по предельному равновесию балок и рам (ОПК-1.3).
Раздел 8. Метод конечных элементов (МКЭ) при расчете конструкций		
19	Тема 19	1. Общие сведения о методе конечных элементов (ОПК-1.2). 2. Типы конечных элементов. (ОПК-1.2). 3. Матрица жесткости конечного элемента и системы (ОПК-1.2).
Раздел 9 . Колебания систем с одной степенью свободы		
20	Тема 20. Свободные колебания систем с одной степенью свободы. Тема 21. Вынужденные колебания систем с одной степенью свободы. Тема 22. Ударное действие нагрузки	1. Свободные колебания системы с конечным числом степеней свободы с учетом сил сопротивления. (ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-3.2, ОПК-6.5). 2. Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы с учетом сил сопротивления. Динамический коэффициент. (ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-3.2, ОПК-6.5). 3. Продольный удар по стержню. Поперечный удар. (ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-3.2, ОПК-6.5).
Раздел 10. Колебания систем с конечным числом степеней свободы		
21	Тема 23. Свободные колебания систем с конечным числом степеней свободы. Тема 24. Вынужденные колебания системы с конечным числом степеней свободы.	1. Свободные колебания системы с конечным числом степеней свободы без учета сил сопротивления. Свойства собственных векторов. Силы инерции при собственных колебаниях. (ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-3.2, ОПК-6.5). 2. Вынужденные колебания системы с конечным числом степеней свободы. Силы инерции. Амплитудно-частотные характеристики. Резонанс и антирезонанс. (ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-3.2, ОПК-6.5).
Раздел 11. Колебания систем с бесконечным числом степеней свободы		

№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
22	<p>Тема 25. Свободные колебания систем с бесконечным числом степеней свободы.</p> <p>Тема 26. Вынужденные колебания систем с бесконечным числом степеней свободы.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Системы с распределенными параметрами. Уравнение движения. Метод Фурье решения дифференциальных уравнений математической физики. Собственные частоты и собственные формы. (ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-3.2, ОПК-6.5). 2. Вынужденные колебания систем с распределенными параметрами. Уравнение движения. Вынужденные колебания систем с распределенными параметрами. Амплитудно-частотные характеристики. (ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-3.2, ОПК-6.5).
Раздел 12. Параметрические колебания.		
23	<p>Тема 27. Параметрические колебания стержневых систем.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Параметрические колебания. Основные понятия. Уравнение Матье-Хилла. Устойчивое и неустойчивое решение. (ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-3.2, ОПК-6.5). 2. Диаграмма Айнса-Стретта. (ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-3.2, ОПК-6.5).
Раздел 13. Устойчивость стержней.		
24	<p>Тема 28. Критерии неустойчивости</p> <p>Тема 29. Общее уравнение возмущенного стержня</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Статический критерий. (ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-3.2, ОПК-6.5). 2. Динамический критерий. (ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-3.2, ОПК-6.5). 3. Энергетический критерий. (ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-3.2, ОПК-6.5). 4. Критическая сила в прямом стержне при различных закреплениях концов стержня. (ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-3.2, ОПК-6.5).
Раздел 14. Устойчивость стержневых систем.		
25	<p>Тема 30. Универсальное уравнение сжато-изогнутого стержня.</p> <p>Тема 31. Метод перемещений в задачах устойчивости.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Реакции на концах стержня при различных закреплениях концов стержня. (ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-3.2, ОПК-6.5). 2. Канонические уравнения. Определение критического параметра нагрузки. (ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-3.2, ОПК-6.5).
Раздел 15. Вариационные методы в динамике и устойчивости сооружений.		
26	<p>Тема 32. Вариационные методы в динамике сооружений.</p> <p>Тема 33. Вариационные методы в устойчивости сооружений.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Понятие функционала. Функционал полной энергии. Метод Ритца в динамике сооружений. Метод конечных элементов в форме метода Ритца. (ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-3.2, ОПК-6.5). 2. Метод Ритца в устойчивости сооружений. (ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-3.2, ОПК-6.5).

5. Образовательные технологии

Таблица 6

Применение активных и интерактивных образовательных технологий

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий (форм обучения)
1.	Работа внешних сил. Потенциальная энергия деформации. Теоремы Бетти и Максвелла.	Л	Компьютерные симуляции, мозговой штурм, разбор конкретных ситуаций
2.	Решение задач по определению перемещений	ПЗ	Компьютерные симуляции, мозговой штурм, разбор конкретных ситуаций
3.	Определение перемещений при тепловых воздействиях и осадке опор.	Л	Компьютерные симуляции, мозговой штурм, разбор конкретных ситуаций
4.	Определение перемещений при тепловых воздействиях и осадке опор.	Л	Компьютерные симуляции, мозговой штурм, разбор конкретных ситуаций
5	Кинематический анализ плоских стержневых систем.	ПЗ	Компьютерные симуляции, мозговой штурм, разбор конкретных ситуаций
6	Трехшарнирные стержневые системы	ПЗ	Компьютерные симуляции, мозговой штурм, разбор конкретных ситуаций
7	Основные типы и конструкции статически определимых ферм.	Л	Компьютерные симуляции, мозговой штурм, разбор конкретных ситуаций
8	Понятие о линиях влияния. Линии влияния в балках.	Л	Компьютерные симуляции, мозговой штурм, разбор конкретных ситуаций
9	Основные положения расчета методом сил статически неопределимых стержневых систем.	Л	Компьютерные симуляции, мозговой штурм, разбор конкретных ситуаций
10	Решение задач на метод сил на внешнюю нагрузку.	ПЗ	Компьютерные симуляции, мозговой штурм, разбор конкретных ситуаций
11	Расчет статически неопределимых стержневых систем на действие температуры и смещение опор.	ПЗ	Компьютерные симуляции, мозговой штурм, разбор конкретных ситуаций
12	Неразрезные балки. Уравнения трех моментов, Метод фокусов.	Л	Компьютерные симуляции, мозговой штурм, разбор конкретных ситуаций
13	Статически неопределимые арки и фермы	Л	Компьютерные симуляции, мозговой штурм, разбор конкретных ситуаций
14	Решение задач с использованием метода перемещений.	ПЗ	Компьютерные симуляции, мозговой штурм, разбор конкретных ситуаций
15	Расчет статически неопределимых стержневых систем на действие температуры и смещение опор.	ПЗ	Компьютерные симуляции, мозговой штурм, разбор конкретных ситуаций
16	Основные положения расчета смешанным методом.	Л	Компьютерные симуляции, мозговой штурм, разбор конкретных ситуаций

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий (форм обучения)
17	Расчет рам комбинированным методом.	ПЗ	Компьютерные симуляции, мозговой штурм, разбор конкретных ситуаций
18	Основные понятия о предельном равновесии балок, рам и пластин.	Л	Компьютерные симуляции, мозговой штурм, разбор конкретных ситуаций
19	Расчет конструкции методом конечных элементов с использованием ПК «ЛИРА-САПР».	ПЗ	Компьютерные симуляции, мозговой штурм, разбор конкретных ситуаций

6. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

В пятом, шестом и седьмом семестрах студенты выполняют по одной контрольной работе.

Тематика контрольной работы в 5 семестре:

«Определение перемещений в стержневых конструкциях по методу Мора. Линии влияния в статически определимых стержневых конструкциях»

После выполнения контрольной работы в 5 семестре студент сдает зачет с оценкой.

Вопросы к зачету с оценкой:

1. Работа внешних сил. Потенциальная энергия деформации.
2. Теоремы Бетти и Максвелла.
3. Вывод формулы Мора. Определение перемещений с использованием метода Мора
4. Примеры вычисления перемещений по методу Мора
5. Правило Верещагина. Определение перемещений с использованием правила Верещагина
6. Примеры вычисления перемещений по правилу Верещагина
7. Определение перемещений при тепловых воздействиях
8. Определение перемещений при осадке опор
9. Примеры расчета по определению перемещений при температурных воздействиях
10. Примеры расчета по определению перемещений при осадке опор
11. Кинематический анализ плоских стержневых систем.
12. Многопролетные статически определимые балки с промежуточными шарнирами.
13. Статически определимые рамы с промежуточными шарнирами.
14. Трехшарнирные стержневые рамные системы.
15. Трехшарнирные стержневые арочные системы.
16. Расчет трехшарнирных арок и рам.
17. Основные типы статически определимых ферм.
18. Основные конструкции статически определимых ферм.
19. Понятие о линиях влияния и их построение.
20. Линии влияния в простых балках.
21. Линии влияния в многопролетных статически определимых балках.

Тематика контрольной работы в 6 семестре:

«Расчет статически неопределимых стержневых систем методом сил и методом перемещений»

В конце 6 семестра учебным планом предусмотрен экзамен.

Вопросы к экзамену:

1. Анализ статической неопределимости стержневых статически неопределимых систем.
2. Канонические уравнения метода сил.
3. Выбор основной системы метода сил.
4. Использование симметрии конструкций стержневых систем.
5. Построение эпюр внутренних усилий и их проверка.
6. Определение перемещений в статически неопределимых системах.
7. Расчет статически неопределимых стержневых систем на действие температуры
8. Расчет статически неопределимых стержневых систем на смещение опор.
9. Степень кинематической неопределимости.
10. Канонические уравнения метода перемещений.
11. Выбор основной системы метода перемещений.
12. Использование симметрии конструкций стержневых систем.
13. Построение эпюр внутренних усилий и их проверка. Определение перемещений.
14. Выбор основной системы и неизвестных при расчете рам смешанным методом.
15. Расчет статически неопределимых конструкций комбинированным методом.
16. Решение задач по расчету рам смешанным методом.
17. Решение задач по расчету рам комбинированным методом.
18. Основные понятия о предельном равновесии балок, рам и пластин.
19. Расчет по предельному равновесию балок и рам.
20. Энергетический метод исследования предельного равновесия.
21. Общие сведения о методе конечных элементов.
22. Типы конечных элементов
23. Матрица жесткости конечного элемента
24. Матрица жесткости системы, граничные условия

Тематика контрольной работы в 7 семестре:

Динамический расчет рам с несколькими степенями свободы. Расчет рамы на устойчивость методом перемещений. Определение критической нагрузки методом Ритца.

Вариативность РГР обеспечивается различием исходных данных в соответствии с вариантом студента.

В конце 7 семестра учебным планом предусмотрен экзамен.

Перечень вопросов к экзамену

1. Свободные колебания систем с одной степенью свободы.
2. Степень свободы динамической системы.
3. Свободные колебания системы с конечным числом степеней свободы с учетом сил сопротивления.
4. Свободные колебания системы с одной степенью свободы без учета сил сопротивления.

5. Определение собственной частоты и периода собственных колебаний.
6. Вынужденные колебания систем с одной степенью свободы.
7. Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы с учетом сил сопротивления. Динамический коэффициент.
8. Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы без учета сил сопротивления. Динамический коэффициент.
9. График зависимости динамического коэффициента от отношения частот вынужденных и собственных колебаний. Явление резонанса.
10. Ударное действие нагрузки
11. Продольный удар по стержню.
12. Поперечный удар.
13. Свободные колебания систем с конечным числом степеней свободы.
14. Свободные колебания системы с конечным числом степеней свободы без учета сил сопротивления.
15. Свойства собственных векторов. Силы инерции при собственных колебаниях.
16. Вынужденные колебания системы с конечным числом степеней свободы. Силы инерции.
17. Амплитудно-частотные характеристики. Резонанс и антирезонанс.
18. Свободные колебания систем с бесконечным числом степеней свободы.
19. Системы с распределенными параметрами. Уравнение движения.
20. Метод Фурье решения дифференциальных уравнений математической физики.
21. Свободные колебания балок с распределенными параметрами. Собственные частоты и собственные формы.
22. Вынужденные колебания систем с бесконечным числом степеней свободы.
23. Вынужденные колебания систем с распределенными параметрами. Уравнение движения. Метод Фурье.
24. Вынужденные колебания систем с распределенными параметрами. Амплитудно-частотные характеристики.
25. Вариационные принципы динамики. Понятие Функционала. Метод Ритца
26. Параметрические колебания стержневых систем. Основные понятия.
27. Уравнение Матье-Хилла. Устойчивое и неустойчивое решение.
28. Диаграмма Айнса-Стретта.
29. Устойчивость стержней. Критерии неустойчивости. Статический критерий. Динамический критерий. Энергетический критерий.
30. Общее уравнение возмущенного стержня
31. Вывод общего уравнения возмущенного стержня.
32. Критическая сила в прямом стержне при различных закреплениях концов стержня.
33. Устойчивость стержневых систем.
34. Уравнение сжато-изогнутого стержня.
35. Вывод универсального уравнения.
36. Реакции на концах стержня при различных закреплениях концов стержня.
37. Метод перемещений в задачах устойчивости. Основная система. Канонические уравнения.
38. Определение критического параметра нагрузки.
39. Вариационные методы в динамике сооружений.
40. Понятие функционала. Функционал полной энергии.

41. Метод Ритца в динамике сооружений.
42. Метод конечных элементов в форме метода Ритца.
43. Вариационные методы в устойчивости сооружений.
44. Функционал полной энергии.
45. Метод Ритца в устойчивости сооружений.

6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Критерии оценивания результатов обучения

Таблица 8

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку « отлично » заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку « хорошо » заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку « удовлетворительно » заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку « неудовлетворительно » заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Основная литература

1. Дарков А.В. Строительная механика: Учеб. для строит. спец. вузов. – М: Высшая школа, 1986.
2. Киселев В.А. Строительная механика: Общий курс: Учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 1986.
3. Новичков Ю.Н. Теория сооружений: Учебник / Ю.Н. Новичков, П. Гутьеррес, Ю. М. Кружалов. – М.: Колос, 1992.

7.2 Дополнительная литература

1. Баженов В.А. Строительная механика. Компьютерные технологии и моделирование: Учебник/В.А. Баженов, А.В. Перельмутер, О.В. Шишов / Под общей ред. В.А. Баженова. – М: Изд-во СКАД СОФТ, Издательский Дом АСВ, 2014.
2. Смирнов В.А. Строительная механика. – М.: Стройиздат, 1984.

7.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

При проведении занятий используются плакаты сооружений

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Программное обеспечение – использование программы Excel Microsoft Office

9. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

www. Microsoft.com

10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Таблица 10

Сведения об обеспеченности специализированными аудиториями, кабинетами, лабораториями

Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы**
1	2
Аудитория 29/337	1. Парты 25 шт. 2. Стол 1 шт. 3. Стулья 2 шт. 4. Доска меловая 2 шт. 5. Интерактивная доска 1 шт. (Инв.№210124558132021) 6. Макеты 2 шт. 7. Экран настенный 1 шт.
Аудитория 29/336	1. Парты 18 шт. 2. Стол 3 шт. 3. Стулья 2 шт. 4. Доска меловая 1 шт. 5. Макеты 10 шт. 6. Плакаты 30 шт. 7. Экран настенный 1 шт. 8. Стенд информационный 3 шт.
Аудитория 29/118	1. Парты 12 шт. 2. Столы 18 шт. 3. Стулья 16 шт. 4. Доска меловая 1 шт. 5. Компьютер в сборе CPU Intel Celeron Dual-Core E3200 15 шт. (Инв.№210134000000725, Инв.№210134000000726, Инв.№ 210134000000727, Инв.№ 210134000000728, Инв.№ 210134000000729, Инв.№ 210134000000730, Инв.№ 210134000000731, Инв.№ 210134000000732, Инв.№ 210134000000733, Инв.№ 210134000000734, Инв.№ 210134000000735, Инв.№ 210134000000736, Инв.№ 210134000000737, Инв.№ 210134000000738, Инв.№ 210134000000739) 6. Мультимедиа-проектор EPSON EB-X, XGA, 2000 ANSI, 2,3 кг (Инв.№ 410124000602866) 7. Экран на штативе 4:3 135x178 см (84")

	(Инв.№ 210136000001013) 8. Экран настенный 1 шт.
Центральная научная библиотека имени Н.И. Железнова, филиал – библиотека Института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова	Читальный зал

11. Методические рекомендации студентам по освоению дисциплины

Необходимо обязательное посещение занятий. Необходима самостоятельная проработка материала по рекомендуемой литературе в соответствии с графиком проработки материала на лекциях и занятиях.

Виды и формы отработки пропущенных занятий. Студент, пропустивший занятия, должен самостоятельно с помощью указанной выше основной литературы, которая имеется в библиотеке университета, проработать пропущенный материал и ответить преподавателю на поставленные вопросы

12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине

При проведении занятия необходим контроль за каждым студентом, как он понимает излагаемый материал. По ходу занятия необходимо после пояснения нового материала опрашивать студентов по сопутствующим темам текущего занятия и прошлых занятий.

Программу разработали: Ксенофонтова Т. К., канд. техн. наук, доцент



Баутдинов Д.Т., канд. техн. наук, доцент



РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины «Строительная механика» Б1.О.19
ОПОП ВО по специальности 08.05.01– «Строительство уникальных зданий и сооружений», специализация «Строительство гидротехнических сооружений повышенной ответственности» (квалификация выпускника – специалист)

Журавлевой Анной Геннадьевной, доцентом кафедры гидротехнических сооружений РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, кандидатом технических наук (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины «Строительная механика» ОПОП ВО по специальности 08.05.01 – «Строительство уникальных зданий и сооружений», специализация «Строительство гидротехнических сооружений повышенной ответственности» (специалитет) разработанной в ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», на кафедре инженерных конструкций (разработчики – Ксенофонтова Татьяна Кирилловна, доцент кафедры инженерных конструкций, кандидат технических наук, Баутдинов Дамир Тахирович, доцент кафедры инженерных конструкций, кандидат технических наук).

Рассмотрев представленные на рецензию материалы, рецензент пришел к следующим выводам:

1. Предъявленная рабочая программа дисциплины «Строительная механика» (далее по тексту Программа) соответствует требованиям ФГОС по специальности 08.05.01 – «Строительство уникальных зданий и сооружений», утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «31» мая 2017 г. № 483 для всех направлений подготовки.

2. Программа содержит все основные разделы, соответствует требованиям к нормативно-методическим документам.

3. Представленная в Программе **актуальность** учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО не подлежит сомнению – дисциплина относится к обязательной части учебного цикла – Б1.О.

4. Представленные в Программе **цели** дисциплины соответствуют требованиям ФГОС ВО специальности 08.05.01– «Строительство уникальных зданий и сооружений».

5. В соответствии с Программой за дисциплиной «Строительная механика» закреплено 1 универсальная и 3 общепрофессиональные компетенции. Дисциплина «Строительная механика» и представленная Программа способна реализовать их в объявленных требованиях. **Результаты обучения**, представленные в Программе в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют возможность получения заявленных результатов.

6. **Содержание учебной дисциплины**, представленной Программой, соответствует рекомендациям в строительстве, рекомендуемым для всех направлений подготовки и специальностей в части соответствия и ориентации на область профессиональной деятельности, а также запросам экономики и рынка труда.

7. Общая трудоёмкость дисциплины «Строительная механика» составляет 16 зачётных единиц (144+216+216 часов), что соответствует рекомендациям в строительстве, рекомендуемым для всех направлений подготовки и специальностей.

8. Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Строительная механика» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по специальности 08.05.01 – «Строительство уникальных зданий и сооружений» и возможность дублирования в содержании отсутствует. Поскольку дисциплина не предусматривает наличие специальных требований к входным знаниям, умениям и компетенциям студента, хотя может являться предшествующей для специальных, в том числе профессиональных дисциплин, использующих знания в области расчетных информационных технологий в строительстве в профессиональной деятельности специалистов по данному направлению подготовки.

9. Представленная Программа предполагает использование современных образовательных технологий, используемые при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины.

10. Программа дисциплины «Строительная механика» предполагает проведение практически всех занятий в интерактивной форме.

11. Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО специальности **08.05.01** – «Строительство уникальных зданий и сооружений».

12. Представленные и описанные в Программе формы *текущей* оценки знаний (опрос, как в форме обсуждения отдельных вопросов, так и выступления, и участие в дискуссиях, мозговых штурмах, работа над домашним заданием (в профессиональной области) и аудиторных заданиях - работа с реальными объектами проектирования), соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

13. Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме зачета с оценкой в 5 семестре и в форме экзамена в 6 и 7 семестрах, что соответствует рекомендациям для всех направлений подготовки, а также статусу дисциплины, как дисциплины обязательной части учебного цикла – Б1.О ФГОС ВО специальности **08.05.01** – «Строительство уникальных зданий и сооружений».

14. Формы оценки знаний, представленные в Программе, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

15. Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 3 источника (базовая литература), дополнительной литературой – 2 наименований и соответствует требованиям ФГОС ВО специальности **08.05.01** – «Строительство уникальных зданий и сооружений».

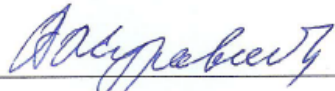
16. Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины «Строительная механика» и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

17. Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине дают представление о специфике обучения по дисциплине «Строительная механика».

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «Строительная механика» ОПОП ВО по специальности **08.05.01** – «Строительство уникальных зданий и сооружений», специализация «Строительство гидротехнических сооружений повышенной ответственности» (квалификация (степень) выпускника – специалист), разработанная доцентом кафедры инженерных конструкций, кандидатом технических наук, Ксенофонтовой Т. К. и доцентом кафедры инженерных конструкций, кандидатом технических наук, Баутдиновым Д.Т. соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент: Журавлева А. Г., доцент кафедры гидротехнических сооружений РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, кандидат технических наук

 «17.02» 2020 г.
(подпись)