

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

_____ Левихин А.А.

« ____ » _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПРАКТИКИ ПРАКТИКУМ В ГИДРОАЭРОДИНАМИКЕ

| | |
|--|--|
| Направление/специальность подготовки | 24.03.05 Двигатели летательных аппаратов |
| Специализация/профиль/программа подготовки | Цифровые технологии создания двигателей и энергетических установок |
| Уровень высшего образования | Бакалавриат |
| Форма обучения | Очная |
| Факультет | А Ракетно-космическая техника |
| Выпускающая кафедра | А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА |
| Кафедра-разработчик рабочей программы | А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА |

| КУРС | СЕМЕСТР | ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ) | ЧАСЫ (по наличию видов занятий) | | | | | | | | | ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ |
|------|---------|---|---------------------------------|--------------------|--------|---------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|--------------------------------|
| | | | ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ | АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ | | | | САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА | | | | |
| | | | | ВСЕГО | ЛЕКЦИИ | ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ | ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ | ВСЕГО | КУРСОВОЙ ПРОЕКТ | КУРСОВАЯ РАБОТА | ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ | |
| 4 | 8 | 4 | 144 | 26 | 0 | 0 | 26 | 118 | 0 | 0 | 118 | диф. зач. |

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

24.03.05 Двигатели летательных аппаратов

год набора группы: 2026

Программу составил:

Кафедра А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА
Овчинникова Ольга Константиновна, к.т.н., доцент

Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы **А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Тетерина И.В., к.т.н., доц.

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

Заведующий кафедрой Тетерина И.В., к.т.н., доц.

1. Общие характеристики

| Практика | Тип практики |
|------------------|-------------------------------|
| Учебная практика | ПРАКТИКУМ В ГИДРОАЭРОДИНАМИКЕ |

2. Цели практики

Цель практики – дать теоретические основы и развить навыки моделирования газодинамических и тепломассообменных процессов в аэрокосмической технике, протекающих в условиях высокой интенсивности и взаимовлияния факторов различной физической природы.

В конверсионном отношении данная дисциплина связана с формированием знаний и умений моделирования процессов высоких технологий и технологий двойного назначения.

Теоретические основы и навыки решения задач моделированием процессов в смесях газов и двухфазных средах обеспечивают подготовку специалиста в области следующих направлений, определенных государственным стандартом:

а) в области научно-исследовательской деятельности:

- изучение научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования;

- проведение экспериментов по заданной методике и анализ результатов;

- подготовка данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций;

составление отчета по выполненному заданию, участие во внедрении результатов исследований и разработок;

б) в области расчетно-проектной и проектно-конструкторской деятельности:

- сбор и анализ информационных исходных данных для проектирования;

- расчет и проектирование деталей и узлов в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных средств автоматизации проектирования;

г) в области производственно-технологической деятельности:

- участие в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции.

3. Задачи практики

Задачи практики состоят в формировании знаний основ численных методов; основных законов физики и химии; принципов применения современных информационных технологий в науке и предметной деятельности.

В ходе практики студент получает умения

- строить математические модели физических явлений, химических процессов, экологических систем;

- использовать математический аппарат и информационные технологии при изучении естественнонаучных дисциплин;

- проводить физический и химический эксперименты, анализировать результаты эксперимента с привлечением методов математической статистики и информационных технологий;

- работать на компьютере (знание операционной системы, использование основных математических программ, программ отображения результатов, публикации, поиска информации через Интернет, пользование электронной почтой).

- применять основные аналитические и численные методы решения алгебраических и дифференциальных уравнений и их систем;

- применять основные методы теоретического и экспериментального исследования физических и химических явлений, методы поиска и обработки информации как вручную, так и с применением современных информационных технологий.

4. Место практики в структуре образовательной программы

ПРАКТИКУМ В ГИДРОАЭРОДИНАМИКЕ является дисциплиной **обязательной части блока 2.**

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В АРКТ, МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ДВИГАТЕЛЯХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ, АЭРОГИДРОГАЗОДИНАМИКА, УНИРС.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности;

ОПК-5 — Способен использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники;

ПК-3.1 — Способен понимать физическую сущность гидрогазодинамических процессов и процессов теплообмена, разрабатывать методологии исследований двигателей и энергетических установок;

ПК-3.2 — Способен разрабатывать физические и математические модели совокупности процессов гидрогазодинамики и теплообмена;

ПК-3.3 — Способен анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по направлению аэрогазодинамики и теплообмена;

ПК*-3.4 — Способен проводить исследования в области гидрогазодинамических процессов и процессов теплообмена с использованием современных информационных технологий, готовность к профессиональной эксплуатации современных средств вычислительного моделирования.

5. Место и время проведения практики

Практика проводится в передовых организациях, промышленных предприятиях, научных и научно-исследовательских учреждениях, ведущих деятельность по направлению подготовки обучающихся, с которыми заключены соответствующие соглашения, например:

АО "ОДК-Климов", г. СПб; АО "Объединенная судостроительная корпорация": АО "ЦКБ МТ "Рубин", г. СПб; АО "СПМБМ "Малахит", г. СПб; АО «Концерн «МПО – Гидроприбор», г. СПб; Госкорпорация "Роскосмос": АО "КБ "Арсенал", г. СПб; ИЭЭ РАН, г. СПб.

В форме контактной работы по расписанию практика организуется на кафедре А9.

Практика может проводиться в структурных подразделениях Университета, обладающих необходимым кадровым и научно-техническим потенциалом, материально технической базой.

Время проведения: 8 семестр, общая трудоемкость - 4 з.е.

6. Компетенции обучающегося, формируемые в результате прохождения практики

В результате прохождения данной практики обучающийся должен приобрести следующие компетенции

Общепрофессиональные компетенции:

ОПК-6 — способность анализировать, систематизировать и обобщать информацию о современном состоянии и перспективах развития отрасли двигателестроения и энергетической техники

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ОПК-6

знания:

историю развития и современное состояние авиастроительной, ракетостроительной, двигателестроительной и энергетической областей;

умения:

поиска, анализа, систематизации и обобщения информации, получаемой из различных источников;

навыки:

написания отчётов, создания презентаций, подготовки докладов, представления работ.

7. Структура и содержание практики

Общая трудоемкость практики составляет 4 з.е. (в 8 семестре) 144 часов.

| № п/ п | Курс | Семестр | Разделы (этапы) практики | Вид производственной работы на практике, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость (в часах) | | | |
|--------------|------|---------|--|---|-----------------------|--------------------|-----------------------|
| | | | | Производственный инструктаж | Изучение документации | Выполнение заданий | Обработка результатов |
| 1 | 4 | 8 | Течение газа по соплу Лаваля. Аналитическое описание течения газа по соплу Лаваля. Описание физической экспериментальной установки. Проведение вычислительных экспериментов. Построение геометрической модели. Построение вычислительной сетки. Проведение имитационного моделирования. Отображение и анализ результатов расчета. Сравнение с результатами физического эксперимента. Оформление отчёта, выводы по работе. | 4 | 4 | 18 | 16 |
| 2 | 4 | 8 | Измерение аэродинамических сил, действующих на крыловой профиль. Описание физической экспериментальной установки. Проведение вычислительных экспериментов. Построение геометрической модели. Построение вычислительной сетки. Проведение имитационного моделирования. Отображение и анализ результатов расчета. Сравнение с результатами физического эксперимента. Оформление отчёта, выводы по работе. | 0 | 0 | 18 | 16 |
| 3 | 4 | 8 | Исследование аэродинамических характеристик оперенного тела. Описание физической экспериментальной установки. Проведение вычислительных экспериментов. Построение геометрической модели. Построение вычислительной сетки. Проведение имитационного моделирования. Отображение и анализ результатов расчета. Сравнение с результатами физического эксперимента. Оформление отчёта, выводы по работе. | 0 | 0 | 18 | 16 |
| 4 | 4 | 8 | Истечение из сосуда конечного размера. Аналитическое описание истечения газа из сосуда конечного размера. Описание физической экспериментальной установки. Проведение вычислительных экспериментов. Построение геометрической модели. Построение вычислительной сетки. Проведение имитационного моделирования. Отображение и анализ результатов расчета. Сравнение с результатами физического эксперимента. Оформление отчёта, выводы по работе. | 0 | 0 | 18 | 16 |
| Всего | | | | 4 | 4 | 72 | 64 |
| Итого | | | | 144 | | | |

8. Научно-исследовательские и научно-производственные технологии, используемые на практике

Используются компьютерные технологии и программные продукты, необходимые для сбора и систематизации исходной научно-технической информации, патентного поиска, построения математических, имитационных, вычислительных моделей, проведения расчетов, оформления, представления и защиты полученных результатов.

9. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов на практике

Сбор и систематизация материалов определяется заданием на практику. В анализируемые источники помимо литературы должны входить научно-технические публикации в периодических изданиях и монографиях.

В процессе выполнения задания студент должен стремиться самостоятельно решать поставленные задачи с использованием материалов ранее прослушанных дисциплин, активно использовать ресурсы сети Интернет, знакомиться с соответствующими литературными источниками, в том числе в читальных залах библиотек Университета. Обсуждение результатов текущей работы проводится регулярно с руководителем практики путем собеседования.

10. Формы текущего контроля успеваемости

Обязательной формой текущего контроля успеваемости по практике является диагностическая работа, проводимая на 6, 10 и 16 неделях учебного семестра.

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle.

11. Форма промежуточной аттестации (по итогам практики)

Формой промежуточной аттестации по практике является дифференцированный зачет, выставляемый с учетом результатов текущего контроля успеваемости и итогов защиты отчета о прохождении практики.

Защита отчета проводится в форме собеседования с преподавателем, в ходе которого студент докладывает о проделанной работе и отвечает на вопросы/

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение практики

а) Основная литература:

1. В. Т. Калугин. . Аэрогазодинамика органов управления полётом летательных аппаратов. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004, 16 экз.
2. Г. А. Акимов, В. А. Зазимко ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Аэрогазодинамика. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014, 61 экз.
3. Г. А. Акимов, В. А. Зазимко, В. А. Бородавкин. . Аэродинамические характеристики летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2003, эл. рес.
4. Г. А. Акимов, В. А. Зазимко, М. Г. Моисеев ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Аэрогазодинамика. Ч. 2 Описание лабораторных работ. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2009, эл. рес.
5. К. Н. Волков, В. Н. Емельянов, И. В. Тетерина. . Газовые течения в соплах энергоустановок. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2017, 50 экз.
6. Л. Н. Лысенко. . Внешняя баллистика. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018, эл. рес.
7. Л. С. Шаблий, А. В. Кривцов, Д. А. Колмакова. . Компьютерное моделирование типовых гидравлических и газодинамических процессов двигателей и энергетических установок в ANSYS Fluent . Самара: Изд-во Самарск. ун-та, 2017, эл. рес.
8. М. Г. Моисеев, Ю. М. Циркунов. . Основы аэрогазодинамики. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006, эл. рес.
9. Н. А. Брыков, В. Н. Емельянов, И. В. Тетерина. . Динамика вязкой жидкости. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021, 16 экз.
10. О. К. Овчинникова, М. М. Лаптинская, И. В. Тетерина. . Решение прикладных задач термогазодинамики в Ansys. СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023, эл. рес.
11. Ю. М. Циркунов. . Лекции по механике жидкости и газа. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013, эл. рес.

б) Дополнительная литература:

1. О. К. Овчинникова, М. М. Лаптинская, И. В. Тетерина. . Численное моделирование газовых смесей и двухфазных течений. СПб.: НИЦ АРТ, 2022, 1 экз.

в) Ресурсы сети Интернет:

1. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. <https://urait.ru/> — Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов;
3. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=474 — Библиотечно-издательский центр БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова — Библиотечно-издательский центр БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова.

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> - Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
3. <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/> - КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

13. Материально-техническое обеспечение практики

Рабочие места студентов и преподавателя, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Пакеты программ САЕ-технологий: Ansys Multiphysics, Логос, MatLab

Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, ноутбук, интерактивная доска).

14. Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств на практике включает:

- задания для проведения текущего контроля успеваемости в форме диагностической работы;
- требования к отчету о прохождении практики и критерии оценивания;
- иные оценочные средства, необходимые для оценки сформированности компетенций, формируемых в результате прохождения практики.

Отчет по практике представляется в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета по практике. Отчет должен содержать: цель, постановку задачи, математическую модель, обоснование выбора метода исследования, анализ полученных результатов и выводов и, при необходимости, графические изображения. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

Примеры оформленных отчетов приведены в УМК.

Используются следующие критерии оценивания:

Оценки "зачтено-отлично" заслуживает студент, полностью выполнивший задание для прохождения практики. Студенту необходимо в указанный срок представить оформленный по требованиям отчет. В отчете структурировано приведены цель и задачи практики, грамотный обзор литературных источников, лаконичный анализ результатов и выводов. При защите отчета студент показал уверенное владение информацией, полно и четко ответил на все вопросы.

Оценки "зачтено-хорошо" заслуживает студент, полностью выполнивший задание для прохождения практики. Студенту необходимо в указанный срок представить оформленный по требованиям отчет. В отчете структурировано приведены цель и задачи практики, грамотный обзор литературных источников, анализ результатов и выводов носит неполный характер. При защите отчета студент допустил несущественные ошибки при ответах на вопросы.

Оценки "зачтено-удовлетворительно" заслуживает студент, полностью выполнивший задание для прохождения практики. Студенту необходимо в указанный срок представить оформленный по

требованиям отчёт. В отчёте отсутствует один или несколько ключевых компонентов (например, не указана цель или отсутствуют выводы). При защите отчёта студент продемонстрировал поверхностные знания, допустил несколько принципиальных ошибок при ответах на вопросы.

Во всех остальных случаях ставится отметка "не зачтено".