

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_  
 Юнаков Л. П.  
 (подпись) ФИО  
 «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПРАКТИКИ

### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРОЕКТНОЙ БАЛЛИСТИКЕ

Направление/специальность подготовки	24.05.04 Навигационно-баллистическое обеспечение применения космической техники
Специализация/профиль/программа подготовки	Проектная баллистика ракет и космических систем
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЁТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЁТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

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	
3	6	3	108	68	0	0	68	40	0	0	40	диф. зач.
4	7	3	108	68	0	0	68	40	0	0	40	диф. зач.
ВСЕГО		6	216	136	0	0	136	80	0	0	80	

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**24.05.04 Навигационно-баллистическое обеспечение применения космической техники**

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ  
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Клочков Александр Викторович, к.т.н., доцент

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Толпегин О.А., д.т.н., проф.

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

**А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Толпегин О.А., д.т.н., проф.

## 1. Общие характеристики

Практика	Тип практики
Учебная практика	МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРОЕКТНОЙ БАЛЛИСТИКЕ

## 2. Цели практики

Целью практики является получение следующих результатов образования, направленных на закрепление и углубление теоретической подготовки обучающихся, приобретение ими практических навыков и компетенций, а также опыта самостоятельной деятельности.

В результате освоения Учебной практики, у обучающегося будет сформирована готовность к проведению физических и численных экспериментов по заданным методикам; умение выполнять измерения и проводить наблюдения, составлять описания исследований, обрабатывать и анализировать полученные результаты исследований, готовность осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации по теме (заданию), подготовку информационных обзоров, рецензий, отзывов и заключений на техническую документацию в области баллистики, гидроаэродинамики и управления движением объектов.

## 3. Задачи практики

Задачами практики являются:

- закрепление теоретических знаний в процессе самостоятельного решения практических задач в области баллистики и гидроаэродинамики;
- развитие у обучающихся способности к самостоятельным обоснованным суждениям и выводам;
- развитие у обучающихся способности использовать научные знания и быстро адаптироваться при изменении ситуаций и требований к своей деятельности и профессии;
- развитие у обучающихся способности анализировать и решать инженерные задачи в области баллистики и гидроаэродинамики на основе теоретических знаний;
- закрепление навыков умения получения, сбора, систематизации и анализа информации в области баллистики и гидроаэродинамики.
- закрепление практических навыков математического моделирования в баллистике БПЛА

## 4. Место практики в структуре образовательной программы

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРОЕКТНОЙ БАЛЛИСТИКЕ** является дисциплиной **обязательной части блока 2.**

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ПРОГРАММИРОВАНИЕ НА ЯЗЫКЕ ВЫСОКОГО УРОВНЯ.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

**ОПК-2** — Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности;

**ОПК-8** — Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА (ПОЛУЧЕНИЕ ПЕРВИЧНЫХ НАВЫКОВ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ)**.

## 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:

1. АО «Концерн «Гранит-Электрон», г. СПб.
2. АО «НПО «Импульс», г. СПб.
3. АО «Радар ММС», г. СПб.
4. АО «Концерн Морское подводное оружие - Гидроприбор», г. СПб.

5. ФГУП «КБ Арсенал», г. СПб.

6. ГК «Геоскан», г. СПб.

7. АО «Авионика-РТС», г. СПб.

и другие предприятия и организации – работодатели для молодых специалистов

**В форме контактной работы по расписанию практика организуется на кафедре А5 "Динамика и управление полетом летательных аппаратов".**

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

Время проведения: 6/7 семестр, общая трудоемкость - 3/3 з.е.

## **6. Компетенции обучающегося, формируемые в результате прохождения практики**

В результате прохождения данной практики обучающийся должен приобрести следующие компетенции

### **Общепрофессиональные компетенции:**

ОПК-2 — способность понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

#### **ОПК-2**

*знания:*

на уровне представлений:

- знать принципы и математические модели систем наведения и стабилизации летательных аппаратов различных типов;

- знать области применения, задачи типовых систем управления и наведения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) различных типов;

- знать назначение и задачи систем управления и наведения летальных аппаратов;;

*умения:*

теоретически и практически:

- уметь классифицировать системы управления и наведения летальных аппаратов;

- составлять математические модели систем управления и наведения БПЛА;

- уметь использовать методические приемы упрощения моделей движения летательных аппаратов различных типов;

- уметь выбирать и конкретизировать соответствующую задаче исследования модель (уравнения) управляемого движения БПЛА;

- уметь использовать методические приемы упрощения моделей движения летательных аппаратов различных типов;

- проводить математическое моделирование динамики движения БПЛА;;

*навыки:*

иметь навыки и владеть:

- основными методами анализа и синтеза систем управления и наведения летальных аппаратов различных типов;

- использования методов разработки математических моделей, как для исследования траекторий движения с использованием упрощенных моделей, так и для исследования движения с учетом динамики работы элементов системы управления в целом;

- использования аналитических и численных методов анализа математических моделей и расчета параметров и характеристик летательных аппаратов различных классов;

- составления алгоритмов и программ для численного решения задач динамики полета и управления движением БПЛА;.

## 7. Структура и содержание практики

Общая трудоемкость практики составляет 3/3 з.е. (в 6/7 семестре соответственно) 108/108 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	3	6	Подготовительный этап: инструктаж по технике безопасности, обсуждение задания с руководителем, разработка плана выполнения задания, формирование индивидуального задания на практику	4	4	0	0
2	3	6	Обзор литературных источников по теме исследования, изучение технической документации	0	6	0	0
3	3	6	Обзор математических моделей, применяемых в баллистике БПЛА. Обзор алгоритмов решения задач динамики движения БПЛА. Разработка математической модели, алгоритма, программы изучаемого объекта.	0	4	20	0
4	3	6	Проведение численных расчетов по разработанным моделям, методикам	0	4	20	0
5	3	6	Обработка и анализ результатов исследования	0	4	20	12
6	3	6	Подготовка отчета по практике за 6 семестр	0	0	0	10
<b>Всего за 6 семестр</b>				4	22	60	22
<b>Итого за 6 семестр</b>				108			
7	4	7	Подготовительный этап: инструктаж по технике безопасности, обсуждение задания с руководителем, разработка плана выполнения задания, формирование индивидуального задания на практику	4	4	0	0
8	4	7	Обзор литературных источников по теме исследования, изучение технической документации	0	6	0	0
9	4	7	Обзор математических моделей, применяемых в баллистике БПЛА. Обзор алгоритмов решения задач динамики движения БПЛА. Разработка математической модели, алгоритма, программы изучаемого объекта	0	4	20	0
10	4	7	Проведение численных расчетов по разработанным моделям, методикам	0	4	20	0
11	4	7	Обработка и анализ результатов исследования	0	4	20	12
12	4	7	Подготовка отчета по практике за 7 семестр	0	0	0	10
<b>Всего за 7 семестр</b>				4	22	60	22
<b>Итого за 7 семестр</b>				108			
<b>Всего</b>				8	44	120	44
<b>Итого</b>				216			

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

При проведении Учебной практики используются специализированные научно-исследовательские технологии по математическому моделированию процессов в области баллистики и гидроаэродинамики на базе разработанных и стандартных пакетов прикладных программ

## **9. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов на практике**

Сбор и систематизация материалов определяются заданием на практику.

Готовность обучающегося к реализации плана Учебной практики определяется руководителем практики по результатам собеседования на усмотрение руководителя.

В процессе выполнения задания, обучающийся должен стремиться самостоятельно решать поставленные задачи с использованием материалов ранее изученных дисциплин Блока 1 ФГОС в области баллистики и гидроаэродинамики, активно использовать ресурсы сети Интернет, знакомиться с соответствующими литературными источниками. Обсуждение результатов текущей работы проводится регулярно с руководителем практики путем собеседования.

Вид самостоятельной работы

- Инструктаж по технике безопасности
- Работа с инструкцией по технике безопасности с целью полного и точного соблюдения требований техники безопасности при выполнении работ.

Обзор литературных источников по теме практики.

- Работа с основной и дополнительной литературой, работа с электронными библиотечными системами. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать руководителю на практическом занятии.

Разработка моделей, проведение расчетов, обработка и анализ результатов.

- Использование существующих в литературе примеров, использование материалов освоенных учебных дисциплин, всестороннее обсуждение результатов с руководителем учебной практики и получение конкретных рекомендаций.

Оформление отчетных материалов.

При оформлении отчета необходимо руководствоваться:

- Положением о практиках обучающихся, осваивающих образовательные программы высшего образования БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, от 13.02.2017 с изм.
- ГОСТ 7.32 – 2001 с изм. 2005.

Подготовка к дифференцированному зачету

- При подготовке к дифференцированному зачету необходимо ориентироваться на основную и дополнительную литературу, уметь четко и точно формулировать выводы по проведенной работе

## **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. . Исследование динамики систем управления беспилотных летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011, эл. рес.
2. А. В. Аттетков, В. С. Зарубин, А. Н. Канатников. . Методы оптимизации. М.: РИОР, 2012, 13 экз.
3. А. В. Аттетков, В. С. Зарубин, А. Н. Канатников. . Методы оптимизации. М.: Инфра-М, 2013, 10 экз.
4. А. В. Пантелеев, А. С. Бортаковский. . Теория управления в примерах и задачах. Москва: ИНФРА-М, 2016, эл. рес.
5. А. В. Пантелеев, А. С. Бортаковский. . Теория управления в примерах и задачах. М.: Высшая школа, 2003, 26 экз.
6. А. С. Шалыгин. . Основы статистической динамики летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008, эл. рес.
7. А. С. Шалыгин, В. А. Санников, И. Л. Петрова. . Баллистика космических аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006, 65 экз.
8. А. С. Шалыгин, В. А. Санников, О. А. Толпегин. . Автоматизация расчёта траекторий ЛА. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008, эл. рес.
9. А. С. Шалыгин, И. Л. Петрова. . Ситуационные модели динамики полёта. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2009, эл. рес.
10. А. С. Шалыгин, И. Л. Петрова. . Ситуационные модели динамики полёта. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2009, 20 экз.
11. А. С. Шалыгин, Ю. И. Палагин. . Имитационные модели случайных полей. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1998, 66 экз.
12. И. Л. Петрова. . ТАУ дискретных и цифровых систем ЛА. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007, эл. рес.
13. И. Л. Петрова, А. В. Клочков, Н. Е. Баранов. . Стохастическая фильтрация в задачах динамики полёта. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018, 37 экз.
14. И. Л. Петрова, П. Д. Горохова, П. Ю. Литвинова. . Основы статистических методов в динамике полёта. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019, эл. рес.
15. И. Л. Петрова, П. Д. Горохова, П. Ю. Литвинова. . Основы статистических методов в динамике полёта. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019, 44 экз.
16. Н. В. Копчёнова, И. А. Марон. . Вычислительная математика в примерах и задачах. СПб.: Лань, 2009, 6 экз.
17. Н. М. Иванов, Л. Н. Лысенко. Баллистика и навигация космических аппаратов. М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2016, эл. рес.
18. Н. М. Иванов, Л. Н. Лысенко. . Баллистика и навигация космических аппаратов. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016, эл. рес.
19. О. А. Толпегин. . Прикладные методы оптимального управления. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2004, эл. рес.
20. О. А. Толпегин. Области достижимости летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2002, 50 экз.
21. О. А. Толпегин. . Области достижимости летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013, 70 экз.
22. О. А. Толпегин. . Методы оптимального управления. М.: Юрайт, 2021, эл. рес.
23. О. А. Толпегин. . Экспериментальная баллистика. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015, 60 экз.
24. О. А. Толпегин. . Области достижимости летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013, эл. рес.
25. О. А. Толпегин, В. М. Кашин, В. Г. Новиков. . Математические модели систем наведения ракет. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, 50 экз.
26. О. А. Толпегин, И. Л. Петрова. . Математические модели систем наведения летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006, эл. рес.

б) Дополнительная литература:

1. В. Н. Брандин, А. А. Васильев, А. А. Куницкий. . Экспериментальная баллистика космических аппаратов. М.: Машиностроение, 1984, 2 экз.

в) Ресурсы сети Интернет:

1. <https://urait.ru> — Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов.;
2. <http://library.voenmeh.ru> — Библиотечно-издательский центр БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова;
3. <https://ibooks.ru> — ЭБС Айбукс.ру - это большой выбор актуальной литературы для вашей библиотеки в электронном виде;
4. <http://www.tnt-ebook.ru> — TNT-EBOOK - Электронно-библиотечная система;



5. <https://e.lanbook.com> — ЭБС Лань.

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](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**

Материально- техническое обеспечение практики для каждого обучающегося определяется тематикой его работы на практике. Оно включает конкретные составляющие из следующего общего списка:

1. Измерительные установки и экспериментальные стенды.
2. Средства измерения и регистрации физических величин.
3. Пакеты вычислительных программ для математического моделирования.
4. Аудитория ВЦ БГТУ с выходом в Интернет

### **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. Оценивается полнота и качество оформления отчета, соответствие заданию, верность полученных результатов, способность их объяснить.

Критерии оценки для дифференцированного зачета:

- оценка «зачтено - отлично» выставляется обучающемуся, если он выполнил все поставленные перед ним в индивидуальном задании на практику задачи и ответил на 5 вопросов руководителя практики, связанные с материалами, изложенными в отчете;
- оценка «зачтено - хорошо» выставляется обучающемуся, если он выполнил поставленные перед ним в индивидуальном задании на практику задачи и ответил не менее, чем на 3 вопроса руководителя практики, связанные с материалами, изложенными в отчете;
- оценка «зачтено - удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он частично выполнил поставленные перед ним в индивидуальном в задании на практику задачи, но не ответил на вопросы руководителя практики, связанные с материалами, изложенными в отчете;
- оценка «не зачтено» выставляется обучающемуся, если он не выполнил поставленные перед ним в индивидуальном в задании на практику задачи.