

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 1

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы

доц., к.т.н.

(должность, уч. степень, звание)

Р.Н. Целмс

(инициалы, фамилия)

(подпись)

«10» февраля 2025 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Имитационное моделирование физических и технологических процессов»
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	27.05.02
Наименование направления подготовки/ специальности	Метрологическое обеспечение вооружения и военной техники
Наименование направленности	Метрологическое обеспечение космических средств
Форма обучения	очная
Год приема	2025

Санкт-Петербург– 2025

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

доцент, к.т.н.

(должность, уч. степень, звание)

(подпись, дата)

Е.Э. Аман

(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 1

«03» февраля 2025 г, протокол № 02/1

Заведующий кафедрой № 1

д.ф.-м.н., доц.

(уч. степень, звание)

(подпись, дата)

А.О. Смирнов

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института ФПТИ по методической работе

доц., к.т.н.

(должность, уч. степень, звание)

(подпись, дата)

Н.Ю. Ефремов

(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Имитационное моделирование физических и технологических процессов» входит в образовательную программу высшего образования – программу специалитета по направлению подготовки/ специальности 27.05.02 «Метрологическое обеспечение вооружения и военной техники» направленности «Метрологическое обеспечение космических средств». Дисциплина реализуется кафедрой «№1».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

УК-1 «Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий»

ПК-6 «Способен применять технологии искусственного интеллекта в профессиональной деятельности»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с основами построения и анализа простых имитационных и математических моделей, что позволяет достаточно полно и точно отражать свойства и поведение сложных конструктивных элементов современного технологического оборудования и машиностроения.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: *лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа обучающегося, курсовое проектирование.*

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме зачета.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский»

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Цель преподавания дисциплины обеспечивает привитие студентам навыков, связанных с основами построения и анализа простых имитационных и математических моделей, что позволяет достаточно полно и точно отражать свойства и поведение сложных конструктивных элементов современного технологического оборудования и машиностроения.

1.2. Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Универсальные компетенции	УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.3.1 знать методы критического анализа и системного подхода УК-1.3.3 знать цифровые ресурсы, инструменты и сервисы, включая интеллектуальные технологии, для решения задач/проблем профессиональной деятельности УК-1.У.1 уметь осуществлять критический анализ и синтез информации, в том числе с применением искусственного интеллекта УК-1.У.3 уметь вырабатывать стратегию действий для решения проблемной ситуации УК-1.В.2 владеть навыками использования алгоритмов и цифровых средств, предназначенных для анализа информации и данных
Профессиональные компетенции	ПК-6 Способен применять технологии искусственного интеллекта в профессиональной деятельности	ПК-6.3.2 знать методы имитационного моделирования ПК-6.У.1 уметь обрабатывать, визуализировать и анализировать данные ПК-6.В.2 владеть навыками применения имитационного моделирования физических и технологических процессов

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- «Механика»
- «Математика. Аналитическая геометрия и линейная алгебра»
- «Математика. Математический анализ»

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и используются при изучении других дисциплин:

- «Теоретические основы нанодиагностики»,
- «Основы проектирования военной измерительной техники»

3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№6
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	3/ 108	3/ 108
Из них часов практической подготовки	25	25
Аудиторные занятия, всего час.	68	68
в том числе:		
лекции (Л), (час)	17	17
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
лабораторные работы (ЛР), (час)	34	34
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)	17	17
экзамен, (час)		
Самостоятельная работа, всего (час)	40	40
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Зачет	Зачет

Примечание: ** кандидатский экзамен

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 6					
Раздел 1. Основы линейного статического анализа	17		34		
Тема 1.1. Основы Ansys Mechanical	1		2		
Тема 1.2. Подготовка задачи	1		2		
Тема 1.3. Создание сетки	2		2		
Тема 1.4. Моделирование соединений	2		2		
Тема 1.5. Удаленные граничные условия	2		4		
Тема 1.6. Статический расчет	1		4		
Тема 1.7. Обработка результатов	1		4		
Тема 1.8. Многошаговое решение	1		4		
Тема 1.9. Интеграция с CAD и параметры	1		4		
Выполнение курсового проекта				17	
Итого в семестре:	17		34	17	40

Итого	17	0	34	17	40

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	<p>Раздел 1. Основы линейного статического анализа</p> <p>Тема 1.1. Основы ANSYS Mechanical</p> <p>Курс посвящен основам линейных статических расчетов в ANSYS Mechanical. Пояснение цели курса - понимание пользовательского интерфейса и проведение линейных статических расчетов. Вводятся основные понятия, определения, осуществляется знакомство с интерфейсом программы.</p> <p>Тема 1.2. Подготовка задачи</p> <p>Тема посвящена основным инструментам для подготовки задачи. Рассматриваются типы геометрических объектов, системы координат и именованные наборы. Упоминается функция информации о выборе.</p> <p>Тема 1.3. Создание сетки</p> <p>Обсуждение рабочего процесса создания сетки. Глобальные и локальные элементы управления сеткой. Инструмент MeshEdit для работы с готовой сеткой. Показатели качества сетки и их значение.</p> <p>Тема 1.4. Моделирование соединений</p> <p>Обсуждение моделирования соединений в курсе основ линейных статических расчетов. Введение в теоретический материал и практику. Контакт, точечная сварка, соединение сетки, рабочий лист соединений, шарниры, пружины и балки. Основное внимание уделяется важным понятиям и настройкам.</p> <p>Тема 1.5. Удаленные граничные условия</p> <p>Обсуждение удаленных граничных условий и уравнений связи. Определение термина "удаленные граничные условия". Примеры удаленных условий: точечная масса, пружины, шарниры, удаленные перемещения, силы и моменты.</p> <p>Тема 1.6. Статический расчет</p> <p>Эта тема подытоживает предыдущие пять. Введение в основы линейного статического анализа, геометрию, свойства материала, контакты и настройки анализа.</p> <p>Тема 1.7. Обработка результатов</p> <p>Обсуждение обработки результатов в линейных статических расчетах. Введение в тему сингулярности напряжения.</p> <p>Тема 1.8. Многошаговое решение</p> <p>Обсуждение настроек шагов, управления нагрузками, обработки результатов и комбинаций решений.</p> <p>Тема 1.9. Интеграция с CAD и параметры</p> <p>Обсуждение интеграции CAD и параметрических расчетов в механике. Введение в геометрический интерфейс для импорта геометрии из CAD в механику. Преимущества использования геометрического интерфейса для ускорения работы.</p>

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено					

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 6				
1	Основы ANSYS Mechanical	2		
2	Именованные выборки	2		
3	Генератор объектов	2		
4	Глобальные настройки сетки	2		
5	Локальные настройки сетки	2		
6	Моделирование контактов и шарниров	4		
7	Работа с удаленными граничными условиями	4		
8	Статический расчет крана	4		
9	Решение задач сеточной сходимости	4		
10	Моделирование корпуса турбины с учетом затяжки болтов	4		
11	Параметрический расчет кронштейна	4		
Всего		34		

4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы

Цель курсового проекта:

Часов практической подготовки:

Примерные темы заданий на курсовой проект приведены в разделе 10 РПД.

4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 6, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	30	30
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю	5	5

успеваемости (ТКУ)		
Домашнее задание (ДЗ)		
Контрольные работы заочников (КРЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	5	5
Всего:	40	40

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий
Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.
Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
	Введение в технологии компьютерного моделирования. ANSYS MECHANICAL APDL: практическое руководство : учебное пособие / Ю. В. Никитюк, А. А. Середа, Д. Л. Коваленко, А. С. Руденков. — Гомель : ГГУ имени Ф. Скорины, 2023. — 47 с. — ISBN 978-985-577-949-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/370028 (дата обращения: 05.04.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.	
	Брытков, Е. В. Численное моделирование прочностных задач в среде ANSYS : учебное пособие / Е. В. Брытков. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2022. — 40 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/382265 (дата обращения: 05.04.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.	

7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»
Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.
Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
https://e.lanbook.com/	Электронно-библиотечная система Лань

8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

8.2. Перечень информационно-справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Лекционная аудитория – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, набором демонстрационного оборудования и учебно-наглядными пособиями, обеспечивающими тематические иллюстрации, соответствующие рабочим учебным программам дисциплин (модулей).	Фонд лекционных аудиторий ГУАП
2	Аудитории для проведения практических занятий – укомплектованы специализированной (учебной) мебелью, набором демонстрационного оборудования и учебнонаглядными пособиями, обеспечивающими тематические иллюстрации, соответствующие рабочим учебным программам дисциплин (модулей).	Фонд аудиторий ГУАП (ул. Гастелло 15, ауд. 24-12)
3	Помещение для самостоятельной работы – укомплектовано специализированной (учебной) мебелью, оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации.	Фонд аудиторий ГУАП (ул. Гастелло 15, ауд. 24-12)

4	Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.	Фонд аудиторий ГУАП (ул. Гастелло 15, ауд. 24-12)
---	---	--

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Зачет	Список вопросов; Тесты
Выполнение курсового проекта	Экспертная оценка на основе требований к содержанию курсового проекта.

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 – Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий.
«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий.
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий.

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений.

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
1	Какие основные требования предъявляются к геометрической модели при подготовке задачи для линейного статического анализа?	УК-1.3.1
2	Опишите последовательность действий при создании параметрической модели в Ansys Mechanical.	
3	Какие факторы необходимо учитывать при выборе типа конечных элементов для линейного статического анализа?	
4	В чем заключаются особенности создания сетки для тонкостенных конструкций?	
5	Какие критерии используются для оценки качества конечно-элементной сетки?	
6	Опишите основные типы граничных условий, используемых в линейном статическом анализе.	УК-1.3.3
7	Какие параметры необходимо учитывать при назначении нагрузок в задачах линейного статического анализа?	
8	В чем заключаются особенности моделирования соединений в линейном статическом анализе?	
9	Опишите основные методы проверки сходимости решения в линейном статическом анализе.	
10	Какие параметры необходимо учитывать при назначении материалов для линейного статического анализа?	
11	В чем заключаются особенности обработки результатов линейного статического анализа?	УК-1.У.1
12	Опишите основные типы постпроцессорной обработки результатов в Ansys Mechanical.	
13	Какие факторы влияют на точность решения при линейном статическом анализе?	
14	В чем заключаются особенности проведения многошагового решения в линейном статическом анализе?	
15	Опишите основные методы проверки корректности конечно-элементной модели.	

16	Какие параметры необходимо учитывать при создании сетки для моделирования концентраторов напряжений?	УК-1.У.3
17	В чем заключаются особенности моделирования симметричных конструкций в линейном статическом анализе?	
18	Опишите основные методы проверки качества сетки для линейного статического анализа.	
19	Какие факторы влияют на выбор размера элементов при создании сетки?	
20	В чем заключаются особенности назначения нагрузок при моделировании температурных воздействий?	
21	Опишите основные типы контактных пар, используемых в линейном статическом анализе.	УК-1.В.2
22	Какие параметры необходимо учитывать при назначении свойств контакта в линейном статическом анализе?	
23	В чем заключаются особенности моделирования жестких тел в линейном статическом анализе?	
24	Опишите основные методы проверки корректности граничных условий.	
25	Какие факторы влияют на выбор типа элементов при моделировании балочных конструкций?	
26	В чем заключаются особенности создания сетки для моделирования сварных соединений?	ПК-6.3.2
27	Опишите основные методы проверки сходимости решения при моделировании тонкостенных конструкций.	
28	Какие параметры необходимо учитывать при назначении материалов для композитных конструкций?	
29	В чем заключаются особенности обработки результатов для конструкций с концентраторами напряжений?	
30	Опишите основные методы проверки корректности результатов линейного статического анализа.	
31	Какие факторы влияют на выбор типа элементов при моделировании пластинчатых конструкций?	ПК-6.У.1
32	В чем заключаются особенности создания сетки для моделирования отверстий?	
33	Опишите основные методы проверки качества конечно-элементной модели при моделировании соединений.	
34	Какие параметры необходимо учитывать при назначении нагрузок для моделирования давления?	
35	В чем заключаются особенности обработки результатов для конструкций с жесткими телами?	
36	Опишите основные методы проверки сходимости решения при моделировании температурных воздействий.	ПК-6.В.2
37	Какие факторы влияют на выбор типа элементов при моделировании массивных конструкций?	
38	В чем заключаются особенности создания сетки для моделирования ребер жесткости?	
39	Опишите основные методы проверки корректности назначения материалов.	
40	Какие параметры необходимо учитывать при обработке результатов для конструкций с контактными парами?	

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы
1	Исследование напряженно-деформированного состояния сварной конструкции автомобильного кузова при статической нагрузке
2	Анализ прочности и жесткости авиационной панели при различных вариантах крепления
3	Моделирование работы трубопроводной опоры с учетом реальных контактных взаимодействий
4	Исследование влияния формы поперечного сечения на прочность балочной конструкции
5	Анализ распределения напряжений в узле крепления промышленного оборудования
6	Расчет и оптимизация конструкции теплообменного аппарата с учетом температурных воздействий
7	Исследование влияния концентраторов напряжений на прочность детали машиностроения
8	Анализ работы подшипникового узла при статической нагрузке
9	Моделирование взаимодействия деталей в резьбовом соединении
10	Расчет прочности и жесткости корпуса бытовой техники при эксплуатационных нагрузках
11	Исследование напряженно-деформированного состояния тонкостенной конструкции при изгибе
12	Анализ прочности и жесткости мостовой конструкции с учетом собственного веса и эксплуатационных нагрузок
13	Моделирование работы несущей конструкции здания при статической нагрузке

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
1	Какой тип конечных элементов рекомендуется использовать для моделирования тонкостенных конструкций? а) Твердотельные элементы б) Оболочечные элементы ✓ в) Бегущие элементы г) Узловые элементы	УК-1.3.1
2	При проведении многошагового решения необходимо учитывать: (выберите все верные варианты) а) ✓ Последовательность приложения нагрузок б) Температурные воздействия в) ✓ Зависимость результатов предыдущего шага г) ✓ Величину шага нагрузки	
3	Соотнесите типы конечных элементов с их назначением: Левый столбец:	

	А) Твердотельные элементы → 3) Расчет объемных тел Б) Оболочечные элементы → 1) Моделирование тонкостенных конструкций В) Структурные элементы → 4) Моделирование балок и стержней Г) Контактные элементы → 2) Описание взаимодействия между телами	
4	Определите последовательность действий при работе с симметриями: А) Задание граничных условий Б) Определение плоскости симметрии В) Создание полной геометрии Г) Построение усеченной модели Д) Проверка результатов Правильный ответ: ВБГАД	
5	Опишите основные этапы подготовки геометрической модели для конечно-элементного анализа. Какие требования предъявляются к качеству геометрии? Приведите примеры типичных ошибок при подготовке геометрии и способы их устранения.	
6	При создании сетки для линейного статического анализа какой критерий является наиболее важным? а) Равномерность размеров элементов б) Минимизация количества элементов в) Соответствие размеров элементов характерным размерам конструкции ✓ г) Использование только тетраэдрических элементов	УК-1.3.3
7	При обработке результатов линейного статического анализа можно получить: (выберите все верные варианты) а) ✓ Распределение эквивалентных напряжений б) Температурное поле в) ✓ Деформированную конфигурацию г) ✓ Векторы перемещений	
8	Установите соответствие между параметрами сетки и их влиянием на точность расчета: Левый столбец: А) Размер элементов → 3) Определяет глобальную точность расчета Б) Форма элементов → 2) Влияет на искажение элементов В) Плотность сетки → 1) Определяет локальную точность в области концентраторов Г) Тип элементов → 4) Определяет возможность моделирования геометрии	
9	Расположите этапы проверки качества сетки в правильном порядке: А) Корректировка сетки Б) Проверка качества элементов В) Анализ градиента размеров Г) Оценка искажения элементов Д) Проверка плотности сетки Правильный ответ: БГДВА	
10	Какие факторы необходимо учитывать при выборе типа конечных элементов для конкретной задачи? Сравните преимущества и недостатки использования твердотельных, оболочечных и	

	структурных элементов.	
11	Какой параметр НЕ учитывается при назначении нагрузок в линейном статическом анализе? а) Интенсивность нагрузки б) Направление действия нагрузки в) Частота приложения нагрузки ✓ г) Точка приложения нагрузки	УК-1.У.1
12	Какие методы используются для проверки корректности конечно-элементной модели? (выберите все верные варианты) а) ✓ Сравнение с аналитическим решением б) Изменение типа элементов в) ✓ Проверка баланса сил г) ✓ Анализ распределения напряжений	
13	Соотнесите типы граничных условий с их применением: Левый столбец: А) Жесткое закрепление → 1) Полное исключение перемещений Б) Упругое закрепление → 2) Ограничение перемещений с упругим восстановлением В) Защемление → 3) Запрет всех перемещений и поворотов Г) Шарнирное соединение → 4) Ограничение линейных перемещений с возможностью поворота	
14	Установите порядок действий при параметрическом исследовании: А) Создание параметрической модели Б) Задание диапазонов изменения параметров В) Проведение серии расчетов Г) Анализ результатов Д) Определение параметров оптимизации Правильный ответ: АБДВГ	
15	Объясните принцип работы метода конечных элементов при решении статических задач. Как формируется система уравнений МКЭ? Какие основные матрицы участвуют в решении и что они характеризуют?	
16	Что необходимо проверить в первую очередь при анализе качества конечно-элементной сетки? а) Процент деформированных элементов ✓ б) Размер самого большого элемента в) Равномерность распределения узлов г) Общее количество элементов	УК-1.У.3
17	При проведении многошагового решения необходимо учитывать: (выберите все верные варианты) а) ✓ Последовательность приложения нагрузок б) Температурные воздействия в) ✓ Зависимость результатов предыдущего шага г) ✓ Величину шага нагрузки	
18	Установите соответствие между этапами расчета и их последовательностью: Левый столбец: А) Создание сетки → 2) Второй этап Б) Назначение нагрузок → 3) Третий этап В) Подготовка геометрии → 1) Первый этап Г) Анализ результатов → 4) Последний этап	

19	<p>Определите последовательность действий при работе с контактными взаимодействиями:</p> <p>А) Задание контактного взаимодействия Б) Определение целевой поверхности В) Назначение контактного давления Г) Выбор типа контакта Д) Определение базовой поверхности Правильный ответ: ГДАБВ</p>	
20	<p>Опишите различные типы граничных условий, используемых в статическом анализе. Приведите примеры задач, где применяются:</p> <p>жесткое закрепление упругое закрепление защемление шарнирное соединение</p>	
21	<p>Какой тип граничных условий используется для моделирования жесткой заделки?</p> <p>а) Полное закрепление всех степеней свободы ✓ б) Закрепление только линейных перемещений в) Закрепление только угловых перемещений г) Частичное закрепление по одному направлению</p>	УК-1.В.2
22	<p>При назначении материалов для линейного статического анализа необходимо указать: (выберите все верные варианты)</p> <p>а) ✓ Модуль упругости б) Коэффициент температурного расширения в) ✓ Коэффициент Пуассона г) ✓ Плотность материала</p>	
23	<p>Установите соответствие между типами анализа и их назначением:</p> <p>Левый столбец: А) Линейный статический анализ → 4) Расчет при постоянных нагрузках Б) Анализ устойчивости → 2) Определение критической нагрузки В) Динамический анализ → 1) Расчет собственных частот и форм колебаний Г) Тепловой анализ → 3) Расчет температурного поля</p>	
24	<p>Расположите этапы решения статической задачи в правильном порядке:</p> <p>А) Проверка сходимости решения Б) Построение сетки В) Подготовка расчетной схемы Г) Анализ результатов Д) Выполнение расчета Правильный ответ: ВБДАГ</p>	
25	<p>Какие параметры необходимо учитывать при создании сетки для обеспечения точности расчета? Опишите влияние:</p> <p>размера элементов формы элементов плотности сетки переходных зон</p>	
26	<p>При проведении линейного статического анализа какие напряжения рассчитываются по умолчанию?</p> <p>а) Главные напряжения</p>	ПК-6.3.2

	б) Эквивалентные напряжения ✓ в) Нормальные напряжения г) Касательные напряжения	
27	Какие типы граничных условий используются при моделировании соединений? (выберите все верные варианты) а) ✓ Жесткое закрепление б) ✓ Свободное перемещение в одном направлении в) Вращение вокруг произвольной оси г) ✓ Упругое закрепление	
28	Соотнесите типы напряжений с их определением: Левый столбец: А) Эквивалентные напряжения → 3) Характеризуют прочность материала Б) Главные напряжения → 4) Действуют в главных площадках В) Нормальные напряжения → 2) Действуют перпендикулярно сечению Г) Касательные напряжения → 1) Возникают в плоскости сечения	
29	Установите последовательность операций при назначении нагрузок: А) Задание инерционных нагрузок Б) Определение опорных условий В) Назначение поверхностных нагрузок Г) Задание объемных сил Д) Установка температурных воздействий Правильный ответ: БВГДА	
30	Какие типы напряжений используются при анализе результатов статического расчета? Объясните физический смысл: главных напряжений эквивалентных напряжений нормальных напряжений касательных напряжений	
31	Какой метод используется для проверки сходимости решения? а) Уменьшение размеров элементов ✓ б) Увеличение количества шагов нагрузки в) Изменение типа конечных элементов г) Изменение граничных условий	ПК-6.У.1
32	При анализе качества конечно-элементной сетки необходимо проверить следующие параметры: (выберите все верные варианты) а) ✓ Процент деформированных элементов б) ✓ Равномерность распределения размеров элементов в) Общее количество элементов г) ✓ Соотношение размеров смежных элементов	
33	Установите соответствие между параметрами материала и их физическим смыслом: Левый столбец: А) Модуль упругости → 2) Мера жесткости материала Б) Коэффициент Пуассона → 1) Отношение поперечной деформации к продольной В) Предел текучести → 3) Характеристика пластичности Г) Модуль сдвига → 4) Мера сопротивления сдвигу	
34	Определите последовательность действий при анализе	

	напряженно-деформированного состояния: А) Расчет модели Б) Определение типа элементов В) Задание свойств материала Г) Создание геометрической модели Д) Построение сетки Правильный ответ: ГДВДАБ	
35	Опишите основные критерии оценки качества конечно-элементной модели. Какие параметры необходимо проверять при верификации модели? Приведите примеры методов валидации результатов.	
36	При моделировании симметричной конструкции какой тип симметрии наиболее часто используется? а) Плоскостная симметрия ✓ б) Осевая симметрия в) Цилиндрическая симметрия г) Сферическая симметрия	ПК-6.В.2
37	Какие факторы влияют на выбор типа конечных элементов при создании сетки? (выберите все верные варианты) а) ✓ Толщина стенки конструкции б) Тип материала в) ✓ Характер нагружения г) ✓ Геометрия модели	
38	Соотнесите типы симметрии с их применением: Левый столбец: А) Плоскостная симметрия → 2) Для симметричных относительно плоскости тел Б) Осевая симметрия → 1) Для тел вращения В) Цилиндрическая симметрия → 3) Для тел с цилиндрической формой Г) Сферическая симметрия → 4) Для тел сферической формы	
39	Установите правильную последовательность этапов создания конечно-элементной модели: А) Назначение нагрузок и граничных условий Б) Создание сетки В) Подготовка геометрии Г) Анализ результатов Д) Проверка качества сетки Правильный ответ: ВБДБАГ	
40	Какие методы оптимизации сетки существуют? Опишите алгоритм адаптивного пересчета сетки. В каких случаях рекомендуется использовать неравномерную сетку?	

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру

проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

Структура предоставления лекционного материала:

- соответствует темам лекций п. 4.2.

11.2. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

Задание и требования к проведению лабораторных работ

Лабораторные работы по дисциплине «Имитационное моделирование физических и технологических процессов» проводятся в аудитории кафедры № 1 (ауд. 24-12). Для проведения лабораторных работ используются компьютеры с предустановленным ПО, позволяющие выполнять работы по имитационному моделированию по всем основным разделам дисциплины «Имитационное моделирование физических и технологических процессов». Порядок проведения лабораторной работы:

1. Вводная часть

- получение обучающимся допуска к работе (устный опрос)
- получение обучающимся задания
- сообщение преподавателем указаний к работе (описание лабораторной установки, напоминание о порядке выполнения работы и исследуемых параметрах, показ способов выполнения отдельных операций, предупреждение о возможных ошибках)

2. Основная часть

- выполнение обучающимся поставленной задачи
- сообщение преподавателем (в случае необходимости) дополнительных указаний (повторный показ или разъяснение исполнительских действий)

3. Заключительная часть

В заключительной части студент должен продемонстрировать полученные результаты преподавателю.

Структура и форма отчета о лабораторной работе

Отчет о лабораторной работе должен содержать следующие разделы:

- цель лабораторной работы
- формулировка задания
- основная часть (должна содержать описание лабораторной установки, необходимые таблицы, графики, экспериментальные данные и результаты расчетов)
- вывод (описываются итоги работы, проводится анализ полученных результатов)

Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

11.3. Требования к оформлению отчета о лабораторной работе изложены в действующем стандарте ГОСТ 7.32-2001 «Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления», который можно найти в Интернете на сайте ГУАП http://guap.ru/guap/standart/titl_main.shtml

11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению курсового проектирования/выполнения курсовой работы

Курсовой проект/ работа проводится с целью формирования у обучающихся опыта комплексного решения конкретных задач профессиональной деятельности.

Курсовая работа позволяет обучающемуся:

- систематизировать и закрепить полученные теоретические знания и практические умения по профессиональным учебным дисциплинам и модулям в соответствии с требованиями к уровню подготовки, установленными программой учебной дисциплины, программой подготовки специалиста соответствующего уровня, квалификации;
- применить полученные знания, умения и практический опыт при решении комплексных задач, в соответствии с основными видами профессиональной деятельности по направлению/ специальности/ программе;
- углубить теоретические знания в соответствии с заданной темой;
- сформировать умения применять теоретические знания при решении нестандартных задач;
- приобрести опыт аналитической, расчётной, конструкторской работы и сформировать соответствующие умения;

- сформировать умения работы со специальной литературой, справочной, нормативной и правовой документацией и иными информационными источниками;
- сформировать умения формулировать логически обоснованные выводы, предложения и рекомендации по результатам выполнения работы;
- развить профессиональную письменную и устную речь обучающегося;
- развить системное мышление, творческую инициативу, самостоятельность, организованность и ответственность за принимаемые решения;
- сформировать навыки планомерной регулярной работы над решением поставленных задач.

Структура пояснительной записки курсовой работы

Цель курсовой работы по дисциплине «Имитационное моделирование физических и технологических процессов»:

Цель курсовой работы по дисциплине «Имитационное моделирование физических и технологических процессов» заключается в:

1. Углублении и систематизации теоретических и практических знаний, полученных при изучении дисциплины
2. Формировании навыков:
 - самостоятельной исследовательской работы
 - практической деятельности в области цифрового проектирования
 - работы с современными инструментами моделирования
3. Развитии умений:
 - анализировать и обобщать научные данные
 - применять методы цифрового моделирования
 - оценивать достоверность результатов
 - представлять полученные результаты
4. Приобретении опыта:
 - проведения научно-исследовательских работ
 - использования специализированного программного обеспечения
5. Подготовке к:
 - выполнению выпускной квалификационной работы
 - профессиональной деятельности в области научных исследований
 - решению практических задач с помощью методов цифрового моделирования

Курсовая работа по дисциплине «Цифровое проектирование и моделирование в научных исследованиях» выполняется в формате научных статей, которые отражают как промежуточные, так и итоговые результаты проведенного исследования.

Требования к оформлению статей:

Промежуточные результаты оформляются в виде: статей-обзоров по исследуемой проблематике, статей о разработанных математических моделях, статей о проведенных вычислительных экспериментах, статей с предварительными результатами исследования.

Итоговый результат представляется в виде: полноформатной научной статьи с комплексными результатами исследования, аналитической статьи с обобщением полученных данных, статьи с практическими рекомендациями по применению результатов.

Структура каждой научной статьи должна включать:

1. аннотацию
2. ключевые слова
3. введение
4. основную часть
5. результаты и обсуждение
6. заключение
7. список литературы

При написании статей необходимо соблюдать требования к оформлению научных публикаций, правила цитирования источников, нормы академической этики

Каждая статья должна иметь:

Обоснованную научную новизну

Практическую значимость

Выводы

Так же может содержать направления дальнейших исследований

Результаты работы должны быть изданы в научных журналах и представлению на научных конференциях ГУАП.

Требования к оформлению пояснительной записки курсовой работы

Все расчеты выполняются в соответствии с требованиями ЕСКД.

Пояснительная записка к курсовой работе оформляется в соответствии со следующими ГОСТ:

1. ГОСТ 7.32-2017 «Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления».

2. ГОСТ 2.105-2019 «ЕСКД. Общие требования к текстовым документам».

3. ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления».

ГОСТы можно найти в Интернете на сайте ГУАП

<http://guap.ru/guap/standart/>

Учебно-методическая литература содержится в таблице 8:

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;
- методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

В ходе выполнения самостоятельной работы обучающийся изучает теоретический материал дисциплины, решает типовые задачи и задания курсовой работы, размещенные в ИСО ГУАП: <http://pro.guap.ru/> <https://lms.guap.ru/>

11.6. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

Текущий контроль успеваемости обучающихся проводится в соответствии с СТО ГУАП СМК 3.76 «Положение о текущем контроле успеваемости и промежуточной

аттестации студентов и аспирантов ГУАП, обучающихся по образовательным программам высшего образования».

По дисциплине «Имитационное моделирование физических и технологических процессов» предусматриваются следующие возможные методы текущего контроля успеваемости обучающихся:

- устный опрос на занятиях;
- защита курсовых работ;
- тестирование.

11.7. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

– зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся в ходе изучения учебной дисциплины в целом или промежуточная (по окончании семестра) оценка знаний обучающимся по отдельным разделам дисциплины с аттестационной оценкой «зачтено» или «не зачтено».

Вариантом промежуточной аттестации наряду с устным экзаменом по прикладной механике может быть письменное тестирование.

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой