

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета _____ Саблин П.А.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Основы численного моделирования в материаловедении»

Направление подготовки	22.03.01 Материаловедение и технологии материалов
Направленность (профиль) образовательной программы	Материаловедение в машиностроении

Обеспечивающее подразделение
<i>Кафедра «Химия и материаловедение»</i>

Комсомольск-на-Амуре 2026

Разработчик рабочей программы:

Профессор, доктор технических наук
(должность, степень, ученое звание)

(подпись)

Башков О.В
(ФИО)

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой «Химия и
материаловедение»

(наименование кафедры)

(подпись)

Башков О.В

(ФИО)

1 Общие положения

Рабочая программа дисциплины «Основы численного моделирования в материаловедении» составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 02.06.2020 №702 от 02.06.2020, и основной профессиональной образовательной программы подготовки «Материаловедение в машиностроении» по направлению подготовки «22.03.01 Материаловедение и технологии материалов».

Задачи дисциплины	<ul style="list-style-type: none"> • Изучить основные понятия и методы численного моделирования, применяемые для решения материаловедческих задач. • Освоить метод конечных разностей (МКР) и метод конечных элементов (МКЭ) для решения уравнений теплопроводности, диффузии, механики деформируемого твердого тела. • Научиться строить математические модели технологических процессов обработки материалов (литьё, обработка давлением, термическая обработка, сварка) и рассчитывать температурные поля, напряжения, деформации. • Сформировать навыки работы с современными программными средствами численного моделирования (пакеты конечно-элементного анализа). • Овладеть методами верификации и валидации результатов моделирования, критического анализа полученных данных.
Основные разделы / темы дисциплины	<ol style="list-style-type: none"> 1. Введение в численное моделирование. Математические модели в материаловедении. 2. Метод конечных разностей (МКР) для решения одномерных и многомерных задач теплопроводности и диффузии. 3. Основы метода конечных элементов (МКЭ): вариационные принципы, аппроксимация, сетки. 4. МКЭ для задач механики деформируемого твердого тела (упругость, пластичность, ползучесть). 5. Моделирование фазовых и структурных превращений (диффузионные модели, модель Колмогорова-Джонсона-Мела-Аврами). 6. Численное моделирование технологических процессов (литьё, обработка давлением, термическая обработка, сварка). 7. Современные программные комплексы (ANSYS, Comsol, Abaqus), верификация и валидация моделей.

2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины «Основы численного моделирования в материаловедении» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Общепрофессиональные		
ОПК-1 Способен решать задачи про-	ОПК-1.1 Знает фундаментальные законы природы, ос-	Знать: законы природы, основные физиче-

<p>фессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общинженерные знания</p>	<p>новные физические и математические законы. ОПК-1.2 Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера. ОПК-1.3 Владеет навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач.</p>	<p>ские и математические законы. Уметь: применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера. Владеть: навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач.</p>
--	---	--

3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в состав блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к обязательной части.

Место дисциплины (этап формирования компетенции) отражено в схеме формирования компетенций, представленной в документе *Оценочные материалы*, размещенном на сайте университета www.knastu.ru / *Наш университет / Образование / 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» / Оценочные материалы*).

Дисциплина «Основы численного моделирования в материаловедении» частично реализуется в форме практической подготовки. Практическая подготовка организуется путем проведения практических занятий, лабораторных работ, иных видов учебной деятельности.

4 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебной работы

4.1 Структура и содержание дисциплины для очной формы обучения

Дисциплина «Основы численного моделирования в материаловедении» изучается на 2 курсе в 3 семестре.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч., в том числе контактная работа обучающихся с преподавателем 48 ч., промежуточная аттестация в форме зачета с оценкой, самостоятельная работа обучающихся 96 ч.

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)					
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			ИКР	Пром. аттест.	СРС
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы			
Раздел 1. Введение в численное моделирование. Математическое моделирование в материаловедении	4	4				16
<i>Тема 1.1. Понятие математиче-</i>	2	2				8

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)					
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			ИКР	Пром. аттест.	СРС
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы			
ской модели. Классификация моделей (аналитические, численные, статистические). Этапы численного моделирования: постановка задачи, дискретизация, решение, интерпретация.						
<i>Тема 1.2.</i> Основные уравнения механики сплошной среды и теплопереноса (законы сохранения массы, импульса, энергии). Граничные и начальные условия. Краевые задачи для уравнений в частных производных (эллиптического, параболического, гиперболического типа).	2	2				8
Раздел 2. Метод конечных разностей (МКР)	4	4				16
<i>Тема 2.1.</i> Основные понятия МКР: сетка, шаблон, аппроксимация производных конечными разностями. Явные и неявные разностные схемы. Устойчивость (критерий Куранта), сходимость и аппроксимация.	2	2				8
<i>Тема 2.2.</i> Применение МКР к задачам теплопроводности и диффузии. Решение одномерных (стержень, пластина) и двумерных задач. Учет переменных теплофизических свойств и источников тепла.	2	2				8
Раздел 3. Основы метода конечных элементов (МКЭ)	4	4				16
<i>Тема 3.1.</i> Вариационные принципы (метод Галеркина, метод Рунца). Понятие о конечном элементе. Функции формы для одномерных и двумерных элементов (стержневые, треугольные, четырехугольные).	2	2				8
<i>Тема 3.2.</i> Построение матриц жесткости и теплопроводности. Глобальная сборка ансамбля ко-	2	2				8

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)					
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			ИКР	Пром. аттест.	СРС
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы			
нечных элементов. Учет граничных условий (Дирихле, Неймана). Решение систем линейных алгебраических уравнений.						
Раздел 4. МКЭ для задач механики деформируемого твердого тела	4	4				16
<i>Тема 4.1.</i> Модели упругости (линейная, геометрически нелинейная). Определяющие соотношения. Пластичность: критерии текучести (Мизеса, Треска), ассоциированный закон течения.	2	2				8
<i>Тема 4.2.</i> Расчет напряженно-деформированного состояния деталей и конструкций. Контактные задачи. Ползучесть и релаксация напряжений. Применение к расчету инструмента и деталей машин.	2	2				8
Раздел 5. Моделирование фазовых превращений и диффузии	4	4				16
<i>Тема 5.1.</i> Диффузионные модели (законы Фика, уравнение диффузии с переменными коэффициентами). Численное решение многокомпонентной диффузии.	2	2				8
<i>Тема 5.2.</i> Модели фазовых превращений: кинетика (модель Джонсона–Мела–Аврами, диффузионно-контролируемый рост). Совместное моделирование диффузии и фазовых переходов при термической обработке.	2	2				8
Раздел 6. Численное моделирование технологических процессов и программные комплексы	4	4				16
<i>Тема 6.1.</i> Моделирование процессов литья (заполнение форм, затвердевание), обработки давлением (ковка, прокатка), сварки (тепловые циклы, остаточные напряжения). Термомеханические связанные задачи.	2	2				8

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)					
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			ИКР	Пром. аттест.	СРС
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы			
<i>Тема 6.2. Обзор программных комплексов конечно-элементного анализа (ANSYS Mechanical, Comsol Multiphysics, Abaqus, Deform). Верификация и валидация численных моделей. Практические аспекты подготовки расчетных моделей.</i>	2	2				8
ИТОГО по дисциплине	24 в том числе в форме практической подготовки	24* в том числе в форме практической подготовки				96

* реализуется в форме практической подготовки

5 Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Фонды оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обсуждаются и утверждаются на заседании кафедры. Полный комплект контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) хранится на кафедре-разработчике в бумажном или электронном виде, также фонды оценочных средств доступны студентам в личном кабинете – раздел учебно-методическое обеспечение.

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

6.1 Основная и дополнительная литература

Перечень рекомендуемой основной и дополнительной литературы представлен на сайте университета www.knastu.ru / *Наш университет* / *Образование* / 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» / *Рабочий учебный план* / *Реестр литературы*.

1. Зенкевич О., Морган К. Конечные элементы и аппроксимация. – М.: Мир, 1986. – 318 с.
2. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. – М.: Мир, 1979. – 392 с.
3. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. / О. Зенкевич. – пер. с англ. - М.: Мир, 1975. – 543 с.

6.2 Методические указания для студентов по освоению дисциплины

1. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. / О. Зенкевич. – пер. с англ. - М.: Мир, 1975. – 543 с.
2. Ким В.А. Технологии обработки поверхностей в машиностроении: Учебное пособие для вузов / В. А. Ким. - Комсомольск-на-Амуре: Изд-во Комсомольского-на-Амуре гос.техн.ун-та, 2009. – 166с.

6.3 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Каждому обучающемуся обеспечен доступ (удаленный доступ), в том числе в случае применения электронного обучения, дистанционных образовательных технологий, к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам, с которыми у университета заключен договор.

Перечень рекомендуемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем представлен на сайте университета www.knastu.ru / *Наш университет / Образование / 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» / Рабочий учебный план / Реестр ЭБС.*

Актуальная информация по заключенным на текущий учебный год договорам приведена на странице Научно-технической библиотеки (НТБ) на сайте университета <https://knastu.ru/page/3244>

6.4 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

На странице НТБ можно воспользоваться интернет-ресурсами открытого доступа по укрупненной группе направлений и специальностей (УГНС) 22.00.00 Технологии материалов: <https://knastu.ru/page/539>

7 Организационно-педагогические условия

Организация образовательного процесса регламентируется учебным планом и расписанием учебных занятий. Язык обучения (преподавания) - русский. Для всех видов аудиторных занятий академический час устанавливается продолжительностью 45 минут.

При формировании своей индивидуальной образовательной траектории обучающийся имеет право на перезачет соответствующих дисциплин и профессиональных модулей, освоенных в процессе предшествующего обучения, который освобождает обучающегося от необходимости их повторного освоения.

7.1 Образовательные технологии

Учебный процесс при преподавании курса основывается на использовании традиционных, инновационных и информационных образовательных технологий. Традиционные образовательные технологии представлены лекциями и семинарскими (практически-ми) занятиями. Инновационные образовательные технологии используются в виде широкого применения активных и интерактивных форм проведения занятий. Информационные образовательные технологии реализуются путем активизации самостоятельной работы студентов в информационной образовательной среде.

7.2 Занятия лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов учебного плана.

На первой лекции лектор обязан предупредить студентов, применительно к какому базовому учебнику (учебникам, учебным пособиям) будет прочитан курс.

Лекционный курс должен давать наибольший объем информации и обеспечивать более глубокое понимание учебных вопросов при значительно меньшей затрате времени, чем это требуется большинству студентов на самостоятельное изучение материала.

7.3 Занятия семинарского типа

Семинарские занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы.

Основной формой проведения семинаров является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях. В обязанности преподавателя входят: оказание методической помощи и консультирование студентов по соответствующим темам курса.

Активность на семинарских занятиях оценивается по следующим критериям:

- ответы на вопросы, предлагаемые преподавателем;
- участие в дискуссиях;
- выполнение проектных и иных заданий;
- ассистирование преподавателю в проведении занятий.

Ответ должен быть аргументированным, развернутым, не односложным, содержать ссылки на источники.

Доклады и оппонирование докладов проверяют степень владения теоретическим материалом, а также корректность и строгость рассуждений.

Оценивание заданий, выполненных на семинарском занятии, входит в накопленную оценку.

7.4 Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа студентов – это процесс активного, целенаправленного приобретения студентом новых знаний, умений без непосредственного участия преподавателя, характеризующийся предметной направленностью, эффективным контролем и оценкой результатов деятельности обучающегося.

Цели самостоятельной работы:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную и справочную документацию, специальную литературу;
- развитие познавательных способностей, активности студентов, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, творческой инициативы, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений и академических навыков.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, уровня сложности, конкретной тематики.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов университета.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Студенты должны подходить к самостоятельной работе как к наиважнейшему средству закрепления и развития теоретических знаний, выработке единства взглядов на отдельные вопросы курса, приобретения определенных навыков и использования профессиональной литературы.

7.5 Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

При самостоятельной проработке курса обучающиеся должны:

- просматривать основные определения и факты;
- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- изучить рекомендованную литературу, составлять тезисы, аннотации и конспекты наиболее важных моментов;
- самостоятельно выполнять задания, аналогичные предлагаемым на занятиях;
- использовать для самопроверки материалы фонда оценочных средств.

8 Материально-техническое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

8.1 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Университет обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства. Состав программного обеспечения, необходимого для освоения дисциплины, приведен на сайте университета www.knastu.ru / *Наш университет* / *Образование* / 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» / *Рабочий учебный план* / *Реестр ПО*.

Актуальные на текущий учебный год реквизиты / условия использования программного обеспечения приведены на странице ИТ-управления на сайте университета:

<https://knastu.ru/page/1928>

8.2 Учебно-лабораторное оборудование

Наименование аудитории (лаборатории)	Используемое оборудование
208/2	Оптический микроскоп. Микротвердомер. Осциллограф цифровой. Генератор Цифровой. Преобразователь-формирователь акустического поля. 16-и канал-

	ная АЭ система Лель-32DDM.
133/2	Испытательная машина Инстрон-3382
106/2	Отрезные станки

8.3 Технические и электронные средства обучения

Лекционные занятия.

Аудитории для лекционных занятий укомплектованы мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории (наборы демонстрационного оборудования (проектор, экран, компьютер/ноутбук), учебно-наглядные пособия, тематические иллюстрации).

Для реализации дисциплины подготовлены следующие презентации:

1. Нейросетевые методы анализа микроструктуры и дефектов.
2. Машинное обучение для прогнозирования свойств материалов.
- 3 Информационные системы для выбора материалов в машиностроении.
4. Сегментация изображений. Примеры использования CNN для классификации

дефектов литья и сварки.

Практические занятия.

Аудитории для практических занятий укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Лабораторные занятия.

Для лабораторных занятий используется аудитории № 208/2, 133/2, 106/2, оснащенная оборудованием, указанным в табл. 6:

Самостоятельная работа.

Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом к электронной информационно-образовательной среде КнАГУ:

- читальный зал НТБ КнАГУ;
- аудитории с компьютерами (ауд. 208 корпус № 2).

9 Иные сведения

Методические рекомендации по обучению лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. N АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производятся с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использо-

вания). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

