Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 05.06.2026 14:20:34
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

**Транспортный факультет**

**УТВЕРЖДАЮ**
И.о. декана
/М.Р. Рыбакова/
«26» февраля 2026 г

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПРАКТИКИ

## Производственная практика (научно-исследовательская работа)

Направление подготовки/ специальность
**13.03.03 «Энергетическое машиностроение»**

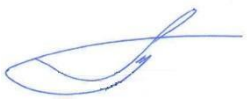
Профиль/ специализация
**Поршневые двигатели и турбомашины**

Квалификация
**Бакалавр**

Форма обучения
**Очная**

Москва, 2026

**Разработчик(и):**
к.т.н., доцент  /Д.В. Апелинский/

**Согласовано**:
Заведующий кафедрой «Энергоустановки для транспорта и малой энергетики», д.т.н.  /Г.Г. Надарейшвили/

**Оглавление**

1. Цели, задачи и планируемые результаты прохождения практики ..... 4
2. Место практики в структуре образовательной программы ..... 5
3. Характеристика практики ..... 5
4. Структура и содержание практики ..... 6
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение ..... 8
5.1. Нормативные документы и ГОСТы ..... 8
5.2. Основная литература ..... 8
5.3. Дополнительная литература ..... 8
5.4. Электронные образовательные ресурсы ..... 8
5.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение ..... 8
5.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы ..... 9
6. Материально-техническое обеспечение ..... 9
7. Методические рекомендации ..... 10
7.1. Методические рекомендации для руководителя по организации практики ..... 10
7.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины ..... 10
8. Фонд оценочных средств ..... 11
8.1. Методы контроля и оценивания результатов прохождения практики ..... 11
8.2. Шкала и критерии оценивания результатов прохождения практики ..... 12
8.3. Оценочные средства ..... 12
8.3.1. Текущий контроль ..... 12
8.3.2. Промежуточная аттестация ..... 13

## 1. Цели, задачи и планируемые результаты прохождения практики

**Цель практики:** формирование у обучающихся компетенций в области расчётно-теоретического обоснования проектных решений с применением методов математического и компьютерного моделирования (CAE) для узлов и систем поршневых двигателей и турбомашин.

**Задачи практики:**

1. Закрепить теоретические знания о методах прочностного, теплового и газодинамического анализа.
2. Сформировать навыки построения расчётных сеток (конечно-элементных, конечно-объёмных) для моделирования деталей и узлов двигателей.
3. Освоить методы задания граничных условий и нагрузок на основе динамических и термодинамических расчётов.
4. Приобрести умение выполнять верифицированный прочностной расчёт ответственных деталей (КШМ, лопатки турбин) в CAE-среде.
5. Сформировать навыки анализа результатов моделирования и формулирования рекомендаций по оптимизации конструкции.

**Формы организации практической подготовки:**

В соответствии с пп. 7, 8 Приказа Минобрнауки России № 885, Минпросвещения России № 390 от 05.08.2020 практическая подготовка при прохождении данной практики организуется в форме:

- *непосредственного выполнения обучающимися определённых видов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью:* построение расчётных моделей, проведение CAE-анализа, интерпретация результатов, подготовка отчётной документации;
- *работы на базе профильных организаций (предприятий-партнёров) в отделах главного конструктора, расчётных подразделениях под руководством куратора от предприятия.*

Практика проводится в рассредоточенной форме (1 раз в неделю, 4 академических часа) на базе университета (научные лаборатории, компьютерные классы с CAE-ПО) или на площадке предприятия-партнёра с еженедельными консультациями куратора.

**Компетенции обучающегося, формируемые в результате прохождения «Производственной практики (научно-исследовательской работы)»:**

| Код и наименование компетенции | Индикаторы достижения компетенции |
|---|---|
| **ПК-2.** Способен проводить расчетно-теоретические исследования узлов и систем поршневых двигателей и турбомашин с применением методов математического и компьютерного моделирования (CAE) | **ИПК-2.1.** Способен проводить комбинированный термомеханический анализ детали, работающей в условиях высоких температур и механических нагрузок.<br>**ИПК-2.2.** Способен выполнять анализ усталостной долговечности детали при циклическом нагружении.<br>**ИПК-2.4.** Способен строить расчётную сетку для моделирования течения во впускном тракте.<br>**ИПК-2.5.** Способен получать распределение давления и скорости потока, оценивать гидравлические потери.<br>**ИПК-2.6.** Способен верифицировать CFD-модель по результатам термодинамического расчёта.<br>**ИПК-2.7.** Способен выполнять верифицированный прочностной расчёт ответственной детали КШМ в CAE-среде на основе ранее рассчитанных динамических нагрузок.<br>**ИПК-2.8.** Способен проводить расчёт и анализ теплового состояния теплонапряжённого узла с применением методов сопряжённого теплообмена. |
| **ОПК-2.** Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения при разработке, | **ИОПК-2.1.** Умеет разрабатывать алгоритмы и создавать компьютерные программы, пригодные для практического применения при разработке, |

| Код и наименование компетенции | Индикаторы достижения компетенции |
|---|---|
| проектировании и испытаниях энергетических установок | проектировании и испытаниях энергетических установок. |
| **ОПК-3.** Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач | **ИОПК-3.2.** Умеет применять методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач. |

## 2. Место практики в структуре образовательной программы

Производственная практика (научно-исследовательская работа) относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока Б2 «Практика» и входит в модуль «Проекты и проектная деятельность». В соответствии с учебным планом практика проводится в 5 семестре и имеет трудоёмкость 3 зачётные единицы.

Прохождению данной практики предшествует освоение комплекса дисциплин, формирующих необходимые знания и навыки для проведения расчётно-теоретических исследований. Дисциплина «Сопротивление материалов» (Б1.1.15) обеспечивает знание методов расчёта напряжений, деформаций и прочности конструкционных элементов. Дисциплина «Инженерная механика в энергетическом машиностроении» (Б1.1.16) формирует навыки кинематического и динамического анализа механизмов. Дисциплина «Термодинамика» (Б1.1.17) даёт понимание термодинамических процессов и умение рассчитывать параметры рабочего тела. Специализированная дисциплина «Динамический расчет поршневых двигателей» (Б1.2.4) обеспечивает навыки расчёта сил и моментов, действующих в кривошипно-шатунном механизме. Дисциплина «Вычислительная гидрогазодинамика в проектировании и верификации двигателей» (Б1.1.19) формирует понимание алгоритмов численного моделирования течений. Учебная практика по работе с программным обеспечением (Б2.1.1.2), пройденная в 3 семестре, даёт навыки работы с CAD-системами, необходимые для подготовки геометрии к расчётам. Дисциплина «Теория рабочих процессов поршневых двигателей» (Б1.1.20) обеспечивает знание рабочих циклов и методов расчёта показателей двигателя.

Результаты, полученные в ходе прохождения данной практики, являются основой для последующего освоения ряда дисциплин и практик. Результаты CFD-расчётов используются для верификации моделей агрегатов наддува в дисциплине «Агрегаты наддува» (Б1.2.7), изучаемой в 6 семестре. Результаты прочностных расчётов являются основой для конструкторской доработки в дисциплине «Конструирование и расчет поршневых двигателей» (Б1.2.8) и углубляются при изучении «Расчета и оптимизации деталей двигателя» (Б1.2.9) также в 6 семестре. Навыки CFD-моделирования течений и теплообмена, полученные в практике, используются при расчёте камер сгорания в дисциплине «Камеры сгорания газотурбинных двигателей» (Б1.2.12) и при конструировании лопаточных машин (Б1.2.13) в 7 семестре. Результаты расчётов и оптимизации используются для доработки конструкторской документации в производственной практике (проектной) (Б2.2.1.2) в 6 семестре. Кроме того, результаты научно-исследовательской работы включаются в выпускную квалификационную работу как раздел расчётного обоснования в рамках производственной практики (преддипломной) (Б2.2.1.4) в 8 семестре.

Таким образом, данная практика является ключевым этапом формирования компетенций в области CAE-анализа. Результаты расчётов и оптимизации определяют необходимость доработки конструкции, что связывает этап «Расчёты» с этапом «Разработка конструкторской документации».

## 3. Характеристика практики

**Вид практики:** производственная практика.

**Тип практики:** производственная практика (научно-исследовательская работа).
**Способ проведения практики:** выездная (стационарная — по согласованию).
**Форма проведения практики:** рассредоточенная. Практика проводится в течение всего 5 семестра с равномерным распределением часов: 1 раз в неделю по 4 академических часа. Общая трудоёмкость практики составляет 3 зачётные единицы (108 часов), из которых контактная работа с руководителем составляет 18–36 часов, самостоятельная работа — 72–90 часов.
**Место проведения практики:** практика может проводиться на базе Московского политехнического университета в научно-исследовательских лабораториях кафедры, оснащённых высокопроизводительными вычислительными станциями и лицензионным CAE-ПО (ANSYS, Simcenter, OpenFOAM и др.). Приоритетной формой является проведение практики на базе предприятий-партнёров — организаций двигателестроительной отрасли (ПАО «КАМАЗ», АО «ОДК», АО «Трансмашхолдинг» и др.) в расчётных отделах, отделах главного конструктора, испытательных центрах. В этом случае студент закрепляется за куратором от предприятия, который обеспечивает доступ к производственным задачам, методикам расчёта и экспериментальным данным.

В ходе практики обучающиеся выполняют следующие виды работ: построение расчётных сеток для CAE-анализа, задание граничных условий и нагрузок, проведение прочностных, тепловых и газодинамических расчётов, анализ полученных результатов, верификация расчётных моделей, формулирование рекомендаций по оптимизации конструкции. Работа выполняется под руководством двух руководителей: от университета (научный руководитель) и от предприятия (инженер-куратор).

## 4. Структура и содержание практики

Общая трудоемкость практики составляет 3 зачетные единицы (108 академических часов). Продолжительность практики составляет 3 недели в эквивалентном исчислении, однако ввиду рассредоточенной формы проведения практика распределена равномерно на весь 5 семестр (18 недель) с недельной нагрузкой 6 академических часов.

Содержание практики структурировано по этапам, отражающим логику проведения расчётно-теоретических исследований с применением CAE-систем для обоснования проектных решений.

| № этапа | Наименование этапа | Виды выполняемых работ | Трудоемкость (часы) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Контактная работа | Самостоятельная работа | Всего |
| 1 | Организационно-установочный | Получение индивидуального задания. Ознакомление с целями и задачами НИР, требованиями к отчётности. Изучение методик проведения CAE-анализа. Определение расчётной схемы. | 4 | 4 | 8 |
| 2 | Подготовка геометрии и построение расчётной сетки | Импорт 3D-модели из CAD-системы в CAE-среду. Подготовка геометрии к расчёту (упрощение, устранение мелких элементов). | 6 | 10 | 16 |

| № этапа | Наименование этапа | Виды выполняемых работ | Трудоемкость (часы) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Построение конечно-элементной или конечно-объёмной сетки. Контроль качества сетки. | | | |
| 3 | Задание граничных условий и нагрузок | Определение физических свойств материалов. Задание граничных условий (закрепления, начальные и граничные условия теплообмена). Расчёт нагрузок на основе динамического или термодинамического анализа. | 6 | 12 | 18 |
| 4 | Проведение расчётов | Выполнение прочностного расчёта (FEA) детали или узла. Выполнение теплового расчёта. Выполнение газодинамического расчёта (CFD) при необходимости. Проведение параметрических исследований. | 8 | 20 | 28 |
| 5 | Анализ результатов и оптимизация | Обработка и визуализация результатов расчёта (поля напряжений, деформаций, температур, давлений, скоростей). Оценка прочности, жёсткости, усталостной долговечности. Формулирование рекомендаций по оптимизации конструкции. Проведение топологической оптимизации. | 8 | 16 | 24 |
| 6 | Заключительный | Оформление отчёта по практике (результатов НИР). Подготовка презентационных материалов. Защита результатов практики перед комиссией. | 4 | 10 | 14 |
| Итого | | | 36 | 72 | 108 |

*Примечание: для практик, проводимых на базе предприятия, контактная работа включает еженедельные консультации с куратором от предприятия (1–2 часа в неделю) и руководителем от университета (1 час в неделю).*

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение

### 5.1. Нормативные документы и ГОСТы

1. ГОСТ 7.32-2017. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления. — URL: https://docs.cntd.ru/document/1200157208
2. ГОСТ 2.105-95. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам. — URL: https://base.garant.ru/5146064/
3. ГОСТ 2.109-73. Единая система конструкторской документации. Основные требования к чертежам. — URL: https://meganorm.ru/Data2/1/4294852/4294852138.htm
4. ГОСТ 2.052-2015. Единая система конструкторской документации. Электронная модель изделия. Общие положения. — URL: https://docs.cntd.ru/document/1200133799

### 5.2. Основная литература

1. Басов, К. А. ANSYS в примерах и задачах : учебное пособие / К. А. Басов. — Москва : ДМК Пресс, 2021. — 284 с.
2. Бруяка, В. А. Инженерный анализ в ANSYS Workbench : учебное пособие / В. А. Бруяка, В. Г. Фокин. — Самара : Самарский университет, 2020. — 244 с.
3. Численное моделирование течений жидкости и газа в пакетах ANSYS CFX и Fluent : учебное пособие / А. В. Волков, А. А. Деревянко. — Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2021. — 312 с.
4. Прочностной анализ деталей двигателей внутреннего сгорания : учебное пособие / И. И. Коротков, В. П. Шабанов. — Москва : МАДИ, 2022. — 168 с.

### 5.3. Дополнительная литература

1. Методы оптимизации в инженерных расчётах : учебное пособие / С. Н. Григорьев, В. А. Кузнецов. — Москва : Станкин, 2020. — 224 с.
2. Верификация расчётных моделей в CAE-системах : практическое руководство / Д. А. Иванов. — Санкт-Петербург : Политех-Пресс, 2021. — 188 с.

### 5.4. Электронные образовательные ресурсы

1. Электронно-библиотечная система «Лань» — URL: https://e.lanbook.com
2. Электронно-библиотечная система «Юрайт» — URL: https://urait.ru
3. ANSYS Learning Resources — официальные учебные материалы. — URL: https://www.ansys.com/training-center
4. OpenFOAM Documentation — документация по открытому ПО для CFD. — URL: https://openfoam.org/documentation
5. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU — URL: https://elibrary.ru

### 5.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

| Наименование ПО | Назначение | Тип лицензии |
|---|---|---|
| ANSYS Workbench (Mechanical,Fluent, CFX) | Прочностной и газодинамический анализ | Лицензионное (университетская подписка) |
| Siemens Simcenter (NX CAE, STAR-CCM+) | Многодисциплинарный инженерный анализ | Лицензионное (университетская подписка) |

| Наименование ПО | Назначение | Тип лицензии |
|---|---|---|
| OpenFOAM | Открытое ПО для вычислительной гидродинамики | Свободно распространяемое (GPL) |
| Salome Platform | Построение расчётных сеток, препроцессинг | Свободно распространяемое (LGPL) |
| ParaView | Визуализация результатов численного моделирования | Свободно распространяемое (BSD) |
| Microsoft Office (Word, Excel,PowerPoint) | Оформление отчётной документации, обработка данных | Лицензионное (университетская подписка) |
| Mathcad | Инженерные расчёты | Лицензионное (университетская подписка) |
| MATLAB | Численные расчёты, обработка данных | Лицензионное (университетская подписка) |

### 5.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. **ScienceDirect** — база данных научных публикаций издательства Elsevier. — URL: https://www.sciencedirect.com
2. **Scopus** — реферативная база данных научных публикаций. — URL: https://www.scopus.com
3. **Web of Science** — платформа для доступа к научным публикациям и данным цитирования. — URL: https://www.webofscience.com
4. **Техэксперт** — информационно-справочная система по нормативно-технической документации. — URL: https://cntd.ru
5. **Роспатент. ФИПС** — база данных патентной информации. — URL: https://www.fips.ru

## 6. Материально-техническое обеспечение

**Места проведения практики:**

- Научно-исследовательские лаборатории кафедры «Поршневые двигатели и турбомашины» транспортного факультета Московского политехнического университета.
- Компьютерные классы с установленным CAE-ПО для проведения расчётных работ.
- (Приоритетно) расчётные отделы, отделы главного конструктора, испытательные центры предприятий-партнёров двигателестроительной отрасли.

**Лабораторное и научно-исследовательское оборудование:**

- Высокопроизводительные вычислительные станции (серверы) для проведения ресурсоёмких CAE-расчётов.
- Рабочие станции с многопроцессорной архитектурой для работы с большими конечно-элементными моделями.
- Испытательные стенды для измерения параметров двигателей (мощностные, тепловые, вибрационные) — для верификации расчётных моделей.
- Измерительное оборудование: датчики давления, температуры, вибрации, системы сбора данных.
- Тензометрическое оборудование для измерения деформаций и напряжений в деталях.

**Демонстрационные приборы и мультимедийные средства:**

- Мультимедийный проектор для визуализации результатов расчётов.
- Мониторы с высоким разрешением для детального анализа полей напряжений, температур, скоростей.

- Системы визуализации (CAVE-системы, VR-шлемы) — для демонстрации результатов моделирования.

**Тренажеры и симуляторы:**

- Комплекты учебных моделей для CAE-анализа (прочностной, тепловой, газодинамический).
- Методические примеры верификации расчётных моделей по экспериментальным данным.

**Наглядные пособия:**

- Комплект методических указаний по проведению CAE-анализа в различных пакетах (ANSYS, Simcenter, OpenFOAM).
- Примеры расчётных отчётов по прочностному, тепловому и газодинамическому анализу.
- Плакаты и схемы, иллюстрирующие этапы CAE-анализа.
- Базы данных свойств конструкционных материалов.

# 7. Методические рекомендации

## 7.1. Методические рекомендации для руководителя по организации практики

**Организация практики**

Практика проводится в рассредоточенной форме в течение 5 семестра. Приоритетной формой является проведение практики на базе предприятий-партнёров с назначением куратора от предприятия.

1. **Установочный этап (1–2 недели):** Проведение установочной лекции. Выдача индивидуального задания, включающего: объект исследования, перечень расчётов, требования к верификации. При наличии куратора от предприятия — согласование задания с ним.
2. **Регулярные консультации (в течение семестра):** Организация еженедельных встреч с обучающимися для контроля выполнения расчётов, обсуждения промежуточных результатов, корректировки подходов. При работе на предприятии — координация с куратором от предприятия.
3. **Методическое сопровождение:** Предоставление обучающимся методических материалов по работе в CAE-системах, постановке граничных условий, верификации расчётных моделей.
4. **Заключительный этап (17–18 недели):** Приём отчётов, проверка результатов расчётов, защита результатов НИР.

**Образовательные технологии**

- **Исследовательский метод:** выполнение расчётно-теоретического исследования с элементами научной новизны.
- **Проблемно-ориентированное обучение:** решение задач по верификации расчётных моделей, оптимизации конструкции.
- **Двойное руководство:** взаимодействие с куратором от предприятия для решения реальных производственных задач.
- **Цифровое моделирование:** применение CAE-систем для инженерного анализа.

**Методы и формы текущего контроля**

- **Текущий контроль:** проверка корректности построения расчётных сеток, задания граничных условий, промежуточных результатов расчёта.
- **Промежуточная аттестация:** защита отчёта с представлением результатов CAE-анализа, выводов и рекомендаций по оптимизации.

## 7.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

**Подготовка к практике**

- Изучите теоретические основы методов, которые будете применять (метод конечных элементов, вычислительная гидродинамика).
- Ознакомьтесь с интерфейсом и основными возможностями используемой CAE-системы.
- Подготовьте геометрию (3D-модель) для расчёта.

**Выполнение практики по этапам**

| Этап | Рекомендации по выполнению |
|---|---|
| Подготовка геометрии и построение сетки | Импортируйте 3D-модель из CAD-системы. Упростите геометрию: удалите мелкие отверстия, фаски, скругления, не влияющие на расчёт. Постройте сетку, контролируя качество (аспект-ратио, ортогональность). Для сложных областей используйте локальное сгущение сетки. |
| Задание граничных условий | Определите свойства материала (плотность, модуль упругости, коэффициент теплопроводности). Задайте закрепления и нагрузки. При проведении теплового анализа укажите тепловые потоки, коэффициенты теплоотдачи. При CFD-анализе задайте входные и выходные граничные условия. |
| Проведение расчётов | Выберите корректный решатель. Для прочностного анализа используйте стационарный или нестационарный решатель в зависимости от задачи. Контролируйте сходимость решения. При необходимости выполняйте параметрические исследования. |
| Анализ результатов и оптимизация | Визуализируйте результаты: поля напряжений, деформаций, температур, давлений, скоростей. Оцените прочность, жёсткость, усталостную долговечность. Сформулируйте рекомендации по оптимизации конструкции. При проведении топологической оптимизации интерпретируйте полученную геометрию. |

**Подготовка к текущему контролю и промежуточной аттестации**

- **Текущий контроль:** фиксируйте промежуточные результаты, сохраняйте скриншоты снимков напряжений, деформаций. При возникновении расхождений с ожидаемыми результатами анализируйте причины.
- **Защита практики:** отчёт должен содержать описание расчётной модели, граничных условий, результаты расчёта с визуализацией, анализ полученных результатов, выводы и рекомендации. На защите продемонстрируйте ключевые результаты и обоснуйте предложенные рекомендации по оптимизации.

# 8. Фонд оценочных средств

## 8.1. Методы контроля и оценивания результатов прохождения практики

**Форма промежуточной аттестации:** дифференцированный зачет (5 семестр).
**Методы контроля:**

| Вид контроля | Форма контроля | Периодичность | Содержание контроля |
|---|---|---|---|
| Текущий контроль | Собеседование | 1 раз в 2 недели | Обсуждение хода выполнения расчётов, корректировка граничных условий и параметров модели |
| Текущий контроль | Проверка расчётной модели | 8–10 неделя | Оценка корректности построения сетки, задания граничных условий и нагрузок |
| Текущий контроль | Проверка промежуточных результатов расчёта | 14–16 неделя | Оценка корректности полученных результатов, анализ сходимости решения |
| Промежуточная аттестация | Защита отчёта по практике | 17–18 неделя | Оценка качества проведённых расчётов, обоснованности выводов и рекомендаций |

**Оценочные средства для текущего контроля:**

- Индивидуальное задание на НИР.
- Расчётная модель в CAE-системе (конечно-элементная / конечно-объёмная сетка).
- Результаты расчётов (поля напряжений, деформаций, температур, давлений, скоростей).
- Предварительные выводы и рекомендации по оптимизации.

**Оценочные средства для промежуточной аттестации:**

- Отчёт по практике (результаты НИР) объёмом 20–30 страниц.
- Презентация результатов расчётов (8–12 слайдов).
- Устный доклад (7–10 минут).
- При наличии куратора от предприятия — отзыв руководителя практики от предприятия.

### 8.2. Шкала и критерии оценивания результатов прохождения практики

Оценка результатов прохождения практики осуществляется по четырёхбалльной шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

| Оценка | Критерии оценивания |
|---|---|
| **Отлично** | Студент полностью выполнил индивидуальное задание. Расчётная сетка построена корректно, проведён контроль качества. Граничные условия и нагрузки заданы обоснованно. Расчёты выполнены, сходимость решения обеспечена. Результаты визуализированы и проанализированы. Сформулированы обоснованные рекомендации по оптимизации конструкции. Проведена верификация модели. Отчёт оформлен в полном соответствии с требованиями. При защите студент свободно владеет материалом, демонстрирует понимание физической сущности процессов, аргументированно отвечает на вопросы. |
| **Хорошо** | Студент выполнил индивидуальное задание. Расчётная сетка построена, имеются незначительные замечания по качеству. Граничные условия и нагрузки заданы корректно. Расчёты выполнены, результаты проанализированы. Рекомендации по оптимизации сформулированы. Отчёт оформлен с несущественными нарушениями. При защите студент демонстрирует уверенное владение материалом, отвечает на вопросы, допускает неточности. |
| **Удовлетворительно** | Студент выполнил индивидуальное задание с нарушениями сроков. Расчётная сетка построена с замечаниями, качество сетки не контролировалось. Граничные условия заданы с нарушениями. Расчёты выполнены, но анализ результатов поверхностный. Рекомендации по оптимизации сформулированы нечётко. Отчёт оформлен с нарушениями. При защите студент испытывает затруднения при ответах на вопросы. |
| **Неудовлетворительно** | Студент не выполнил индивидуальное задание. Расчёты не проведены или результаты не соответствуют заданию. Анализ результатов отсутствует. Рекомендации не сформулированы. Отчёт не представлен. При защите студент не владеет материалом, не отвечает на вопросы. |

### 8.3. Оценочные средства

#### 8.3.1. Текущий контроль

**Оценочное средство 1: Собеседование по ходу выполнения расчётов**

*Периодичность:* 1 раз в 2 недели.
*Форма проведения:* устная беседа с руководителем практики.
*Содержание оценки:* обсуждение хода выполнения расчётов, корректировка граничных условий и параметров модели.
*Критерии оценки:*

- «Зачтено» — студент демонстрирует понимание физической сущности решаемой задачи, корректно обосновывает принятые допущения.
- «Не зачтено» — студент не понимает физической сущности задачи, допущения не обоснованы.

**Оценочное средство 2: Проверка расчётной модели**

*Срок представления:* 8–10 неделя семестра.
*Форма представления:* файл расчётной модели в CAE-системе.
*Содержание работы:* построение расчётной сетки, задание граничных условий и нагрузок.
*Критерии оценки:*

| Критерий | Отлично | Хорошо | Удовлетворительно | Неудовлетворительно |
|---|---|---|---|---|
| Качество сетки | Высокое качество, контроль качества выполнен | Хорошее качество | Удовлетворительное качество | Сетка не построена или низкого качества |
| Задание граничных условий | Корректно, обоснованно | Корректно, незначительные недочёты | Есть замечания | Не корректно |
| Задание нагрузок | Обоснованно, с учётом динамики | Обоснованно | Поверхностно | Не обосновано |

**Оценочное средство 3: Проверка промежуточных результатов расчёта**

*Срок представления:* 14–16 неделя семестра.
*Форма представления:* файлы результатов расчёта, скриншоты полей.
*Содержание работы:* анализ сходимости решения, предварительная интерпретация результатов.
*Критерии оценки:*

| Критерий | Отлично | Хорошо | Удовлетворительно | Неудовлетворительно |
|---|---|---|---|---|
| Сходимость решения | Обеспечена, мониторилась | Обеспечена | Недостаточная | Не обеспечена |
| Визуализация результатов | Наглядная, корректная | Корректная | Недостаточно наглядная | Отсутствует |
| Предварительный анализ | Глубокий, содержательный | Анализ проведён | Поверхностный | Отсутствует |

### 8.3.2. Промежуточная аттестация

**Форма промежуточной аттестации:** дифференцированный зачет.

**Оценочное средство: Защита отчёта по НИР**

*Форма проведения:* публичная защита перед комиссией (7–10 минут доклад, 5–7 минут ответы на вопросы).
*Состав комиссии:* руководитель практики, научный руководитель, при возможности — куратор от предприятия.
*Структура отчёта по практике:*

1. Титульный лист.
2. Индивидуальное задание.

3. Введение (цели, задачи, объект исследования).
4. Описание расчётной модели (геометрия, сетка, граничные условия).
5. Результаты расчётов (поля напряжений, деформаций, температур, давлений, скоростей).
6. Анализ результатов и верификация.
7. Рекомендации по оптимизации конструкции.
8. Заключение.
9. Список использованных источников.
10. Приложения (скриншоты, графики).

*Структура презентации (8–12 слайдов):*

1. Титульный слайд.
2. Цель и задачи НИР.
3. Объект исследования.
4. Расчётная модель (сетка, граничные условия).
5. Результаты расчёта (основные поля).
6. Анализ результатов.
7. Рекомендации по оптимизации.
8. Заключение.

*Критерии оценки защиты:*

| Критерий | Отлично | Хорошо | Удовлетворительно | Неудовлетворительно |
|---|---|---|---|---|
| Качество расчётной модели | Высокое, корректное построение | Хорошее, незначительные недочёты | Удовлетворительное, есть замечания | Неудовлетворительное |
| Достоверность результатов | Результаты верифицированы | Результаты обоснованы | Результаты сомнительны | Результаты не соответствуют физике |
| Глубина анализа | Глубокий, содержательный | Анализ проведён | Поверхностный | Отсутствует |
| Обоснованность рекомендаций | Полное обоснование | Обоснованы | Частично обоснованы | Не обоснованы |
| Ответы на вопросы | Аргументированные ответы | Правильные ответы | Затруднения | Отсутствие ответов |
| Отзыв от предприятия (при наличии) | Положительный, с высокой оценкой | Положительный | Удовлетворительный | Отрицательный |