

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Б1.В.02 Методы подобия и размерности в механике  
наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

15.04.02 Технологические машины и оборудование

Направленность (профиль)

15.04.02.02 Надежность технологических машин и оборудования  
нефтегазового комплекса

Форма обучения

очная

Год набора

2023

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Программу составили \_\_\_\_\_

к.т.н., доцент, Докшанин С.Г.

\_\_\_\_\_  
должность, инициалы, фамилия

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель преподавания дисциплины

Целью преподавания дисциплины является: освоение студентами магистратуры основ теории размерностей и подобия, а также методов моделирования для использования теорем и методов подобия при описании механических систем и исследовании динамических процессов, получение навыков использования законов физического подобия.

### 1.2 Задачи изучения дисциплины

Основными задачами, поставленными при изучении данной дисциплины, является обучение основам теории и практики моделирования (физического, аналогового, имитационного и математического), приобретение навыков применения законов физического подобия для проведения экспериментов при решении различных задач механики, умение проводить обработку результатов экспериментов математическими методами (в том числе методом планирования эксперимента), решение задач оптимизации изучаемых физико-механических процессов для различных механических систем, конструкций, материалов и смазочных материалов. Результатом изучения данной дисциплины будет являться:

1) ознакомление с гипотезами и представлениями о природе механических, физических и химических процессов, протекающих в материале контактирующих тел, а также освещение основных закономерностей, влияющих на изменение внешних и внутренних усилий, температур, состояния поверхности и других выходных параметров узлов и механизмов, представленных в виде моделей;

2) обучение общим методам анализа результатов экспериментальных исследований, решению практических задач в области теории размерности и подобия, использованию современных информационных технологий для построения различных моделей;

3) формирование навыков пользования технической справочной литературой и современной вычислительной техники, а также общенаучных и профессиональных компетенций, которыми должен обладать магистр в современных условиях.

### 1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
<b>ПК-2: Способен исследовать и оптимизировать процессы инжинирингового обеспечения производства на этапах жизненного цикла</b>	
ПК-2.1: Знать основные этапы жизненного цикла продукции машиностроения; основы маркетинга; технология машиностроения в объеме выполняемых работ; способы	Подобные и метрические преобразования физических величин; Геометрическое, временное, кинематическое и динамическое подобие. Критерии и индикаторы подобия; Теоремы подобия, размерности физических величин.

<p>и методы моделирования изделия; передовые отечественные и зарубежные технологии в области машиностроения; производственная логистика; основы организации производства; основы нормирования труда на производстве; производственная и организационная структура организации; номенклатура продукции машиностроения, выпускаемой организацией; этапы разработки технического задания на производство продукции машиностроения; правила оформления конструкторской и технологической документации; технологическое оборудование, используемое на производстве, рабочие характеристики, принцип работы; виды технологического оборудования, технологической оснастки и их назначения; методы упрочнения материалов, нанесения покрытий; термическая обработка материалов; прикладной инструментарий твердотельного моделирования; единая система конструкторской документации; единая система технологической документации; международные стандарты системы управления качеством продукции международной организация по стандартизации; единая система технологической подготовки производства; системы автоматизированного проектирования:</p>	<p>Использовать возможности общей теории размерности в различных задачах механики (в первую очередь - механики жидкости и газа); Определять безразмерные комплексы (критерии подобия).  Применять метод подобия при моделировании процессов и явлений в различных областях механики, связанных с установившимся и неуставившимся движением жидкостей и газов.</p> <p>Навыками использования формул размерности в различных системах единиц измерения;  Навыками проведения анализа размерностей с применением П-теоремы.  Преобразованием физических уравнений и нахождения критериев и индикаторов подобия, необходимых и достаточных условий подобия.</p>
--	---

<p>наименования, возможности и порядок работы в них; автоматизированные системы создания электронных библиотек: наименования, возможности и порядок работы с ними; автоматизированные системы управления организацией: возможности и порядок работы в них; автоматизированные системы управления жизненным циклом продукции: наименования, возможности и порядок работы в них; автоматизированные системы проектирования и управления данными: наименования, возможности и порядок работы в них; автоматизированные системы инженерных расчетов: наименования, возможности и порядок работы в них; автоматизированная система управления взаимоотношениями с клиентами: наименования, возможности и порядок работы в них; электронные справочные системы и библиотеки: наименования, возможности и порядок работы в них; порядок работы с электронным архивом технической документации; порядок утилизации продукции машиностроения и правила оформления документации по утилизации.</p>	
--	--

<p>ПК-2.2: Уметь оказывать информационную поддержку жизненного цикла в области накопления, хранения и сопровождения данных о продукции машиностроения, используя системы управления данными; вести электронный документооборот;</p>	<p>Критерии и индикаторы подобия; Теоремы подобия, размерности физических величин. Формулы размерностей физических величин; Подобные преобразования дифференциальных уравнений, начальных (граничных) условий. Использовать возможности общей теории размерности в различных задачах механики (в первую очередь - механики жидкости и газа); Определять безразмерные комплексы (критерии подобия).</p>
<p>использовать программные продукты по обеспечению жизненного цикла продукции машиностроения; разрабатывать техническое задание на производство продукции машиностроения; разрабатывать техническое задание на конструкторскую документацию; читать конструкторскую и технологическую документацию, в том числе используя системы автоматизированного проектирования и системы автоматизированной технологической подготовки производства; корректировать конструкторскую и технологическую документацию; планировать и контролировать проведение испытаний продукции машиностроения, в том числе с использованием прикладных программ статистического анализа; проводить мероприятия по реновации продукции машиностроения; разрабатывать предложения по установлению и корректировке гарантийных сроков эксплуатации продукции машиностроения; проводить мероприятия, направленные на повышение качества изготавливаемой продукции машиностроения; проводить мероприятия по продлению жизненного цикла</p>	<p>Находить условия подобия механических систем; Находить условия подобия упругих тел, находящихся под действием внешних сил; находить зависимости между параметрами системы. Преобразованием физических уравнений и нахождением критериев и индикаторов подобия, необходимых и достаточных условий подобия. Умением составлять формулы размерностей различных физических величин.</p>

<p>продукции машиностроения; обосновывать количественные и качественные требования к производственным ресурсам, необходимым для решения поставленных производственных задач; использовать электронные справочные системы и библиотеки, электронные архивы для выявления перспективных и устаревших изделий, конструкций, технологических процессов; разрабатывать модели жизненного цикла продукции машиностроения; организовывать сервисное обслуживание и ремонт продукции машиностроения; обосновывать процесс утилизации продукции машиностроения.</p>	
--	--

<p>ПК-2.3: Владеть навыками организации внутрипроизводственной логистики; управления жизненным циклом продукции машиностроения на этапе проектирования; управления жизненным циклом продукции машиностроения на этапе разработки конструкторской и технологической документации; контроля процесса подготовки продукции машиностроения к постановке на производство; управления жизненным циклом продукции машиностроения на этапе производства; управления жизненным циклом продукции машиностроения на этапе эксплуатации; организации сервисной поддержки продукции машиностроения; управления реновационными технологиями производства</p>	<p>Критерии и индикаторы подобия; Теоремы подобия, размерности физических величин. Формулы размерностей физических величин; Подобные преобразования дифференциальных уравнений, начальных (граничных )условий. Применять современные методы и средства исследования для решения конкретных задач моделирования. Находить условия подобия механических систем; Находить условия подобия упругих тел, находящихся под действием внешних сил; находить зависимости между параметрами системы. Методикой нахождения необходимых и достаточных условий подобия механических систем; зависимостей между величинами, входящими в критерии подобия. Навыками подобных преобразований (физических и метрических) величин; функций, производных, уравнений, отражающих те или иные физические процессы и явления.</p>
<p>продукции машиностроения; контроля процесса утилизации продукции машиностроения; организации взаимосвязи стадий жизненного цикла продукции машиностроения.</p>	
<p><b>ПК-5: Способен осуществлять автоматизированное проектирование технологических процессов изготовления деталей из конструкционных, инструментальных, коррозионно-стойких сталей, чугунов различных видов, цветных сплавов, обрабатываемых резанием</b></p>	

<p>ПК-5.1: Знать основные принципы работы в современных САD-системах; современные САD -системы, их функциональные возможности для проектирования геометрических 2d- и 3d-моделей машиностроительных изделий средней сложности; нормативно-технические и</p>	<p>Знать методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях методы критического анализа и оценки современных научных достижений.</p> <p>Методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.</p> <p>Анализировать альтернативные варианты решения</p>
<p>руководящие документы в области технологичности; последовательность действий при оценке технологичности конструкции машиностроительных изделий средней сложности; критерии качественной оценки технологичности конструкции машиностроительных изделий средней сложности; основные показатели количественной оценки технологичности конструкции машиностроительных изделий средней сложности; вспомогательные показатели количественной оценки технологичности конструкции машиностроительных изделий средней сложности; процедуры согласования и утверждения предложений по изменению конструкции машиностроительных изделий средней сложности с целью повышения их технологичности; функциональные возможности и особенности работы в pdm- и egr-системах, используемых в организации.</p>	<p>исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов.</p> <p>Физически корректно ставить задачи теоретической и прикладной механики, выбирать методы их анализа и решения, представлять и интерпретировать полученные результаты.</p> <p>Методами математического моделирования.</p> <p>Методами и приёмами самостоятельного мышления при выборе моделей и алгоритмов оптимизации для решения инженерных задач.</p>

<p>ПК-5.2: Уметь использовать cad-системы для выявления нетехнологичных элементов конструкции машиностроительных изделий средней сложности; разрабатывать с применением</p>	<p>Математические основы построения моделей в исследуемой проблемной области. Методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях. Разрабатывать, обосновывать и тестировать эффективных вычислительные методы с</p>
<p>cad-систем предложения по повышению технологичности конструкции машиностроительных изделий средней сложности; рассчитывать основные показатели количественной оценки технологичности конструкции машиностроительных изделий средней сложности; рассчитывать вспомогательные показатели количественной оценки технологичности конструкции машиностроительных изделий средней сложности; оценивать предложения по повышению технологичности конструкции деталей машиностроения, внесенные специалистами более низкой квалификации.</p>	<p>применением современных компьютерных технологий. Физически корректно ставить задачи теоретической и прикладной механики, выбирать методы их анализа и решения, представлять и интерпретировать полученные результаты. Методами и приёмами самостоятельного мышления при выборе моделей и алгоритмов оптимизации для решения инженерных задач. Методами работы с системами автоматизированного моделирования и проектирования систем.</p>

<p>ПК-5.3: Владеть навыками анализа с применением cad-систем технологичности конструкции машиностроительных изделий средней сложности; качественной и количественной оценка технологичности конструкции машиностроительных изделий средней сложности; разработки с применением cad-систем предложений по изменению конструкции машиностроительных изделий средней сложности с целью повышения их технологичности; контроля предложений по повышению технологичности, внесенных специалистами более низкой</p>	<p>Математические основы построения моделей в исследуемой проблемной области.  Методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.  Разрабатывать системы компьютерного и имитационного моделирования.  Физически корректно ставить задачи теоретической и прикладной механики, выбирать методы их анализа и решения, представлять и интерпретировать полученные результаты.  Методами и приёмами самостоятельного мышления при выборе моделей и алгоритмов оптимизации для решения инженерных задач.  Методами работы с системами автоматизированного моделирования и проектирования систем.</p>
<p>квалификации.</p>	

<p>ПК-5.4: Знать основные принципы работы в современных cad-системах; современные cad-системы, их функциональные возможности для проектирования геометрических 2d- и 3d-моделей машиностроительных изделий высокой сложности; нормативно-технические и руководящие документы в области технологичности; последовательность действий при оценке технологичности конструкции машиностроительных изделий высокой сложности; критерии качественной оценки технологичности конструкции машиностроительных изделий высокой сложности; основные показатели количественной оценки технологичности конструкции машиностроительных изделий высокой сложности; вспомогательные показатели количественной оценки</p>	<p>Математические основы построения моделей в исследуемой проблемной области.  Методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.  Адекватно подойти к проблеме компьютерного моделирования и исследования рассматриваемого физического явления;  Сформулировать цель выбрать методы моделирования и уметь оценить адекватность полученных результатов реальным протекающим процессам.  Самостоятельно работать со специальной математической литературой, посвященной механике деформируемого твердого тела и механике жидкости и газа.  Методами планирования процессов решения научно-технических задач.  Методами работы с системами автоматизированного моделирования и проектирования систем.</p>
<p>технологичности конструкции машиностроительных изделий высокой сложности;  процедуры согласования и утверждения предложений по изменению конструкции машиностроительных изделий высокой сложности с целью повышения их технологичности;  функциональные возможности и особенности работы системах, используемых в организации pdm- и epr-системах, используемых в организации.</p>	

<p>ПК-5.5: Уметь использовать cad-системы для выявления нетехнологичных элементов конструкции машиностроительных изделий высокой сложности;</p>	<p>Актуальные проблемы механики сплошных сред, теории упругости, пластичности и вязкоупругости, гидродинамической устойчивости и турбулентности, гидродинамики многофазных сред, неньютоновских жидкостей и жидкостей с особыми свойствами. Математические основы построения моделей в</p>
<p>разрабатывать с применением cad-систем предложения по повышению технологичности конструкции машиностроительных изделий высокой сложности; рассчитывать основные показатели количественной оценки технологичности конструкции машиностроительных изделий высокой сложности; рассчитывать вспомогательные показатели количественной оценки технологичности конструкции машиностроительных изделий высокой сложности; оценивать предложения по повышению технологичности конструкции деталей машиностроения, внесенные специалистами более низкой квалификации.</p>	<p>исследуемой проблемной области. Адекватно подойти к проблеме компьютерного моделирования и исследования рассматриваемого физического явления. Самостоятельно работать со специальной математической литературой, посвященной механике деформируемого твердого тела и механике жидкости и газа. Интенсивной научно-исследовательской и научно-изыскательской деятельности. Методами работы с системами автоматизированного моделирования и проектирования систем.</p>

<p>ПК-5.6: Владеть навыками анализа с применением cad-систем технологичности конструкции машиностроительных изделий высокой сложности; качественной и количественной оценки технологичности конструкции машиностроительных изделий высокой сложности; разработки с применением cad-систем предложений по изменению конструкции машиностроительных изделий высокой сложности с целью повышения их технологичности; контроля предложений по повышению технологичности, внесенных</p>	<p>Математические основы построения моделей в исследуемой проблемной области.  Методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.  Разрабатывать, обосновывать и тестировать эффективных вычислительные методы с применением современных компьютерных технологий.  Адекватно подойти к проблеме компьютерного моделирования и исследования рассматриваемого физического явления.  Методами работы с системами автоматизированного моделирования и проектирования систем.  Интенсивной научно-исследовательской и научно-изыскательской деятельности.</p>
<p>специалистами более низкой квалификации.</p>	

#### **1.4 Особенности реализации дисциплины**

Язык реализации дисциплины: Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

## 2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад. час)	е
		1
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>0,5 (18)</b>	
занятия лекционного типа	0,22 (8)	
лабораторные работы	0,28 (10)	
иная внеаудиторная контактная работа:	0,01 (0,4)	
индивидуальные занятия	0,01 (0,4)	
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>1,49 (53,6)</b>	
курсовое проектирование (КП)	Нет	
курсовая работа (КР)	Нет	
<b>Промежуточная аттестация (Экзамен)</b>	<b>0,93 (33,6)</b>	

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

№ п/п		Модули, темы (разделы) дисциплины		Контактная работа, ак. час.								
				Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				Самостоятельная работа, ак. час.		
						Семинары и/или Практические занятия		Лабораторные работы и/или Практикумы				
						Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС			Всего
<b>1. Теория размерностей</b>												
		1. Теория размерностей. Единицы измерения. Системы единиц измерения. Алгебраический метод построения безразмерных комплексов		2								
		2. Получение безразмерных комплексов алгебраическим методом.						2				
		3. Самостоятельная работа студентов по подготовке к занятиям, оформлению отчетов по лабораторным работам и выполнению заданий									12	1
<b>2. Теория подобия.</b>												
		1. Подобие в математике. Подобие в физике. Критерии подобия. Теоремы подобия. Метод приведения. Критериальные уравнения и их получение		2								
		2. Построение критериальных уравнений.						2				

3. Самостоятельная работа студентов по подготовке к занятиям, оформлению отчетов по лабораторным работам и выполнению заданий							12	1
<b>3. Подобие в гидравлике и теплопроводности</b>								
1. Подобие в гидравлике и теплопроводности	2							
2. Моделирование в теплообмене. Критерии теплообмена.					2			
3. Самостоятельная работа студентов по подготовке к занятиям, оформлению отчетов по лабораторным работам и выполнению заданий							12	1
<b>4. Практическое приложение методов теории подобия</b>								
1. Практическое приложение методов теории подобия	2							
2. Приближенное подобие при упругих деформациях					2			
3. Подобие при динамическом действии нагрузок					2			
4. Самостоятельная работа студентов по подготовке к занятиям, оформлению отчетов по лабораторным работам и выполнению заданий							17,6	1
5.								
6.								
7.								
Всего	8				10		53,6	4

## 4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 4.1 Печатные и электронные издания:

1. Докшанин С. Г. Методы подобия и размерности в механике: учеб.-метод. пособие [для студентов программы подгот. 151000.68.02 «Надежность технологических машин и оборудования нефтегазового комплекса»] (Красноярск: СФУ).
2. Рожков В. П. Моделирование геологоразведочных процессов. Теория подобия и анализ размерностей.: учебное пособие для специальности 080700 "Технология и техника разведки месторождений полезных ископаемых"(Красноярск: Красноярская академия цветных металлов и золота [ГАЦМиЗ]).
3. Седов Л. И. Методы подобия и размерности в механике: монография (Москва: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит.).
4. Авдеевский В. С., Мельников В. А., Северцев Н. А. Надежность и эффективность в технике: Т. 4. Методы подобия в надежности: справочник : в 10-ти т.(Москва: Машиностроение).
5. Веников В.А., Веников Г.В. Теория подобия и моделирования: (Применительно к задачам электроэнергетики): Учеб. для вузов по спец. "Кибернетика электр. систем"(Москва: Высшая школа).
6. Чистяков В. В. Методы подобия и размерностей в литейной гидравлике (Москва: Машиностроение).
7. Седов Л. И., Мельникова Н. С. Методы подобия и размерности в механике: научное издание(Москва: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит.).
8. Силин С. С. Метод подобия при резании материалов(Москва: Машиностроение).
9. Седов Л. И. Методы подобия и размерности в механике: монография (Москва: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит.).
10. Биркгоф Г., Погребыский И.Б., Гуревич М.И., Смирнов В.А. Гидродинамика. Методы. Факты. Подобие(Москва: Изд-во иностр. лит.).
11. Попов Ю. Н., Прилепский Р. К., Скуба В. Н., Бейлин А. Ю. Основы нелинейной теории подобия пневматических бурильных машин (Новосибирск: Наука).
12. Лобасова М. С. Тепломассообмен. Основы теории подобия. Курс лекций: учебно-методическое пособие [для студентов напр. подготовки бакалавров 03.03.02 «Физика», 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика», 14.03.02 «Ядерная физика и технологии», 16.03.01 «Техническая физика». Рекомендуется для магистрантов укрупненных групп 03.00.00 «Физика и астрономия», 14.00.00 «Ядерная энергетика и технологии», 16.00.00 «Физико-технические науки и технологии», а также для аспирантов напр. 03.06.01 «Физика и астрономия» по специальности 01.04.14 «Теплофизика и теоретическая теплотехника»] (Красноярск: СФУ).
13. Кутателадзе С. С., Ярыгина Н. И. Анализ подобия в теплофизике (Новосибирск: Наука).

**4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):**

1. Microsoft® Windows Professional 7
2. Microsoft® Office Professional Plus 2010
3. MathWORKS MathLAB
4. PTC MathCAD
5. Компас 3D
6. ESET NOD32 Antivirus Business Edition
7. Adobe Acrobat Pro Extended 9.0
- 8.

**4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

1. Электронная библиотечная система «СФУ»;
2. Политематическая электронно-библиотечная система «Znanium» изд-ва «Инфра-М»;
3. Политематическая электронно-библиотечная система издательства «Лань»;
4. Политематическая БД российских диссертаций Российской государственной библиотеки;
5. Электронная библиотека РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина;
6. БД нормативно-правовой информации «Консультант плюс»;
7. Российские научные журналы на платформе elibrary.ru;
8. Российская БД нормативно-технической документации «NormaCS».

## **5 Фонд оценочных средств**

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

**6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа:

- Специализированная мебель: аудиторные столы и стулья; аудиторная доска.
- Технические средства обучения: проектор, экран для проектора, ноутбук с подключением к сети Интернет (неограниченный доступ) и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа:

- Специализированная мебель: аудиторные столы и стулья; аудиторная доска.
- Технические средства обучения: проектор, экран для проектора, ноутбук с подключением к сети Интернет (неограниченный доступ) и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Помещение для самостоятельной работы:

- Специализированная мебель: аудиторные столы и стулья, аудиторная доска, 12 компьютеров с подключением к сети Интернет (неограниченный доступ) и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации:

Специализированная мебель: аудиторные столы и стулья; аудиторная доска.

Технические средства обучения: проектор, экран для проектора, ноутбук с подключением к сети Интернет (неограниченный доступ) и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.