



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Технической эксплуатации транспортных средств

УТВЕРЖДАЮ  
Начальник учебно-методического управления

«29» июня 2023 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Инженерный анализ конструкций и эксплуатационных свойств транспортных средств

направление подготовки/специальность 23.04.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

направленность (профиль)/специализация образовательной программы Управление технической эксплуатацией автотранспортных средств

Форма обучения очная

Санкт-Петербург, 2023

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины является формирование у обучающихся базовых теоретических знаний и практических навыков в области выполнения инженерного анализа с применением прикладного программного обеспечения.

Задачами освоения дисциплины являются:

- ознакомление обучающихся с принципами применения метода конечных элементов при различных инженерных расчетах;
- изучение формы постановки задачи при выполнении расчета с применением метода конечных элементов;
- овладение алгоритмом решения задачи методов конечных элементов;
- ознакомление с ассортиментом прикладного программного обеспечения в области инженерного анализа;
- формирование навыков выполнения инженерного анализа с применением прикладного программного обеспечения.

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

| Код и наименование компетенции  | Код и наименование индикатора достижения компетенции   | Планируемые результаты обучения по дисциплине, обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения ОПОП  |
|---|--|---|
| ОПК-1 Способен ставить и решать научно-технические задачи в сфере своей профессиональной деятельности и новых междисциплинарных направлений с использованием естественнонаучных и математических моделей с учетом последних достижений науки и техники; | ОПК-1.4 Демонстрирует понимание областей применения естественнонаучных и математических моделей при решении научно-технических задач в сфере своей профессиональной деятельности | <b>знает</b><br>Основы применения метода конечных элементов при решении задач инженерного анализа<br><b>умеет</b><br>Применять метод конечных элементов при решении задач инженерного анализа<br><b>владеет</b><br>Алгоритмами решения задач инженерного анализа с помощью метода конечных элементов  |
| ОПК-5 Способен применять инструментарий формализации научно-технических задач, использовать прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования систем и процессов;   | ОПК-5.1 Демонстрирует понимание выбора прикладного программного обеспечения для моделирования и проектирования системы или процесса в зависимости от их особенностей             | <b>знает</b><br>Ассортимент прикладного программного обеспечения для выполнения инженерного анализа конструкций и технико-эксплуатационных свойств транспортных средств<br><b>умеет</b><br>Обосновывать выбор прикладного программного обеспечения для решения задач инженерного анализа в зависимости от типа решаемой задачи<br><b>владеет</b><br>Базовыми навыками работы в прикладном программном обеспечении для инженерного анализа |

|  |  |   |
|--|--|---|
| <p>ОПК-5 Способен применять инструментарий формализации научно-технических задач, использовать прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования систем и процессов;</p> | <p>ОПК-5.2 Демонстрирует понимание порядка формализации и решения научно-технической задачи с применением прикладного программного обеспечения для моделирования</p>         | <p><b>знает</b><br/>Типовой порядок решения задач инженерного анализа в зависимости от типа решаемой задачи<br/><b>умеет</b><br/>Обосновывать алгоритм решения задачи инженерного анализа в зависимости от ее типа<br/><b>владеет</b><br/>Навыками поиска информации о типовых алгоритмах решения задач инженерного анализа</p>   |
| <p>ОПК-5 Способен применять инструментарий формализации научно-технических задач, использовать прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования систем и процессов;</p> | <p>ОПК-5.3 Определяет исходные данные, необходимые для решения научно-технической задачи с применением прикладного программного обеспечения для моделирования</p>            | <p><b>знает</b><br/>Типовой состав исходных данных для решения задачи инженерного анализа в зависимости от ее типа<br/><b>умеет</b><br/>Формировать перечень исходных данных для решения задачи инженерного анализа в зависимости от ее типа<br/><b>владеет</b><br/>Методами обоснования значений исходных данных при их формировании для решения задачи инженерного анализа</p>  |
| <p>ОПК-5 Способен применять инструментарий формализации научно-технических задач, использовать прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования систем и процессов;</p> | <p>ОПК-5.4 Демонстрирует применение прикладного программного обеспечения для моделирования при решении научно-технической задачи</p>   | <p><b>знает</b><br/>Основные элементы интерфейса прикладного программного обеспечения для решения задач инженерного анализа<br/><b>умеет</b><br/>Формировать расчетную модель в прикладном программном обеспечении для решения задач инженерного анализа<br/><b>владеет</b><br/>Приемами выполнения инженерного анализа в прикладном программном обеспечении</p>  |
| <p>ОПК-5 Способен применять инструментарий формализации научно-технических задач, использовать прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования систем и процессов;</p> | <p>ОПК-5.5 Осуществляет представление и интерпретацию результатов решения научно-технической задачи с применением прикладного программного обеспечения для моделирования</p> | <p><b>знает</b><br/>Основные принципы выполнения постпроцессинга в прикладном программном обеспечении для выполнения инженерного анализа.<br/><b>умеет</b><br/>Представлять и интерпретировать результаты решения задачи инженерного анализа с использованием прикладного программного обеспечения.<br/><b>владеет</b><br/>Навыками выполнения постпроцессинга и визуализации результатов расчета в прикладном программном обеспечении для решения задач инженерного анализа.</p> |

### 3. Указание места дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Данная дисциплина (модуль) включена в Блок «Дисциплины, модули» Б1.О.09 основной профессиональной образовательной программы 23.04.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов и относится к обязательной части учебного плана.

| № п/п | Предшествующие дисциплины   | Код и наименование индикатора достижения компетенции                                   |
|-------|---|--|
| 1     | Методы оценки и испытания технико-эксплуатационных свойств транспортных средств | ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-3.4, ПК-3.5, ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3, ПК-4.4, ПК-4.5, ПК-4.6 |

Методы оценки и испытания технико-эксплуатационных свойств транспортных средств  
Обучающийся должен знать классификацию и технико-эксплуатационных свойств транспортных средств.

| № п/п | Последующие дисциплины   | Код и наименование индикатора достижения компетенции   |
|-------|--|--|
| 1     | Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы | УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3, УК-1.4, УК-1.5, УК-1.6, УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4, УК-2.5, УК-3.1, УК-3.2, УК-3.3, УК-3.4, УК-4.1, УК-4.2, УК-4.3, УК-4.4, УК-5.1, УК-5.2, УК-5.3, УК-6.1, УК-6.2, УК-6.3, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4, ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3, ОПК-3.4, ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3, ОПК-4.4, ОПК-4.5, ОПК-4.6, ОПК-4.7, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3, ОПК-5.4, ОПК-5.5, ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3, ОПК-6.4, ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4, ПК-1.5, ПК-1.6, ПК-1.7, ПК-1.8, ПК-1.9, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4, ПК-2.5, ПК-2.6, ПК-2.7, ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-3.4, ПК-3.5, ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3, ПК-4.4, ПК-4.5, ПК-4.6, ПК(Ц)-1.1, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.3, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5 |

**4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

| Вид учебной работы  | Всего часов | Из них часы на практическую подготовку | Семестр |
|---|-------------|--|---------|
|   |             |  | 2       |
| <b>Контактная работа</b>  | 64          |  | 64      |
| Лекционные занятия (Лек)  | 16          | 0                                      | 16      |
| Практические занятия (Пр)   | 48          | 16                                     | 48      |
| <b>Иная контактная работа, в том числе:</b>   | 1,05        |  | 1,05    |
| консультации по курсовой работе (проекту), контрольным работам (РГР)  | 0,4         |  | 0,4     |
| контактная работа на аттестацию (сдача зачета, зачета с оценкой; защита курсовой работы (проекта); сдача контрольных работ (РГР)) | 0,4         |  | 0,4     |
| контактная работа на аттестацию в сессию (консультация перед экзаменом и сдача  | 0,25        |  | 0,25    |
| <b>Часы на контроль</b>   | 26,75       |  | 26,75   |
| <b>Самостоятельная работа (СР)</b>  | 88,2        |  | 88,2    |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины (модуля)</b>   |             |  |         |
| <b>часы:</b>  | 180         |  | 180     |
| <b>зачетные единицы:</b>  | 5           |  | 5       |



|      |                        |   |  |  |  |  |  |  |     |   |
|------|------------------------|---|--|--|--|--|--|--|-----|---|
| 3.1. | Иная контактная работа | 2 |  |  |  |  |  |  | 0,8 | ОПК-5.1,<br>ОПК-5.2,<br>ОПК-5.3,<br>ОПК-5.4,<br>ОПК-5.5,<br>ОПК-1.4 |
| 4.   | 4 раздел. Контроль     |   |  |  |  |  |  |  |     |   |
| 4.1. | Экзамен                | 2 |  |  |  |  |  |  | 27  | ОПК-5.1,<br>ОПК-5.2,<br>ОПК-5.3,<br>ОПК-5.4,<br>ОПК-5.5,<br>ОПК-1.4 |

### 5.1. Лекции

| № разд | Наименование раздела и темы лекций   | Наименование и краткое содержание лекций   |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 1      | Основные понятия инженерного анализа и его применение для решения задач анализа конструкций и эксплуатационных свойств АТС | Инженерный анализ в технике<br>Понятие инженерного анализа. Его применение в технике и для решения задач анализа конструкций и эксплуатационных свойств АТС. Основные виды задач инженерного анализа, классификация. Типовой алгоритм решения задач инженерного анализа.<br>Реализация метода конечных элементов с помощью компьютерных программ. Основные типы программ, соответствующие типам задач инженерного анализа. Принципы организации вычислений.<br>Основные этапы формирования расчета в прикладном программном обеспечении для инженерного анализа. Ассортимент прикладного программного обеспечения. |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2      | Основы метода конечных элементов   | Основы метода конечных элементов<br>Метод конечных элементов и его применение для решения задач инженерного анализа. Плоские и объемные задачи. Понятие расчетной сетки. Принципы формирования расчетной сетки и ее оптимизации. Понятие граничных условий. Способы обоснования граничных условий. Алгоритм решения задачи инженерного анализа методом конечных элементов.   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3      | Типы конечных элементов и принципы расчета.  | Типы конечных элементов и принципы расчета<br>Классификация конечных элементов. Типы конечных элементов в зависимости от размерности решаемой задачи и точности аппроксимации границ. Геометрия конечных элементов. Основные типы конечных элементов низшего порядка аппроксимации. Примеры расчетов при использовании пружинного, стержневого конечных элементов.   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4      | Основные положения построения сеток  | Основные положения построения сеток<br>Понятие конечно-элементной дискретизации - построения сетки из конечных элементов. Характеристики простейшей конечно-элементной модели. Сеточный генератор, требования к нему. Структурированные и неструктурированные сетки. Методы генерации сеток.   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5      | Проверка качества сеток и их улучшение   | Проверка качества сеток и их улучшение<br>Понятие качества расчетных сеток. Влияние качества сеток на точность расчета. Различные подходы к оценке качества сеток. Формальные математические критерии оценки качества сеток - характеристика и использование.  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6      | Некоторые  | Некоторые особенности CFD-анализа  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|   |  |   |
|---|--|---|
|   | особенности CFD-анализа                                      | Понятие вычислительной гидрогазодинамики. Уравнение Навье-Стокса. История развития CFD-анализа. Основные этапы решения задач CFD-анализа. Требования к геометрии расчетной области. Требования к сеткам. Требования к сходимости результатов.   |
| 7 | Особенности моделей материалов в задачах инженерного анализа | Особенности моделей материалов в задачах инженерного анализа<br>Понятие модели материала в инженерном анализе.<br>Фундаментальный, феноменологический и статистический подходы в моделировании материалов. Понятие представительного объемного элемента. Макроскопические модели материалов. Особенности моделей для механических приложений. |

### 5.2. Практические занятия

| № разд | Наименование раздела и темы практических занятий | Наименование и содержание практических занятий  |
|--------|--|---|
| 8      | Элементы анализа прочности конструкций           | Выполнение анализа прочности конструкций в прикладном программном обеспечении<br>Назначение инженерного анализа прочности конструкций. Адаптация метода конечных элементов под данный тип задач. Основные этапы формирования расчета при анализе прочности конструкций.<br>Реализация анализа прочности конструкций в прикладном программном обеспечении.<br>Изучение основ работы с прикладным программным обеспечением для анализа прочности конструкций. Выполнение анализа прочности конструкций на примере решения конкретной задачи.    |
| 9      | Элементы анализа температурных режимов           | Выполнение анализа температурных режимов в прикладном программном обеспечении<br>Назначение инженерного анализа температурных режимов.<br>Адаптация метода конечных элементов под данный тип задач.<br>Основные этапы формирования расчета при анализе температурных режимов. Реализация анализа температурных режимов в прикладном программном обеспечении.<br>Изучение основ работы с прикладным программным обеспечением для анализа температурных режимов. Выполнение анализа температурных режимов на примере решения конкретной задачи. |
| 10     | Элементы CFD-анализа                             | Выполнение CFD-анализа в прикладном программном обеспечении<br>Назначение инженерного CFD-анализа. Адаптация метода конечных элементов под данный тип задач. Основные этапы формирования расчета при выполнении CFD-анализа. Реализация CFD-анализа в прикладном программном обеспечении.<br>Изучение основ работы с прикладным программным обеспечением для CFD-анализа. Выполнение CFD-анализа на примере решения конкретной задачи.  |

### 5.3. Самостоятельная работа обучающихся

| № разд | Наименование раздела дисциплины и темы   | Содержание самостоятельной работы   |
|--------|--|---|
| 1      | Основные понятия инженерного анализа и его применение для решения задач анализа конструкций и эксплуатационных свойств АТС | Инженерный анализ в технике<br>Изучение материала лекций, анализ дополнительных источников информации |



|    |  |   |
|----|--|---|
| 2  | Основы метода конечных элементов                             | Основы метода конечных элементов<br>Изучение материала лекций, анализ дополнительных источников информации                                      |
| 3  | Типы конечных элементов и принципы расчета.                  | Типы конечных элементов и принципы расчета<br>Изучение материала лекций, анализ дополнительных источников информации                            |
| 4  | Основные положения построения сеток                          | Основные положения построения сеток<br>Изучение материала лекций, анализ дополнительных источников информации                                   |
| 5  | Проверка качества сеток и их улучшение                       | Проверка качества сеток и их улучшение<br>Изучение материала лекций, анализ дополнительных источников информации                                |
| 6  | Некоторые особенности CFD-анализа                            | Некоторые особенности CFD-анализа<br>Изучение материала лекций, анализ дополнительных источников информации                                     |
| 7  | Особенности моделей материалов в задачах инженерного анализа | Особенности моделей материалов в задачах инженерного анализа<br>Изучение материала лекций, анализ дополнительных источников информации          |
| 8  | Элементы анализа прочности конструкций                       | Элементы анализа прочности конструкций<br>Изучение материала лекций, анализ дополнительных источников информации, выполнение контрольной работы |
| 9  | Элементы анализа температурных режимов                       | Элементы анализа температурных режимов<br>Изучение материала лекций, анализ дополнительных источников информации, выполнение контрольной работы |
| 10 | Элементы CFD-анализа   | Элементы CFD-анализа<br>Изучение материала лекций, анализ дополнительных источников информации, выполнение контрольной работы                   |

## 6. Методические материалы для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Программой дисциплины предусмотрено проведение лекционных занятий, на которых дается основной систематизированный материал, и практических занятий, предполагающих закрепление изученного материала и формирование у обучающихся необходимых знаний, умений и навыков. Кроме того, важнейшим этапом изучения дисциплины является самостоятельная работа обучающихся с использованием всех средств и возможностей современных образовательных технологий.

В объем самостоятельной работы по дисциплине включается следующее:

- изучение теоретических вопросов по всем темам дисциплины;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к текущему контролю успеваемости студентов;
- подготовка к экзамену.

Залогом успешного освоения этой дисциплины является обязательное посещение лекционных и практических занятий, так как пропуск одного (тем более, нескольких) занятий может осложнить освоение разделов курса. На практических занятиях материал, изложенный на лекциях, закрепляется при выполнении практических заданий.

Приступая к изучению дисциплины, необходимо в первую очередь ознакомиться содержанием РПД, а также методическими указаниями по организации самостоятельной работы и подготовке к практическим занятиям.

При подготовке к практическим занятиям и в рамках самостоятельной работы по изучению дисциплины обучающимся необходимо:

- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- при самостоятельном изучении теоретической темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПД источники;
- ответить на контрольные вопросы по теме, используя материалы ФОС, либо задания, подготовленные преподавателем;
- подготовиться к текущей и промежуточной аттестации.

## 7. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

### 7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины

| № п/п | Контролируемые разделы дисциплины (модуля)   | Код и наименование индикатора контролируемой компетенции | Вид оценочного средства |
|-------|--|--|-------------------------|
| 1     | Основные понятия инженерного анализа и его применение для решения задач анализа конструкций и эксплуатационных свойств АТС | ОПК-5.1, ОПК-1.4   | Опрос                   |
| 2     | Основы метода конечных элементов   | ОПК-1.4  | Опрос                   |
| 3     | Типы конечных элементов и принципы расчета.  | ОПК-1.4  | Опрос                   |
| 4     | Основные положения построения сеток  | ОПК-1.4  | Опрос                   |
| 5     | Проверка качества сеток и их улучшение   | ОПК-1.4  | Опрос                   |
| 6     | Некоторые особенности CFD-анализа  | ОПК-1.4  | Опрос                   |
| 7     | Особенности моделей материалов в задачах инженерного анализа   | ОПК-1.4  | Опрос                   |
| 8     | Элементы анализа прочности конструкций   | ОПК-5.2, ОПК-5.3, ОПК-5.4, ОПК-5.5                       | Контрольная работа      |

|    |  |  |                    |
|----|--|--|--------------------|
| 9  | Элементы анализа температурных режимов | ОПК-5.2, ОПК-5.3, ОПК-5.4, ОПК-5.5                   | Контрольная работа |
| 10 | Элементы CFD-анализа                   | ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3, ОПК-5.4, ОПК-5.5, ОПК-1.4 | Контрольная работа |
| 11 | Иная контактная работа                 | ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3, ОПК-5.4, ОПК-5.5, ОПК-1.4 |                    |
| 12 | Экзамен                                | ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3, ОПК-5.4, ОПК-5.5, ОПК-1.4 |                    |

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля успеваемости, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

Тематика контрольных работ:

(для проверки сформированности индикаторов достижения компетенций ОПК-1.4, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3, ОПК-5.4, ОПК-5.5)

Контрольная работа № 1.

Задан рабочий чертеж детали и режим ее нагружения. По имеющимся исходным данным в программном обеспечении для инженерного анализа произвести расчет прочности и определить угрозу разрушения детали, а также критические точки по выполнению условия прочности.

Контрольная работа № 2.

Задан рабочий чертеж детали и температурный режим ее работы. По имеющимся исходным данным в программном обеспечении для инженерного анализа произвести расчет температурного режима и определить степени нагрева характерных элементов детали.

Контрольная работа № 3.

Заданы характеристики транспортного средства и скорость его движения. По имеющимся исходным данным в программном обеспечении для инженерного анализа произвести расчет обтекаемости транспортного средства и определить его коэффициент обтекаемости, продольную и вертикальную аэродинамические силы.

7.3. Система оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) при проведении текущего контроля успеваемости

|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| <p>Оценка<br/>«отлично» (зачтено)</p> | <p>знания:<br/>- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины, а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы;<br/>- точное использование научной терминологии, систематически грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы;<br/>- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю)</p> <p>умения:<br/>- умеет ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин</p> <p>навыки:<br/>- высокий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций;<br/>- владеет навыками самостоятельно и творчески решать сложные проблемы и нестандартные ситуации;<br/>- применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий;<br/>- грамотно обосновывает ход решения задач;<br/>- безупречно владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке научных и практических задач;<br/>- творческая самостоятельная работа на практических/семинарских/лабораторных занятиях, активно участвует в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий</p> |
| <p>Оценка<br/>«хорошо» (зачтено)</p>  | <p>знания:<br/>- достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине;<br/>- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю)</p> <p>умения:<br/>- умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку;<br/>- использует научную терминологию, лингвистически и логически правильно излагает ответы на вопросы, умеет делать обоснованные выводы;<br/>- владеет инструментарием по дисциплине, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач</p> <p>навыки:<br/>- самостоятельная работа на практических занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий;<br/>- средний уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций;<br/>- без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий;<br/>- обосновывает ход решения задач без затруднений</p>   |

|  |   |
|--|---|
| <p>Оценка<br/>«удовлетворительно»<br/>(зачтено)</p>      | <p>знания:<br/>- достаточный минимальный объем знаний по дисциплине;<br/>- усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой;<br/>- использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок<br/>умения:<br/>- умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им оценку;<br/>- владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении типовых задач;<br/>- умеет под руководством преподавателя решать стандартные задачи<br/>навыки:<br/>- работа под руководством преподавателя на практических занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий;<br/>- достаточный минимальный уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций;<br/>- испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий</p> |
| <p>Оценка<br/>«неудовлетворительно»<br/>(не зачтено)</p> | <p>знания:<br/>- фрагментарные знания по дисциплине;<br/>- отказ от ответа (выполнения письменной работы);<br/>- знание отдельных источников, рекомендованных рабочей программой по дисциплине;<br/>умения:<br/>- не умеет использовать научную терминологию;<br/>- наличие грубых ошибок<br/>навыки:<br/>- низкий уровень культуры исполнения заданий;<br/>- низкий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций;<br/>- отсутствие навыков самостоятельной работы;<br/>- не может обосновать алгоритм выполнения заданий</p>  |

7.4. Теоретические вопросы и практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

7.4.1. Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Что понимается в математике под краевой (граничной) задачей?
2. Что собой представляют узлы конечных элементов?
3. Каким образом определяется число степеней свободы конечного элемента?
4. Каким образом влияет степень дискретизации пространства на точность конечно-элементного решения?
5. Какие действия включает в себя этап препроцессирования конечно-элементного анализа?
6. Что включает в себя фаза решения конечно-элементного анализа?
7. Какие типовые операции выполняются на этапе постпроцессирования конечно-элементного анализа?
8. Каким требованиям должна удовлетворять конечно-элементная сетка, создаваемая автоматизированным сеточным генератором?
9. По каким признакам можно классифицировать конечно-элементные сетки?
10. Каким образом подразделяются методы генерации сеток?
11. Чем характеризуются структурированные сетки?
12. Чем характеризуются неструктурированные сетки?
13. В чем заключаются достоинства и недостатки структурированных сеток?

14. В чем заключаются достоинства и недостатки неструктурированных сеток?
15. Что собой представляют модели материалов, используемые в конечно-элементном анализе?
16. В чем заключается фундаментальный подход к моделированию материалов?
17. В чем заключается феноменологический подход к моделированию материалов?
18. В чем заключается статистический подход к моделированию материалов?
19. На какие основные группы можно разделить модели материалов, применяемые в конечно-элементном анализе?
20. К чему сводится решение задач статического анализа с использованием метода конечных элементов?
21. Чем характеризуются прямые методы, используемые для решения систем линейных уравнений?
22. Чем характеризуются итерационные методы, используемые для решения систем линейных уравнений?

#### 7.4.2. Практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Постройте эпюру внутренних напряжений в заданном сечении детали.
2. Определите деформацию детали при заданном режиме нагружения.
3. Определите температуру заданных поверхностей деталей при известном температурном режиме ее работы.
4. Постройте линии тока воздуха вокруг транспортного средства при его движении.
5. Постройте эпюру давлений на поверхности транспортного средства при его движении.
6. Постройте векторное поле скоростей потока воздуха, характеризующее его завихрения в процессе движения транспортного средства.
7. Сформируйте анимацию, иллюстрирующую обтекание объекта потоком воздуха.

#### 7.4.3. Примерные темы курсовой работы (проекта) (при наличии)

Курсовые проекты (работы) учебным планом не предусмотрены

#### 7.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

Процедура проведения промежуточной аттестации и текущего контроля успеваемости регламентируется локальным нормативным актом, определяющим порядок организации и проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Процедура оценивания формирования компетенций при проведении текущего контроля приведена в п. 7.2.

Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля приведены в п. 7.3.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.

В экзаменационный билет включено два теоретических вопроса и практическое задание, соответствующие содержанию формируемых компетенций. Экзамен проводится в устной форме. Для подготовки по экзаменационному билету отводится 60 минут.

#### 7.6. Критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации

| Критерии оценивания | Уровень освоения и оценка    |                            |                 |                  |
|---------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------|------------------|
|                     | Оценка «неудовлетворительно» | Оценка «удовлетворительно» | Оценка «хорошо» | Оценка «отлично» |
|                     | «не зачтено»                 | «зачтено»                  |                 |                  |

|        |   |  |  |   |
|--------|---|--|--|---|
|        | <p>Уровень освоения компетенции «недостаточный». Компетенции не сформированы. Знания отсутствуют, умения и навыки не сформированы</p>   | <p>Уровень освоения компетенции «пороговый». Компетенции сформированы. Сформированы базовые структуры знаний. Умения фрагментарны и носят репродуктивный характер. Демонстрируется низкий уровень самостоятельности практического навыка.</p>          | <p>Уровень освоения компетенции «продвинутый». Компетенции сформированы. Знания обширные, системные. Умения носят репродуктивный характер, применяются к решению типовых заданий. Демонстрируется достаточный уровень самостоятельности устойчивого практического навыка.</p>  | <p>Уровень освоения компетенции «высокий». Компетенции сформированы. Знания аргументированные, всесторонние. Умения успешно применяются к решению как типовых, так и нестандартных творческих заданий. Демонстрируется высокий уровень самостоятельности, высокая адаптивность практического навыка</p>   |
| знания | <p>Обучающийся демонстрирует:<br/>-существенные пробелы в знаниях учебного материала;<br/>-допускаются принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы билета, отсутствует знание и понимание основных понятий и категорий;<br/>-непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий билета.</p> | <p>Обучающийся демонстрирует:<br/>-знания теоретического материала;<br/>-неполные ответы на основные вопросы, ошибки в ответе, недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов;<br/>-неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы.</p> | <p>Обучающийся демонстрирует:<br/>-знание и понимание основных вопросов контролируемого объема программного материала;<br/>-знания теоретического материала<br/>-способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, выявлять противоречия, проблемы и тенденции развития;<br/>-правильные и конкретные, без грубых ошибок, ответы на поставленные вопросы.</p> | <p>Обучающийся демонстрирует:<br/>-глубокие, всесторонние и аргументированные знания программного материала;<br/>-полное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, точное знание основных понятий, в рамках обсуждаемых заданий;<br/>-способность устанавливать и объяснять связь практики и теории,<br/>-логически последовательные, содержательные, конкретные и исчерпывающие ответы на все задания билета, а также дополнительные вопросы экзаменатора.</p> |

|                          |  |   |   |  |
|--------------------------|--|---|---|--|
| <p>умения</p>            | <p>При выполнении практического задания билета обучающийся продемонстрировал недостаточный уровень умений. Практические задания не выполнены. Обучающийся не отвечает на вопросы билета при дополнительных наводящих вопросах преподавателя.</p> | <p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с существенными неточностями. Допускаются ошибки в содержании ответа и решении практических заданий. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p>   | <p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с небольшими неточностями. Показал хорошие умения в рамках освоенного учебного материала. Предложенные практические задания решены с небольшими неточностями. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p> | <p>Обучающийся правильно выполнил практическое задание билета. Показал отличные умения в рамках освоенного учебного материала. Решает предложенные практические задания без ошибок. Ответил на все дополнительные вопросы.</p> |
| <p>владение навыками</p> | <p>Не может выбрать методику выполнения заданий. Допускает грубые ошибки при выполнении заданий, нарушающие логику решения задач. Делает некорректные выводы. Не может обосновать алгоритм выполнения заданий.</p>                               | <p>Испытывает затруднения по выбору методики выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, нарушения логики решения задач. Испытывает затруднения с формулированием корректных выводов. Испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий.</p> | <p>Без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, не нарушающие логику решения задач. Делает корректные выводы по результатам решения задачи. Обосновывает ход решения задач без затруднений.</p>         | <p>Применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий. Не допускает ошибок при выполнении заданий. Самостоятельно анализирует результаты выполнения заданий. Грамотно обосновывает ход решения задач.</p>   |

Оценка по дисциплине зависит от уровня сформированности компетенций, закрепленных за дисциплиной, и представляет собой среднее арифметическое от выставленных оценок по отдельным результатам обучения (знания, умения, владение навыками).

Оценка «отлично»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 4,5 до 5,0.

Оценка «хорошо»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 3,5 до 4,4.

Оценка «удовлетворительно»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 2,5 до 3,4.

Оценка «неудовлетворительно»/«не зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 0 до 2,4.



## 8. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

### 8.1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

| № п/п                                   | Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы  | Количество экземпляров/электронный адрес ЭБС  |
|---|---|---|
| <b><u>Основная литература</u></b>       |   |   |
| 1                                       | Персова М. Г., Соловейчик Ю. Г., Методы конечноэлементного анализа. Конспект лекций, Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2017 | <a href="https://www.iprbooks.hop.ru/91242.html">https://www.iprbooks.hop.ru/91242.html</a> |
| <b><u>Дополнительная литература</u></b> |   |   |
| 1                                       | Румянцев А. В., Метод конечных элементов в задачах теплопроводности, Калининград: Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта, 2011                | <a href="http://www.iprbookshop.ru/23800.html">http://www.iprbookshop.ru/23800.html</a>     |
| 1                                       | Ермолаев И. А., Метод конечных элементов Галеркина в задачах конвекции, Саратов: Издательство Саратовского университета, 2020                                 | <a href="http://www.iprbookshop.ru/106267.html">http://www.iprbookshop.ru/106267.html</a>   |

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

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

| Наименование ресурса сети «Интернет»   | Электронный адрес ресурса   |
|--|---|
| Самоучитель по SolidWorks  | <a href="https://www.solidworks.com/sw/docs/Student_WB_2011_RUS.pdf">https://www.solidworks.com/sw/docs/Student_WB_2011_RUS.pdf</a>                               |
| Моделирование плескания воды в резервуаре в среде Star CCM+                    | <a href="https://www.saec.ru/wp-content/uploads/2021/04/8-22_Tutorial_STAR-CCM.pdf">https://www.saec.ru/wp-content/uploads/2021/04/8-22_Tutorial_STAR-CCM.pdf</a> |
| Официальной сайт программного обеспечения для инженерного анализа MSC Software | <a href="https://www.msccsoftware.com/ru">https://www.msccsoftware.com/ru</a>   |

### 8.3. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

| Наименование  | Электронный адрес ресурса   |
|---|---|
| Электронно-библиотечная система издательства "IPRsmart" | <a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>                     |
| Электронно-библиотечная система издательства "ЮРАЙТ"    | <a href="https://www.biblio-online.ru/">https://www.biblio-online.ru/</a>               |
| Электронно-библиотечная система издательства "Лань"     | <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>                             |
| Электронная библиотека Ирбис 64                         | <a href="http://ntb.spbgasu.ru/irbis64r_plus/">http://ntb.spbgasu.ru/irbis64r_plus/</a> |
| Система дистанционного обучения СПбГАСУ Moodle          | <a href="https://moodle.spbgasu.ru/">https://moodle.spbgasu.ru/</a>                     |

### 8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

| Наименование            | Способ распространения (лицензионное или свободно распространяемое)                 |
|-------------------------|---|
| Solid Works версия 2019 | Договор №Tr000660287 от 27.09.2021 г. с АО "СофтЛайн Трейд". Лицензия до 30.11.2024 |

|  |  |
|--|--|
| Ansys                                    | Сублицензионный договор №1976-ПО/2017-СЗФО от 16.10.2017 г. с ЗАО "КАДФЕМ Си-Ай-Эс". Лицензия бессрочная   |
| КОМПАС-3D APM FEM                        | Сублицензионный договор №АСЗ-17-00534 от 13.06.2017 на 50лиц+ сублицензионный договор №АСЗ-20-00218 от 20.04.2020 еще на 50лиц с ООО "АСКОН-Северо-Запад". Лицензия бессрочная |
| КОМПАС-3D KompasFlow                     | Договор № АСЗ-23-00025 от 30.01.2023 г. Лицензия бессрочная  |
| КОМПАС-3D Машиностроение и строительства | Договор № АСЗ-23-00025 от 30.01.2023 г. Лицензия бессрочная  |

#### 8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Сведения об оснащённости учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы

| Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы  | Оснащённость оборудованием и техническими средствами обучения  |
|--|--|
| 36. Учебные аудитории для проведения лекционных занятий  | Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудио-система), доска, экран, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет.                                    |
| 36. Помещения для самостоятельной работы   | Помещение для самостоятельной работы (читальный зал библиотеки, ауд. 217): ПК-23 шт., в т.ч. 1 шт.- ПК для лиц с ОВЗ (системный блок, монитор, клавиатура, мышь) с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду СПбГАСУ.<br>ПО Microsoft Windows 10 |
| 36. Компьютерный класс   | Рабочие места с ПК (стол компьютерный, системный блок, монитор, клавиатура, мышь), стол рабочий, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Internet.  |
| 36. Учебные аудитории для проведения практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации | Комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудио-система), доска, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет.  |

Для инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются специальные условия для получения образования в соответствии с требованиями нормативно-правовых документов.