

**СИЛЛАБУС**  
**Весенний семестр 2025-2026 учебного года**  
**Образовательная программа «Прикладная математика»**

ID и наименование дисциплины	Самостоятельная работа студента (СРС)	Кол-во кредитов			Общее кол-во кредитов	Самостоятельная работа студента под руководством преподавателя (СРСР)
		Лекции (Л)	Практ. занятия (ПЗ)	Лаб. занятия (ЛЗ)		
ID MMDS 4309 Математическое моделирование деформируемых сред	4	1.7	0	3.3	5	6
АКАДЕМИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ДИСЦИПЛИНЕ						
Формат обучения	Цикл, компонент	Типы лекций	Типы практических занятий	Форма и платформа итогового контроля		
оффлайн	ПД	Информационные, практические	Разработка математических моделей и алгоритмов программных кодов численного анализа моделей.	устная		
Лектор	Хаджиева Лея Азретовна, профессор, доктор физико-математических наук					
e-mail:	khadle@mail.ru					
Телефон:	+7 707 234 6500					
АКАДЕМИЧЕСКАЯ ПРЕЗЕНТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ						
Цель дисциплины	Ожидаемые результаты обучения (РО)* В результате изучения дисциплины обучающийся будет способен:			Индикаторы достижения РО (ИД)		
Сформировать знания по теории деформируемых сред для практического применения при моделировании процессов и явлений на новом качественном уровне.	РО1. Демонстрировать понимание и способность применения основных законов и положений теории деформируемых сред, применять их при моделировании прикладных задач естествознания.			ИД1.1: Понимание тензоров деформации и напряжения, их компонентов, инвариантов начальных напряжений Био, упругих потенциалов, формулы Грина.		
				ИД1.2: Объяснение условия равновесия, граничные условия, принцип Сен-Венана.		
				ИД1.3: Умение применять основных положение теории деформируемых сред при моделировании прикладных задач механических систем.		
	РО2. критически анализировать проблемы деформируемых сред.			ИД2.1: Понимание основных принципов геометрически нелинейных систем.		
				ИД2.2: Понимание основных принципов физически нелинейных систем.		
				ИД2.3: Классифицирование основных задач теории упругости.		
	РО3. создавать математические модели различных деформируемых сред и находить методы их решения.			ИД3.1: Создание линейных математических моделей различных деформируемых сред.		
				ИД3.2: Создание нелинейных математических моделей различных деформируемых сред.		
				ИД3.3: Применение методов Ритца и Бубнова-Галёркина для решения математических моделей.		

	<b>PO4.</b> оценивать значимость разработки математических моделей деформируемых сред, давать четкое и полное описание исследуемых процессов.	<b>ИД4.1:</b> Оценивание линейных математических моделей различных деформируемых сред.
		<b>ИД4.2:</b> Оценивание нелинейных математических моделей различных деформируемых сред.
		<b>ИД4.3:</b> Определение и описание нелинейных процессов
	<b>PO5.</b> Синтезировать, интерпретировать и критически анализировать математические модели деформируемых сред, знать методы их аналитического и численного решения, применять для решения различных научных и технических исследовательских задач.	<b>ИД5.1:</b> Создание и применение геометрически нелинейных моделей деформируемых сред в прикладных задачах.
		<b>ИД5.2:</b> Создание и применение физически нелинейных моделей деформируемых сред в прикладных задачах.
		<b>ИД5.3</b> Умение анализировать результаты математического и компьютерного моделирования прикладных задач деформируемых сред.
<b>Пререквизиты</b>	Программирование, теоретическая механика, механика сплошной среды, дифференциальные уравнения, уравнения математической физики	
<b>Постреквизиты</b>	Дальнейшие курсы по специальности	
<b>Учебные ресурсы</b>	<p><b>Литература:</b></p> <p><b>Основная литература:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. V.V. Novozhilov. Foundations of the Nonlinear Theory of Elasticity. Dover Publications, Inc., Mineola, New York, 1999.</li> <li>2. A.L. Fetter, J.D. Walecka. Nonlinear mechanics: A supplement to theoretical mechanics of particles and continua. Dover Publications Inc., 2006.</li> <li>3. A. Ibrahimbegovic. Nonlinear solid mechanics: Theoretical formulations and finite element solution methods. Springer Science &amp; Business Media, 2009.</li> <li>4. S. Wiggins. Introduction to applied nonlinear dynamical systems and chaos. Springer-Verlag, New-York, 2003.</li> <li>5. A.H. Nayfeh, B. Balachandran. Applied nonlinear dynamics: Analytical, computational, and experimental methods, Wiley-VCH Verlag GmbH &amp; Co. KGaA, Weinheim. 2004.</li> </ol> <p><b>Additional reading:</b></p> <p><b>Дополнительная литература:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>6. O.V. Rudenko, C.M. Hedberg. Strong and weak nonlinear dynamics: Models, classification, examples.</li> <li>7. S.H. Strogatz. Nonlinear dynamics and chaos: With applications to physics, biology, chemistry, and engineering, 2nd edition. Westview Press, 2014.</li> <li>8. В.И. Ерофеев, В.В. Кажаяв, Н.П. Семерикова. «Волны в стержнях. Дисперсия. Диссипация. Нелинейность». Физматлит, Москва, 2002.</li> </ol> <p><b>Интернет-ресурсы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. L. Perko. Differential equations and dynamical systems, 3rd edition. Springer-Verlag, New-York, Inc., 2001. <a href="https://www.amazon.com/Differential-Equations-Dynamical-Systems-Mathematics/dp/0387951164">https://www.amazon.com/Differential-Equations-Dynamical-Systems-Mathematics/dp/0387951164</a></li> <li>2. <a href="https://elibrary.kaznu.kz/ru/">https://elibrary.kaznu.kz/ru/</a></li> <li>3. <a href="https://books.google.com/books/about/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D1%80.html?id=xm9skgAACAAJ">https://books.google.com/books/about/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D1%80.html?id=xm9skgAACAAJ</a></li> </ol>	

<b>Академическая политика дисциплины</b>	<p>Академическая политика дисциплины определяется <u>Академической политикой и Политикой академической честности КазНУ имени аль-Фараби</u>. Документы доступны на главной странице ИС Univer.</p> <p><b>Интеграция науки и образования.</b> Научно-исследовательская работа студентов, магистрантов и докторантов – это углубление учебного процесса. Она организуется непосредственно на кафедрах, в лабораториях, научных и проектных подразделениях университета, в студенческих научно-технических объединениях. Самостоятельная работа обучающихся на всех уровнях образования направлена на развитие исследовательских навыков и компетенций на основе получения нового знания с применением современных научно-исследовательских и информационных технологий. Преподаватель исследовательского университета интегрирует результаты научной деятельности в тематику лекций и семинарских (практических) занятий, лабораторных занятий и в задания СРОП, СРО, которые отражаются в силлабусе и отвечают за актуальность тематик учебных занятий и заданий.</p> <p><b>Посещаемость.</b> Дедлайн каждого задания указан в календаре (графике) реализации содержания дисциплины. Несоблюдение дедлайнов приводит к потере баллов.</p> <p><b>Академическая честность.</b> Практические/лабораторные занятия, СРО развивают у обучающегося самостоятельность, критическое мышление, креативность. Недопустимы плагиат, подлог, использование шпаргалок, списывание на всех этапах выполнения заданий. Соблюдение академической честности в период теоретического обучения и на экзаменах помимо основных политик регламентируют <u>«Правила проведения итогового контроля»</u>, <u>«Инструкции для проведения итогового контроля осеннего/весеннего семестра текущего учебного года»</u>, <u>«Положение о проверке текстовых документов обучающихся на наличие заимствований»</u>. Документы доступны на главной странице ИС Univer.</p> <p><b>Основные принципы инклюзивного образования.</b> Образовательная среда университета задумана как безопасное место, где всегда присутствуют поддержка и равное отношение со стороны преподавателя ко всем обучающимся и обучающимся друг к другу независимо от гендерной, расовой/ этнической принадлежности, религиозных убеждений, социально-экономического статуса, физического здоровья студента и др. Все люди нуждаются в поддержке и дружбе ровесников и сокурсников. Для всех студентов достижение прогресса скорее в том, что они могут делать, чем в том, что не могут. Разнообразие усиливает все стороны жизни. Все обучающиеся, особенно с ограниченными возможностями, могут получать консультативную помощь по телефону/ e-mail khadle@mail.ru.</p> <p><b>Интеграция МООС (massive open online course).</b> В случае интеграции МООС в дисциплину, всем обучающимся необходимо зарегистрироваться на МООС. Сроки прохождения модулей МООС должны неукоснительно соблюдаться в соответствии с графиком изучения дисциплины.</p> <p><b>ВНИМАНИЕ!</b> Дедлайн каждого задания указан в календаре (графике) реализации содержания дисциплины, а также в МООС. Несоблюдение дедлайнов приводит к потере баллов.</p>
--	---

#### ИНФОРМАЦИЯ О ПРЕПОДАВАНИИ, ОБУЧЕНИИ И ОЦЕНИВАНИИ

Балльно-рейтинговая буквенная система оценки учета учебных достижений				Методы оценивания
Оценк а	Цифрово й эквивале нт баллов	Баллы, % содержа -ние	Оценка по традиционной системе	<p><b>Критериальное оценивание</b> – процесс соотнесения реально достигнутых результатов обучения с ожидаемыми результатами обучения на основе четко выработанных критериев. Основано на формативном и суммативном оценивании.</p> <p><b>Формативное оценивание</b> – вид оценивания, который проводится в ходе повседневной учебной деятельности. Является текущим показателем успеваемости. Обеспечивает оперативную взаимосвязь между обучающимся и преподавателем. Позволяет определить возможности обучающегося, выявить трудности, помочь в достижении наилучших результатов, своевременно корректировать преподавателю образовательный процесс. Оценивается выполнение заданий, активность работы в аудитории во время лекций, семинаров, практических занятий (дискуссии, викторины, дебаты, круглые столы, лабораторные работы и т. д.). Оцениваются приобретенные знания и компетенции.</p> <p><b>Суммативное оценивание</b> – вид оценивания, который проводится по завершению изучения раздела в соответствии с программой дисциплины. Проводится 3-4 раза за семестр при выполнении СРС. Это оценивание освоения ожидаемых</p>
A	4,0	95-100	Отлично	
A-	3,67	90-94		
B+	3,33	85-89	Хорошо	

				результатов обучения в соотнесенности с дескрипторами. Позволяет определять и фиксировать уровень освоения дисциплины за определенный период. Оцениваются результаты обучения.	
B	3,0	80-84		<b>Формативное и суммативное оценивание</b>	<b>Баллы % содержание</b>
B-	2,67	75-79		Активность на лекциях	8.4
C+	2,33	70-74		Работа на практических занятиях	21.6
C	2,0	65-69	Удовлетворительно	Самостоятельная работа	18
C-	1,67	60-64		Проектная и творческая деятельность	12
D+	1,33	55-59		Итоговый контроль (экзамен)	40
D	1,0	50-54		ИТОГО	100
FX	0,5	25-49	Неудовлетворительно		
F	0	0-24			

**Календарь (график) реализации содержания дисциплины. Методы преподавания и обучения.**

Неделя	Название темы	Кол-во часов	Макс. балл
<b>МОДУЛЬ 1. Моделирование систем с одной или несколькими степенями свободы</b>			
1	<b>Л1. Вводная.</b> Сплошные среды, их классификация. Степени свободы. Основные принципы построения математических моделей. Равновесное и динамическое состояния абсолютно твердых тел, принципы их построения.	1	0
	<b>ЛЗ 1.</b> Моделирование колебаний динамической системы с 1 степенью свободы (маятник, пружина с массой на конце) на основе уравнения Лагранжа 2-го рода.	1	0
2	<b>Л 2</b> Принцип Гамильтона. Лагранжиан. Вариационный принцип Остроградского-Гамильтона. Построение математической модели колебаний маятника.	1	2
	<b>ЛЗ 2.</b> Построение модели колебаний динамической системы с 2 степенями свободы (колебания маятника) на основе уравнения Лагранжа 2-го рода.	2	8
	<b>СРСП 1.</b> Консультация по выполнению СРС 1	1	
3	<b>Л. 3</b> Вариационный принцип Остроградского-Гамильтона. Моделирование колебаний маятника методом Остроградского-Гамильтона.	1	2
	<b>ЛЗ. 3</b> Моделирование колебаний массы на пружине с учетом подвижности точки крепления пружины.	2	8
	<b>СРС 1.</b> Моделирование колебаний массы на пружине методом Остроградского-Гамильтона.	1	15
4	<b>Л 4.</b> Основные допущения механики твердого тела. Внешние силы и их классификация. Интенсивность объемных и поверхностных сил. Примеры.	1	2

	Эйлера и Лагранжева системы координат.		
	<b>ЛЗ 4.</b> Численное моделирование колебаний массы на пружине. Учет подвижности точки крепления пружины.	2	8
	<b>СРСП 2.</b> Консультация по выполнению СРС 2	1	
<b>МОДУЛЬ 2. Напряженно-деформированное состояние сплошной среды</b>			
5	<b>Л. 5. Деформируемые среды. Теория напряжений.</b> Основные предпосылки и гипотезы механики деформируемых сред. Метод сечений. Внешние силы. Внутренние напряжения. Закон независимости действий для линейных задач. Нормальные и касательные напряжения. Правило знаков.	1	2
	<b>ЛЗ.5</b> Вывод уравнений равновесия поверхностных сил в декартовой системе координат. Вывод для одной поверхности (ХОУ). Парность касательных напряжений. Вывод.	2	8
	<b>СРСП 3.</b> Консультация по выполнению СРС 2.	1	
6	<b>Л. 6.</b> Тензор напряжений в декартовой системе координат. Статические условия на поверхности (условие на границе тела). Напряжения на наклонной площадке.	1	2
	<b>ЛЗ. 6.</b> Цилиндрические и сферические координаты. Переход от декартовой системы координат к сферической и цилиндрической. Уравнения равновесия в сферической и цилиндрической системах координат. (презентация)	2	8
	<b>СРС 2.</b> Вывод уравнения равновесия в декартовой системе координат для остальных поверхностей.	1	15
7	<b>Л7.</b> Кинематика деформируемой среды. Вектор смещения. Соотношения Коши. Тензор деформаций	1	2
	ЛЗ 7: Моделирование балки Эйлера-Бернулли.	2	8
<b>Рубежный контроль 1</b>			<b>100</b>
8	<b>Л. 8.</b> Дифференциальные уравнения равновесного состояния (движения) в деформациях в декартовой системе координат.	1	2
	<b>ЛЗ. 8</b> Вариационный принцип Остроградского-Гамильтона для сплошных сред. Моделирование колебаний упругой струны на основе принципа Остроградского-Гамильтона.	2	8
	<b>СРСП 4.</b> Консультация по выполнению СРС 3.	1	
9	<b>Л9.</b> Уравнения непрерывности деформаций. Принцип Сен-Венана. Вывод Физические уравнения закона Гука. Обобщенный закон Гука. Основные уравнения и связи механики деформируемых сред в декартовой системе и криволинейной системе координат.	1	2
	<b>ЛЗ. 9.</b> Прямые задачи механики сплошных сред. Переход от деформированного состояния к напряженному состоянию и обратно. Определение напряжений. Примеры.	2	8
	<b>СРС. 3</b> Определение тензора напряжений и деформаций через перемещения.		15
10	<b>Л. 10.</b> Основные задачи механики деформируемых сред. Плоское напряженное и плоское деформированное состояние. Основные уравнения плоской задачи. Функции напряжений Эри.	1	2
	<b>ЛЗ 10.</b> Плоская задача теории упругости в полярных координатах. Решение плоской задачи теории упругости в перемещениях	1	8
	<b>СРСП 5.</b> Консультация по выполнению СРС 4.	1	
<b>МОДУЛЬ 3. Моделирование волновой динамики в упругих средах</b>			

11	Л. 11. Основные модели физически нелинейных сред. Упругие потенциалы. Частные случаи деформирования сплошных сред.	1	2
	ЛЗ. 11. Моделирование кручения вращающийся физически нелинейных валов методом Остроградского-Гамильтона.	2	8
12	Л. 12. Геометрически нелинейные деформируемые среды.. Теория конечных деформаций В.В. Новожилова. Тензор деформаций. Система упрощений теории упругости В.В. Новожилова.	1	2
	ЛЗ 12. Моделирование динамики вращающегося вала с учетом геометрической и физической нелинейности.	1	8
	СРСП 6. Консультация по выполнению СРС 4	1	
13	Л.13. Размерность моделей. Их обезразмеривание. Примеры. Методы разделения переменных в системах с распределенными параметрами (метод Бубнова-Галеркина).	1	2
	ЛЗ.13. Обезразмеривание уравнения динамики валов. Приведения к ОДУ.	2	8
	СРС4 Математическое моделирование динамики вращающегося вала.	1	15
14	Л. 14. Продолжение Л 13.	1	2
	ЛЗ.14. Численный анализ нелинейных моделей (ОДУ). Визуализация полученных результатов.	2	8
15	Л. 15. Иерархия моделей. Примеры. Анализ моделей.	1	2
	ЛЗ 15. Численный анализ иерархии моделей. Сравнительный анализ.	2	8
	СРСП Консультация по подготовке к экзаменационным вопросам.		
Рубежный контроль 2			100
Итоговый контроль (экзамен)			100
ИТОГО за дисциплину			100

## РУБРИКАТОР СУММАТИВНОГО ОЦЕНИВАНИЯ

### КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Задание СРС (30% из 100% РК)

Критерий	«Отлично» 27-30 %	«Хорошо» 20-26%	«Удовлетворительно» 12-19%	«Неудовлетворительно» 0-11%
<b>Знание и понимание теории и концепции курса</b>	Ответ, который содержит исчерпывающее раскрытие вопроса, развернутую аргументацию каждого вывода и утверждения, построен логично и последовательно, подкреплён примерами из разработанных тем аудиторных занятий.	Ответ, который содержит полное, но не исчерпывающее освещение вопроса, сокращенную аргументацию основных положений, допускает нарушение логики и последовательности изложения материала. В ответе неточное употребление терминов.	Ответ, который содержит неполное освещение предложенных в билете вопросов, поверхностно аргументирует основные положения, в изложении допускает нарушения логики и последовательности изложения материала, не иллюстрирует теоретические положения примерами из разработанных конспектов аудиторных занятий.	Неправильное освещение поставленных вопросов, ошибочная аргументация, фактические и речевые ошибки, допущение неверного заключения.
<b>Применение избранной методики и технологии к конкретным</b>	Полное выполнение учебного задания, развернутый, аргументированный ответ на поставленный вопрос с	Частичное выполнение учебного задания, неполный, местами аргументированный	Материал излагается фрагментарно, с нарушением логической последовательности, допущены фактические	Нерациональный метод решения задания или недостаточно продуманный план ответа; неумение решать задания,

<b>практическим заданиям</b>	последующим решением практических задач курса;	ответ на поставленный вопрос с неполным решением практических задач курса; неграмотное использование норм научного языка по курсу;	и смысловые неточности, теоретические знания курса использованы поверхностно.	выполнять задания в общем виде; допущение ошибок и недочетов, превосходящее норму.
<b>Оценивание и анализ применимости выбранной методики к предложенному заданию, обоснование полученного результата</b>	Последовательное, логичное и правильное обоснование научных положений и примененной методики и технологии, грамотность, соблюдение норм научного языка, допускаются 1-2 неточности в изложении материала, не влияющие на верные в целом выводы (+визуализация результатов обоснования посредством графических данных).	Допускаются 3-4 неточности в использовании понятийного материала, незначительные погрешности в обобщениях и выводах, которые не влияют на хороший общий уровень выполнения задания.	Выводы по применимости обоснованных научных положений неконкретны и неубедительны, имеются стилистические и грамматические ошибки, а также неточности в обработке результатов практического решения	Задание выполнено с грубейшими ошибками, ответы на вопросы неполные, понятийный материал и аргументация использованы слабо.

И.о. декана механико-математического факультета \_\_\_\_\_ **Ж.М. Бектемесов**

Председатель Академического комитета  
по качеству преподавания и обучения \_\_\_\_\_ **Б.И Ахметова**

И.о. заведующего кафедрой \_\_\_\_\_ **С.Д. Маусымбекова**

Лектор \_\_\_\_\_ **Л.А. Хаджиева**