

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 03 » марта 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Разработка алгоритмов систем навигации и управления  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** магистратура  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 216 (6)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 24.04.02 Системы управления движением и навигация  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Системы инерциальной навигации и управления подвижных объектов  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Целью дисциплины является формирование навыков разработки бортовых алгоритмов систем навигации и управления.  
Основные задачи дисциплины:  
Знакомство пакетами прикладных программ для отладки бортовых алгоритмов систем навигации и управления;  
Изучение математического аппарата и структуры бортовых алгоритмов;  
Формирования умения работы с моделями ошибок инерциальных датчиков;  
Изучение алгоритмов компенсации систематических ошибок датчиков в составе систем.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Пакет компьютерного моделирования Matlab Simulink;  
Структура алгоритмов систем навигации и управления;  
Инерциальные датчики и их систематические погрешности;

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.1	ИД-1пк-1.1	Знает модели ошибок механических, оптоэлектронных и микромеханических узлов систем навигации	Знает методы теоретических и экспериментальных исследований механических, оптоэлектронных и микромеханических узлов навигационных систем	Экзамен
ПК-1.1	ИД-2пк-1.1	Умеет применять современное оборудование для экспериментального определения систематических погрешностей оптоэлектронных и микромеханических узлов систем навигации	Умеет применять современное оборудование для лабораторных исследований механических, оптоэлектронных и микромеханических узлов	Курсовая работа

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.1	ИД3пк-1.1	Владеет навыками планирования экспериментов по определения систематических погрешностей оптоэлектронных и микромеханических узлов систем навигации	Владеет навыками планирования экспериментальных исследований	Экзамен
ПК-2.1	ИД-1ПК-2.1	Знает современные методы моделирования применяемые при разработке бортовых алгоритмов систем навигации и управления	Знает современные технологии разработки и производства и испытания приборов ориентации, навигации и стабилизации	Экзамен
ПК-2.1	ИД-2ПК-2.1	Умеет применять пакеты прикладных программ для тестирования бортовых алгоритмов систем навигации и управления	Умеет применять современные технологии разработки конструкции, технологии изготовления и испытания образцов приборов ориентации, навигации и стабилизации или их составных частей	Курсовая работа
ПК-2.1	ИД-3ПК-2.1	Владеет опытом разработки бортовых алгоритмов систем навигации	Владеет опытом разработки конструкции, технологии изготовления и испытания образцов приборов ориентации, навигации и стабилизации или их составных частей	Экзамен

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		1	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	63	63	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	16	16	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	45	45	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	117	117	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)	36	36	
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	216	216	

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
1-й семестр				
Введение	6	0	15	27
Области применения систем навигации и управления. Сравнительная характеристика систем ориентации и навигации. Требования, предъявляемые к разработке алгоритмов систем навигации.				
Инерциальные датчики и их модели ошибок	5	0	15	45
Особенности использования инерциальных измерителей. Основные виды моделей ошибок. Анализ видов датчиков угловой скорости и акселерометров. Модели погрешностей инерциальных измерителей.				
Алгоритмы систем навигации	5	0	15	45
Компенсация систематических погрешностей инерциальных датчиков по результатам калибровки. Базовые алгоритмы систем навигации. Гирокомпасирование, счисление пути. Алгоритмическая компенсация ошибок ИНС на основе информации СНС, датчиков пути и прочих.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
ИТОГО по 1-му семестру	16	0	45	117
ИТОГО по дисциплине	16	0	45	117

#### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Знакомство с пакетом Matlab Simulink
2	Проектирование модели работы датчиков угловой скорости
3	Проектирование модели работы акселерометров
4	Разработка алгоритмов навигационной системы
5	Разработка алгоритмов комплексной ИНС

#### Тематика примерных курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
1	Реализация бортового алгоритма инерциальной навигационной системы
2	Разработка программного обеспечения системы автоматического управления гироскопа / акселерометра
3	Компьютерное моделирование системы автоматического управления угловым положением самолета
4	Реализация модуля алгоритмической компенсации систематических погрешностей датчиков в составе инерциальной навигационной системы
5	Алгоритмы цифровой обработки сигналов спутниковой навигационной системы

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Авиационное оборудование / Доброленский Ю. П., Кастерский С. М., Козлов М. С., Зонтов В. М., Воскресенский Ю. Е., Потапов М. Д., Ефремов А. Ф., Лебедев А. В., Андриевский Ю. А., Халтобин В. М., Коваленко В. П., Осадчий В. А., Осовский В. П. Москва : Воениздат, 1989. 248 с.	4
2	Горенштейн И. А., Шульман И. А. Инерциальные навигационные системы. Москва : Машиностроение, 1970. 231 с.	7
3	Лебедев А. Н. Моделирование в научно-технических исследованиях. Москва : Радио и связь, 1989. 223 с.	8
4	Навигационные приборы и системы управления : межвузовский сборник научных трудов. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 1981. 171 с.	3

<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Мэтьюз Д. Г., Финк К. Д. Численные методы. Использование MATLAB : пер. с англ. 3-е изд. Москва [и др.] : Вильямс, 2001. 713 с.	16
<b>2.2. Периодические издания</b>		
	Не используется	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Бехтин Ю. С. Моделирование систем: имитационное моделирование : учебное пособие. Рязань : РГРТУ, 2010. 64 с.	URL: <a href="https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-168347">https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-168347</a> (дата обращения: 04.06.2021).	сеть Интернет; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Кучерявыи? А. А. Авионика : учебное пособие для впо. 4-е изд., стер. Санкт-Петербург : Лань, 2020. 452 с.	URL: <a href="https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-140731">https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-140731</a> (дата обращения: 08.06.2021).	сеть Интернет; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Матвеев Ю. И. Траекторные задачи динамики полета гражданских воздушных судов : учебное пособие. Санкт-Петербург : СПбГУ ГА, 1981. 111 с.	URL: <a href="https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-145790">https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-145790</a> (дата обращения: 08.06.2021).	сеть Интернет; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Распопов В. Я. Микромеханические приборы : учебное пособие. Москва : Машиностроение, 2007. 400 с.	URL: <a href="https://elib.pstu.ru/Record/lan753">https://elib.pstu.ru/Record/lan753</a> (дата обращения: 08.06.2021).	сеть Интернет; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Ходосов В. В. Математическое моделирование с использованием Matlab : учебное пособие. Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2018. 36 с.	URL: <a href="https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-122098">https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-122098</a> (дата обращения: 04.06.2021).	сеть Интернет; авторизованный доступ

### **6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATLAB 7.9 + Simulink 7.4 Academic, ПНИПУ 2009 г.

### **6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

### **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовой проект	не требуется	1
Лекция	Персональный компьютер, проектор	1
Практическое занятие	Персональный компьютер	4

### **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе
------------------------------

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»

## **УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Разработка алгоритмов систем навигации и управления»**

основной образовательной программы высшего образования – программы  
академической магистратуры

### **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

*Приложение к рабочей программе дисциплины*

**Направление подготовки:** 24.04.02 «Системы управления движением  
и навигация»

**Направленность (профиль)  
образовательной программы:** «Системы инерциальной навигации и  
управление подвижных объектов»

**Квалификация выпускника:** «Магистр»

**Выпускающая кафедра:** Прикладная математика

**Форма обучения:** Очная

**Курс:** 1

**Семестр:** 1

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану:	6 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	216 ч.

**Виды промежуточного контроля:**

Экзамен: 1 семестр                      Курсовой проект: 1 семестр

Пермь 2023

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

### **1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля**

В рамках освоения учебного материала дисциплины формируется компоненты компетенций знать, уметь, владеть, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине. Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, практических занятий и экзамена (зачетного занятия).

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена (зачетного занятия), проводимого с учётом результатов текущего и рубежного контроля.

### **2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным

работам, рефератов, эссе и т.д. Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

### **2.1. Текущий контроль**

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 5-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

### **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений проводится в форме рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

### **2.3. Выполнение комплексного индивидуального задания на самостоятельную работу.**

Для оценивания навыков и опыта деятельности (владения), как результата обучения по дисциплине, не имеющей курсового проекта или работы, используется индивидуальное комплексное задание студенту.

### **2.4. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех индивидуальных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

#### **2.4.1. Процедура промежуточной аттестации с проведением дополнительного аттестационного испытания**

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена и курсового проекта, основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине. Аттестационный контроль содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций. Задание формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задачи, контролирующие уровень сформированности всех заявленных компетенций.

##### **2.4.1.1. Типовые вопросы и задания для аттестации по дисциплине**

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Области применения систем навигации и управления.
2. Сравнительная характеристика систем ориентации и навигации.
3. Требования, предъявляемые к разработке алгоритмов систем навигации

4. Особенности использования инерциальных измерителей.
5. Основные виды моделей ошибок.
6. Анализ видов датчиков угловой скорости и акселерометров.
7. Модели погрешностей инерциальных измерителей.
8. Компенсация систематических погрешностей инерциальных датчиков по результатам калибровки.
9. Базовые алгоритмы систем навигации.
10. Гироскомпасирование.
11. Счисление пути.
12. Алгоритмическая компенсация ошибок ИНС на основе информации СНС, датчиков пути и прочих.

**Типовые практические задания для контроля освоенных умений:**

13. Проектирование модели работы датчиков угловой скорости.
14. Проектирование модели работы акселерометров.
15. Разработка алгоритмов навигационной системы
16. Разработка алгоритмов комплексной ИНС.
17. Реализация бортового алгоритма инерциальной навигационной системы.
18. Разработка программного обеспечения системы автоматического управления гироскопа / акселерометра
19. Компьютерное моделирование системы автоматического управления угловым положением самолета.
20. Реализация модуля алгоритмической компенсации систематических погрешностей датчиков в составе инерциальной навигационной системы.
21. Алгоритмы цифровой обработки сигналов спутниковой навигационной системы.

**Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:**

23. Определение параметров навигации прямолинейного движения.
24. Определение параметров навигации движения по кругу.
25. Определение параметров навигации движения по змейке.
26. Определение параметров навигации взлёта и посадки ЛА.
27. Определение параметров навигации при бортовой и килевой качке надводного судна.
- 28.

**2.4.1.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене (дифференцированном зачете)**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов знать, уметь, владеть заявленных компетенций проводится по 5-балльной шкале оценивания.