

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., ДОЦ.

(должность, уч. степень, звание)

Р.Н. Целмс

(инициалы, фамилия)



(подпись)

«15» декабря 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/ специализации	Метрологическое обеспечение космических средств
Форма обучения	Очная
Год приема	2026

Санкт-Петербург– 2026

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

доцент, к.т.н., доцент

Е.Э. Аман

08.12.25

\_\_\_\_\_  
(должность, уч. степень, звание)

\_\_\_\_\_  
(подпись, дата)

\_\_\_\_\_  
(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 1

«08» декабря 2025 г, протокол № 05

Заведующий кафедрой № 1

д.ф.-м.н.,доц.

\_\_\_\_\_  
(уч. степень, звание)

08.12.25

\_\_\_\_\_  
(подпись, дата)

А.О. Смирнов

\_\_\_\_\_  
(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института ФПТИ по методической работе

доц.,к.т.н.,доц.

\_\_\_\_\_  
(должность, уч. степень, звание)

08.12.25

\_\_\_\_\_  
(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/специализации «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 имитационных моделей физических и технологических процессов в машиностроении и приборостроении с использованием программного комплекса.

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

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме зачета (6 семестр).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

Язык обучения по дисциплине «русский»

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

### 1.1. Цели преподавания дисциплины

*Целью освоения дисциплины является формирование у обучающихся системных теоретических знаний и практических навыков в области имитационного моделирования физических и технологических процессов, необходимых для решения профессиональных задач метрологического обеспечения вооружения и военной техники.*

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:

- «Математика. Математический анализ»,
- «Механика»,

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

- «Основы проектирования военной измерительной техники»,
- «Метрологическое обеспечение испытаний космических средств».

### 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
<b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)</b>	2/ 72	2/ 72
<b>Из них часов практической подготовки</b>	17	17
<b>Аудиторные занятия, всего час.</b>	51	51
в том числе:		
лекции (Л), (час)	17	17
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
лабораторные работы (ЛР), (час)	17	17
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)	17	17
экзамен, (час)		
<b>Самостоятельная работа, всего (час)</b>	21	21
<b>Вид промежуточной аттестации:</b> зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.)	Зачет, Курс. Пр.	Зачет, Курс. Пр.

### 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/КР (час)	СР (час)
Семестр 6					
Раздел 1. Основы линейного статического анализа в ANSYS Mechanical					
Тема 1.1. Подготовка задачи. Геометрия, системы координат, именованные наборы		17	17		21
Тема 1.2. Создание конечно-элементной сетки. Глобальные и локальные настройки		2	2		4
Тема 1.3. Моделирование соединений: контакты, шарниры, пружины		4	4		4
Тема 1.4. Удаленные граничные условия. Статический расчет		3	3		4
Тема 1.5. Обработка результатов. Многошаговое решение		4	4		5
Выполнение курсового проекта				17	
Итого в семестре:	17		17	17	21
Итого	17	0	17	17	21

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
<b>1</b>	<p>Раздел 1. Основы линейного статического анализа в ANSYS Mechanical</p> <p>Тема 1.1 Подготовка задачи. Цели курса. Пользовательский интерфейс ANSYS Mechanical. Типы геометрических объектов. Системы координат. Именованные наборы (Named Selections). Функция информации о выборе.</p> <p>Тема 1.2 Создание конечно-элементной сетки. Рабочий процесс создания сетки. Глобальные настройки размера элементов. Локальные настройки сетки (размеры, разбиения). Инструмент MeshEdit. Показатели качества сетки (Skewness, Orthogonal Quality).</p> <p>Тема 1.3 Моделирование соединений. Теоретические основы контактного взаимодействия. Типы контактов (связанный, фрикционный, бесфрикционный). Шарниры (Revolute, Spherical). Пружины и балки (Spring, Beam). Рабочий лист соединений.</p> <p>Тема 1.4 Удаленные граничные условия. Статический расчет. Определение удаленных граничных условий. Точечная масса (Point Mass). Удаленные перемещения, силы и моменты (Remote Displacement, Force). Полный цикл статического расчета: геометрия, материалы, контакты, решение.</p> <p>Тема 1.5 Обработка результатов. Многошаговое решение. Постпроцессорная обработка: эквивалентные напряжения (von Mises), полные деформации, запасы прочности. Сингулярность напряжений. Настройки шагов, управление нагрузками. Комбинации решений.</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					
Всего					

#### 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. Именованные выборки. Генератор объектов	2		1
2	Глобальные и локальные настройки сетки. Анализ качества сетки	2		1
3	Моделирование контактов и шарниров	4		1
4	Работа с удаленными граничными условиями. Статический расчет крана	3		1
5	Решение задач сеточной сходимости. Обработка результатов	3		1
6	Параметрический расчет кронштейна. Интеграция с CAD	3		110
Всего		17		

#### 4.5. Выполнение курсового проекта/ 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)	10	10
Курсовое проектирование (КП, КР)	6	6
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	5	5
Домашнее задание (ДЗ)		
Контрольные работы заочников (КРЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)		
Всего:	21	21

5. Перечень учебно-методического обеспечения  
для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)  
Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в  
п.п. разделов 6-11.

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)
<a href="https://e.lanbook.com/book/370028">https://e.lanbook.com/book/370028</a> — Режим доступа: для авториз. пользователей.	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: <a href="https://e.lanbook.com/book/370028">https://e.lanbook.com/book/370028</a> (дата обращения: 24.05.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.	
<a href="https://e.lanbook.com/book/382265">https://e.lanbook.com/book/382265</a> — 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.	
	Аман, Е. Э., Статический анализ методом конечных элементов: учеб.-метод. пособие / Е. Э. Аман, И. Н. Лукьяненко; под ред. проф., д-ра физ.-мат. наук А. О. Смирнова. – СПб.: ГУАП, 2025. – 124 с.	5



## 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
<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>	Электронно-библиотечная система «Лань»
<a href="https://pro.guap.ru/">https://pro.guap.ru/</a>	Элементы электронного курса по дисциплине размещены внутри ЭИОС ГУАП «Интегрированная среда обучения»
<a href="https://lms.guap.ru">https://lms.guap.ru</a>	Онлайн-курс по дисциплине размещен системе дистанционного обучения ГУАП

## 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	Аудитория для проведения занятий лекционного типа - оснащена специализированной (учебной) мебелью; техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории (в том числе, возможность доступа в ЭИОС ГУАП через точку доступа WiFi); переносным набором демонстрационного оборудования	Фонд лекционных аудиторий ГУАП
2	Помещение для самостоятельной работы - оснащено специализированной (учебной) мебелью; компьютерной	24-12 (ул. Гастелло, д.15)

	<p>техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде</p> <p>Специализированная мебель; технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории; лабораторное оборудование (ПЭВМ - 14 шт., объединенных в локальную вычислительную сеть с выходом в вычислительную сеть ГУАП и Интернет)</p>	
3	<p>Аудитория для проведения занятий семинарского типа (в том числе практических занятий), для текущего контроля и промежуточной аттестации, для проведения групповых индивидуальных консультаций, помещение для воспитательной работы – оснащена специализированной (учебной) мебелью; техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории; лабораторное оборудование (ПЭВМ - 14 шт., объединенных в локальную вычислительную сеть с выходом в вычислительную сеть ГУАП и Интернет)</p>	24-12 (ул. Гастелло 15)

#### 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»	<p>Обучающийся:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– глубоко и всесторонне усвоил программный материал;</li> <li>– уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;</li> <li>– опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно связывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления;</li> <li>– умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;</li> </ul>

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– свободно владеет системой специализированных понятий.</li> <li>– правильно выполнил от 90% до 100% тестовых заданий**.</li> </ul>
«хорошо» «зачтено»	<p>Обучающийся:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы;</li> <li>– не допускает существенных неточностей;</li> <li>– увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления;</li> <li>– аргументирует научные положения;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– владеет системой специализированных понятий.</li> <li>– правильно выполнил от 70% до 89% тестовых заданий**.</li> </ul>
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы;</li> <li>– допускает несущественные ошибки и неточности;</li> <li>– испытывает затруднения в практическом применении знаний направления;</li> <li>– слабо аргументирует научные положения;</li> <li>– затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li> <li>– частично владеет системой специализированных понятий.</li> <li>– правильно выполнил от 51% до 69% тестовых заданий**.</li> </ul>
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся не усвоил значительной части программного материала;</li> <li>– допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении;</li> <li>– испытывает трудности в практическом применении знаний;</li> <li>– не может аргументировать научные положения;</li> <li>– не формулирует выводов и обобщений.</li> <li>– правильно выполнил менее 51% тестовых заданий**.</li> </ul>

### 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 выполнения курсового проекта/ курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для выполнения курсового проекта / 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	Определите последовательность действий при работе с контактными взаимодействиями: А) Задание контактного взаимодействия Б) Определение целевой поверхности В) Назначение контактного давления Г) Выбор типа контакта Д) Определение базовой поверхности Правильный ответ: ГДАБВ	
20	Опишите различные типы граничных условий, используемых в статическом анализе. Приведите примеры задач, где применяются: жесткое закрепление упругое закрепление защемление шарнирное соединение	
21	Какой тип граничных условий используется для моделирования жесткой заделки? а) Полное закрепление всех степеней свободы ✓ б) Закрепление только линейных перемещений в) Закрепление только угловых перемещений г) Частичное закрепление по одному направлению	УК-1.В.2
22	При назначении материалов для линейного статического анализа необходимо указать: (выберите все верные варианты) а) ✓ Модуль упругости б) Коэффициент температурного расширения в) ✓ Коэффициент Пуассона г) ✓ Плотность материала	
23	Установите соответствие между типами анализа и их назначением: Левый столбец:	



	<p>А) Линейный статический анализ → 4) Расчет при постоянных нагрузках</p> <p>Б) Анализ устойчивости → 2) Определение критической нагрузки</p> <p>В) Динамический анализ → 1) Расчет собственных частот и форм колебаний</p> <p>Г) Тепловой анализ → 3) Расчет температурного поля</p>	
24	<p>Расположите этапы решения статической задачи в правильном порядке:</p> <p>А) Проверка сходимости решения</p> <p>Б) Построение сетки</p> <p>В) Подготовка расчетной схемы</p> <p>Г) Анализ результатов</p> <p>Д) Выполнение расчета</p> <p>Правильный ответ: ВБДАГ</p>	
25	<p>Какие параметры необходимо учитывать при создании сетки для обеспечения точности расчета? Опишите влияние:</p> <p>размера элементов</p> <p>формы элементов</p> <p>плотности сетки</p> <p>переходных зон</p>	
26	<p>При проведении линейного статического анализа какие напряжения рассчитываются по умолчанию?</p> <p>а) Главные напряжения</p> <p>б) Эквивалентные напряжения ✓</p> <p>в) Нормальные напряжения</p> <p>г) Касательные напряжения</p>	ПК-6.3.2
27	<p>Какие типы граничных условий используются при моделировании соединений? (выберите все верные варианты)</p> <p>а) ✓ Жесткое закрепление</p> <p>б) ✓ Свободное перемещение в одном направлении</p> <p>в) Вращение вокруг произвольной оси</p> <p>г) ✓ Упругое закрепление</p>	
28	<p>Соотнесите типы напряжений с их определением:</p> <p>Левый столбец:</p> <p>А) Эквивалентные напряжения → 3) Характеризуют прочность материала</p> <p>Б) Главные напряжения → 4) Действуют в главных площадках</p> <p>В) Нормальные напряжения → 2) Действуют перпендикулярно сечению</p> <p>Г) Касательные напряжения → 1) Возникают в плоскости сечения</p>	
29	<p>Установите последовательность операций при назначении нагрузок:</p> <p>А) Задание инерционных нагрузок</p> <p>Б) Определение опорных условий</p> <p>В) Назначение поверхностных нагрузок</p> <p>Г) Задание объемных сил</p> <p>Д) Установка температурных воздействий</p> <p>Правильный ответ: БВГДА</p>	
30	<p>Какие типы напряжений используются при анализе результатов статического расчета? Объясните физический смысл: главных напряжений</p>	

	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](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