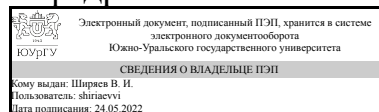


УТВЕРЖДАЮ:  
Заведующий выпускающей  
кафедрой



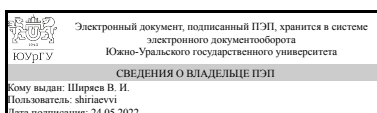
В. И. Ширяев

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** 1.Ф.С3.06.01 Математическое и программное обеспечение в обработке навигационной информации  
**для специальности** 24.05.06 Системы управления летательными аппаратами  
**уровень** Специалитет  
**специализация** Математическое и программное обеспечение систем управления  
**форма обучения** очная  
**кафедра-разработчик** Системы автоматического управления

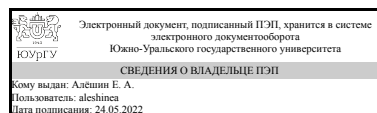
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.06 Системы управления летательными аппаратами, утверждённым приказом Минобрнауки от 04.08.2020 № 874

Зав.кафедрой разработчика,  
д.техн.н., проф.



В. И. Ширяев

Разработчик программы,  
к.техн.н., доц., доцент



Е. А. Алёшин

## 1. Цели и задачи дисциплины

Цель: изучение основ применения современного математического и программного обеспечения в обработке навигационной информации. Задачи: изучить методы обработки навигационной измерительной информации; освоить методы разработки модели функционирования информационно-измерительной подсистемы бортового программного обеспечения системы управления; освоить программную реализацию алгоритмов информационно-измерительной подсистемы бортового программного обеспечения системы управления.

## Краткое содержание дисциплины

Навигационные системы летательных аппаратов. Современные навигационные комплексы летательных аппаратов. Исследование качественных характеристик моделей динамических систем. Алгоритмы коррекции навигационной информации в выходном сигнале системы. Оценка точности коррекции навигационной информации. Контроль технического состояния навигационного комплекса.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-4 Способность формировать логику функционирования системы управления космических аппаратов	Знает: методы обработки навигационной измерительной информации Умеет: разрабатывать модели функционирования информационно-измерительной подсистемы бортового программного обеспечения системы управления Имеет практический опыт: программной реализации алгоритмов информационно-измерительной подсистемы бортового программного обеспечения системы управления

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Программное обеспечение систем управления, Математическое обеспечение систем управления, Практикум по виду профессиональной деятельности, Производственная практика, эксплуатационная практика (8 семестр), Производственная практика, научно-исследовательская работа (6 семестр)	Производственная практика, преддипломная практика (11 семестр)

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Математическое обеспечение систем управления	<p>Знает: математический аппарат, применяемый в алгоритмах управления и обработки информации систем управления летательными аппаратами</p> <p>Умеет: разрабатывать математические модели функционирования бортового программного обеспечения системы управления</p> <p>Имеет практический опыт: применять математический аппарат для разработки математических моделей функционирования бортового программного обеспечения системы управления</p>
Программное обеспечение систем управления	<p>Знает: основные характеристики вычислительных средств системы управления</p> <p>Умеет: использовать методическую и нормативную документацию, необходимую для разработки программного обеспечения</p> <p>Имеет практический опыт: определения перечня требуемого бортового программного обеспечения системы управления разрабатываемых КА</p>
Практикум по виду профессиональной деятельности	<p>Знает: математический аппарат описания кинематики и динамики движения твердого тела с учетом упругости конструкции и упругого тела с учетом подвижных элементов, методы определения точностных и динамических характеристик системы управления КА</p> <p>Умеет: применять математический аппарат для получения уравнений движения летательного аппарата с учетом влияния внешних факторов, анализировать точностные и динамические характеристики системы управления КА</p> <p>Имеет практический опыт: применения математического аппарата для разработки алгоритмов управления движением летательных аппаратов, анализа точностных и динамических характеристик системы управления КА</p>
Производственная практика, эксплуатационная практика (8 семестр)	<p>Знает: руководящие, методические и нормативные документы, необходимые для разработки системы управления КА, состав и характеристики бортовой аппаратуры отечественных и зарубежных летательных аппаратов</p> <p>Умеет: пользоваться эксплуатационной документацией на бортовую аппаратуру, анализировать влияние характеристик бортовой аппаратуры на качество функционирования системы управления разрабатываемых КА</p> <p>Имеет практический опыт: проработки требований к составным частям системы управления разрабатываемых КА для разработки технических заданий на бортовую аппаратуру; определения требований к бортовому программному обеспечению, определения состава участков и требований к участкам функционирования системы управления разрабатываемых КА</p>

Производственная практика, научно-исследовательская работа (6 семестр)	Знает: руководящие, методические и нормативные документы, необходимые для разработки системы управления, принцип функционирования системы управления КА Умеет: использовать руководящую, методическую и нормативную документацию; пользоваться персональным компьютером, работать с программными средствами общего назначения, пользоваться проектной документацией на КА Имеет практический опыт: определения требований к программному обеспечению систем управления летательными аппаратами, постановки задачи для исследования системы управления КА средствами математического моделирования; анализа результатов математического моделирования системы управления КА
--	--

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 54,25 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		10	
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108	
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48	
Лекции (Л)	32	32	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16	
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	53,75	53,75	
с применением дистанционных образовательных технологий	0		
Выполнение расчетных заданий	40	40	
Подготовка к зачету	13,75	13,75	
Консультации и промежуточная аттестация	6,25	6,25	
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	

#### 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Навигационные системы летательных аппаратов. Современные навигационные комплексы летательных аппаратов.	12	8	4	0
2	Исследование качественных характеристик моделей динамических систем.	12	8	4	0
3	Алгоритмы коррекции навигационной информации в	12	8	4	0

	выходном сигнале системы.				
4	Оценка точности коррекции навигационной информации. Контроль технического состояния навигационного комплекса.	12	8	4	0

## 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Инерциальные навигационные системы. Спутниковые навигационные системы. Алгоритмы обработки информации спутниковой навигационной системой. Радиолокационная система. Нелинейная модель погрешностей навигационных систем. Линеаризованная модель погрешностей навигационных систем.	4
2	1	Структуры навигационных комплексов ЛА. Методы комплексирования. Перспективные подходы и алгоритмы обработки информации в НК. Коррекция навигационных систем ЛА. Измерительные комплексы высокоточных ЛА. Способы построения моделей погрешностей инерциальных навигационных систем.	4
3	2	Исследование критериев наблюдаемости и идентифицируемости линейных динамических систем. Критерии наблюдаемости и идентифицируемости. Критерии степени наблюдаемости и идентифицируемости.	4
4	2	Разработка критерия степени наблюдаемости переменных состояния нестационарных систем. Степени наблюдаемости погрешностей инерциальных навигационных систем. Качественные оценки наблюдаемости нелинейных систем.	4
5	3	Оптимальный фильтр Калмана. Адаптивное оценивание. Стабильный регуляризованный фильтр Калмана. Фильтр Язвинского. Модификация алгоритма оценивания с использованием свойств обновляемой последовательности. Алгоритм оценивания погрешностей инерциальной навигационной системы в условиях аномальных измерений.	4
6	3	Линейный нестационарный фильтр Калмана. Нелинейный фильтр Калмана. Моделирование алгоритмов коррекции навигационной информации. Методы построения прогнозирующих моделей. Системный и динамический синтез измерительного комплекса.	4
7	4	Способы построения оценки современных КОИ. Разработка критерия оценивания эффективности комплексной обработки навигационной информации.	4
8	4	Модели процесса контроля. Система диагностики бортовых измерительных средств. Методы оценки и прогнозирования инструментальных погрешностей гироскопов. Системы диагностики на основе теории функциональных систем.	4

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Алгоритмы обработки информации спутниковой навигационной системой. Нелинейная модель погрешностей навигационных систем. Линеаризованная модель погрешностей навигационных систем. Методы комплексирования. Алгоритмы обработки информации в НК. Коррекция навигационных систем ЛА. Построение моделей погрешностей инерциальных навигационных систем.	4

2	2	Исследование критериев наблюдаемости и идентифицируемости линейных динамических систем. Критерии степени наблюдаемости и идентифицируемости. Разработка критерия степени наблюдаемости переменных состояния нестационарных систем. Степени наблюдаемости погрешностей инерциальных навигационных систем.	4
3	3	Оптимальный фильтр Калмана. Адаптивное оценивание. Алгоритм оценивания с использованием свойств обновляемой последовательности. Алгоритм оценивания погрешностей инерциальной навигационной системы в условиях аномальных измерений. Линейный нестационарный фильтр Калмана. Моделирование алгоритмов коррекции навигационной информации. Построения прогнозирующих моделей.	4
4	4	Построение оценки современных КОИ. Оценивание эффективности комплексной обработки навигационной информации. Модели процесса контроля. Оценка и прогнозирование инструментальных погрешностей гироскопов. Диагностика на основе теории функциональных систем.	4

### 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

### 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Выполнение расчетных заданий	1. Алгоритмы обработки информации навигационных систем и комплексов летательных аппаратов - глава 1, с. 8-76, глава 2, с. 85-159, глава 3, с. 175-225. 2. Степанов, О. А. Методы обработки навигационной измерительной информации - глава 1, с. 5-58, глава 2, с. 63-132, глава 3, с. 138-184. 3. Сириченко, А. В. Методы получения и обработки измерительной информации. Цифровая фильтрация сигналов. Практикум : учебное пособие, с. 2-27. 4. Кройц, М. А. Методы фильтрации и линейного предсказания в цифровой обработке сигналов: Практикум, с. 3-25.	10	40
Подготовка к зачету	1. Алгоритмы обработки информации навигационных систем и комплексов летательных аппаратов - глава 1, с. 8-76, глава 2, с. 85-159, глава 3, с. 175-225. 2. Степанов, О. А. Методы обработки навигационной измерительной информации - глава 1, с. 5-58, глава 2, с. 63-132, глава 3, с. 138-184.	10	13,75

### 6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се- местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учи- тыва- ется в ПА
1	10	Текущий контроль	Выполнение расчетного задания №1	0,16	5	<p>Обучающийся получает индивидуальное задание и приступает к его выполнению. Обучающийся подготавливает отчет об этапах выполненной работы и представляет его на проверку преподавателю. Преподаватель проверяет отчет во внеаудиторное время и выставляет оценку.</p> <p>Представленный отчет оценивается по пятибалльной системе.</p> <p>Отчет, не содержащий ошибок и замечаний, оценивается в 5 баллов.</p> <p>Отчет с незначительными неточностями или упущениями оценивается в 4 балла.</p> <p>Отчет с незначительными ошибками оценивается в 3 балла.</p> <p>Отчет с ошибками оценивается в 2 балла.</p> <p>Отчет с грубыми ошибками оценивается в 1 балл.</p> <p>Отчет, не соответствующий требованиям индивидуального задания, оценивается в 0 баллов.</p>	зачет
2	10	Текущий контроль	Выполнение расчетного задания №2	0,16	5	<p>Обучающийся получает индивидуальное задание и приступает к его выполнению. Обучающийся подготавливает отчет об этапах выполненной работы и представляет его на проверку преподавателю. Преподаватель проверяет отчет во внеаудиторное время и выставляет оценку.</p> <p>Представленный отчет оценивается по пятибалльной системе.</p> <p>Отчет, не содержащий ошибок и замечаний, оценивается в 5 баллов.</p> <p>Отчет с незначительными неточностями или упущениями оценивается в 4 балла.</p> <p>Отчет с незначительными ошибками оценивается в 3 балла.</p> <p>Отчет с ошибками оценивается в 2 балла.</p> <p>Отчет с грубыми ошибками оценивается в 1 балл.</p> <p>Отчет, не соответствующий требованиям индивидуального задания, оценивается в 0 баллов.</p>	зачет

3	10	Текущий контроль	Выполнение расчетного задания №3	0,16	5	<p>Обучающийся получает индивидуальное задание и приступает к его выполнению. Обучающийся подготавливает отчет об этапах выполненной работы и представляет его на проверку преподавателю. Преподаватель проверяет отчет во внеаудиторное время и выставляет оценку.</p> <p>Представленный отчет оценивается по пятибалльной системе.</p> <p>Отчет, не содержащий ошибок и замечаний, оценивается в 5 баллов.</p> <p>Отчет с незначительными неточностями или упущениями оценивается в 4 балла.</p> <p>Отчет с незначительными ошибками оценивается в 3 балла.</p> <p>Отчет с ошибками оценивается в 2 балла.</p> <p>Отчет с грубыми ошибками оценивается в 1 балл.</p> <p>Отчет, не соответствующий требованиям индивидуального задания, оценивается в 0 баллов.</p>	зачет
4	10	Текущий контроль	Выполнение расчетного задания №4	0,16	5	<p>Обучающийся получает индивидуальное задание и приступает к его выполнению. Обучающийся подготавливает отчет об этапах выполненной работы и представляет его на проверку преподавателю. Преподаватель проверяет отчет во внеаудиторное время и выставляет оценку.</p> <p>Представленный отчет оценивается по пятибалльной системе.</p> <p>Отчет, не содержащий ошибок и замечаний, оценивается в 5 баллов.</p> <p>Отчет с незначительными неточностями или упущениями оценивается в 4 балла.</p> <p>Отчет с незначительными ошибками оценивается в 3 балла.</p> <p>Отчет с ошибками оценивается в 2 балла.</p> <p>Отчет с грубыми ошибками оценивается в 1 балл.</p> <p>Отчет, не соответствующий требованиям индивидуального задания, оценивается в 0 баллов.</p>	зачет
5	10	Текущий контроль	Выполнение расчетного задания №5	0,16	5	<p>Обучающийся получает индивидуальное задание и приступает к его выполнению. Обучающийся подготавливает отчет об этапах выполненной работы и представляет его на проверку преподавателю. Преподаватель проверяет отчет во внеаудиторное время и выставляет оценку.</p> <p>Представленный отчет оценивается по пятибалльной системе.</p> <p>Отчет, не содержащий ошибок и замечаний, оценивается в 5 баллов.</p>	зачет



						<p>Отчет с незначительными неточностями или упущениями оценивается в 4 балла.</p> <p>Отчет с незначительными ошибками оценивается в 3 балла.</p> <p>Отчет с ошибками оценивается в 2 балла.</p> <p>Отчет с грубыми ошибками оценивается в 1 балл.</p> <p>Отчет, не соответствующий требованиям индивидуального задания, оценивается в 0 баллов.</p>	
6	10	Текущий контроль	Выполнение расчетного задания №6	0,2	5	<p>Обучающийся получает индивидуальное задание и приступает к его выполнению. Обучающийся подготавливает отчет об этапах выполненной работы и представляет его на проверку преподавателю. Преподаватель проверяет отчет во внеаудиторное время и выставляет оценку.</p> <p>Представленный отчет оценивается по пятибалльной системе.</p> <p>Отчет, не содержащий ошибок и замечаний, оценивается в 5 баллов.</p> <p>Отчет с незначительными неточностями или упущениями оценивается в 4 балла.</p> <p>Отчет с незначительными ошибками оценивается в 3 балла.</p> <p>Отчет с ошибками оценивается в 2 балла.</p> <p>Отчет с грубыми ошибками оценивается в 1 балл.</p> <p>Отчет, не соответствующий требованиям индивидуального задания, оценивается в 0 баллов.</p>	зачет
7	10	Промежуточная аттестация	Зачетная работа	-	5	<p>На зачетной работе обучающийся защищает отчет в устной форме. Обучающемуся задается 2 вопроса, которые позволяют оценить сформированность компетенций. Ответы оцениваются по пятибалльной системе:</p> <p>5 баллов за исчерпывающие ответы на задаваемые вопросы.</p> <p>4 балла за правильные, но не развернутые ответы на задаваемые вопросы.</p> <p>3 балла за ответы на задаваемые вопросы с упущениями и неточностями.</p> <p>2 балла за ответы на задаваемые вопросы с ошибками.</p> <p>1 балл за ответы на задаваемые вопросы с грубыми ошибками.</p> <p>0 баллов за недостаточный уровень понимания материала.</p>	зачет

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид	Процедура проведения	Критерии
-----	----------------------	----------

промежуточной аттестации		оценивания
зачет	На зачете происходит оценивание учебной деятельности обучающихся по дисциплине на основе полученных оценок за контрольно-рейтинговые мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации. Рейтинг обучающегося по дисциплине может формироваться только по результатам текущего контроля. Студент может повысить рейтинг за счет прохождения контрольного мероприятия промежуточной аттестации.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

### 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ						
		1	2	3	4	5	6	7
ПК-4	Знает: методы обработки навигационной измерительной информации	+	+	+	+	+	+	+
ПК-4	Умеет: разрабатывать модели функционирования информационно-измерительной подсистемы бортового программного обеспечения системы управления	+	+	+	+	+	+	+
ПК-4	Имеет практический опыт: программной реализации алгоритмов информационно-измерительной подсистемы бортового программного обеспечения системы управления	+	+	+	+	+	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

а) *основная литература:*

Не предусмотрена

б) *дополнительная литература:*

Не предусмотрена

в) *отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:*

1. Авиакосмическое приборостроение науч.-техн. и произв. журн. ООО "Изд-во "Научтехлитиздат" журнал. - М., 2002-

2. Известия Академии наук. Теория и системы управления науч. журн. Рос. акад. наук, Отд-ние энергетики, машиностроения, механики и процессов управления, Гос. науч.-исслед. ин-т авиац. систем (ГосНИИАС) журнал. - М.: Наука, 1995-

3. Мехатроника, автоматизация, управление теорет. и приклад. науч.-техн. журн. Изд-во "Машиностроение" журнал. - М., 2002-

г) *методические указания для студентов по освоению дисциплины:*

1. Методические указания по освоению дисциплины "Математическое и программное обеспечение в обработке навигационной информации" (в локальной сети кафедры)

2. Методические указания по освоению дисциплины  
"Математическое и программное обеспечение в обработке навигационной информации" (для СРС) (в локальной сети кафедры)

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Методические указания по освоению дисциплины  
"Математическое и программное обеспечение в обработке навигационной информации" (для СРС) (в локальной сети кафедры)

### Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Алгоритмы обработки информации навигационных систем и комплексов летательных аппаратов / М. С. Селезнева, К. Шень, К. А. Неусыпин, А. В. Пролетарский. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2018. — 234 с. — ISBN 978-5-7038-4845-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. <a href="https://e.lanbook.com/book/172801">https://e.lanbook.com/book/172801</a>
2	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Степанов, О. А. Методы обработки навигационной измерительной информации : учебное пособие / О. А. Степанов. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2017. — 196 с. — ISBN 978-5-7577-0554-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. <a href="https://e.lanbook.com/book/110420">https://e.lanbook.com/book/110420</a>
3	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Сириченко, А. В. Методы получения и обработки измерительной информации. Цифровая фильтрация сигналов. Практикум : учебное пособие / А. В. Сириченко. — Москва : МИСИС, 2020. — 28 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. <a href="https://e.lanbook.com/book/156013">https://e.lanbook.com/book/156013</a>
4	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Кройц, М. А. Методы фильтрации и линейного предсказания в цифровой обработке сигналов: Практикум : учебное пособие / М. А. Кройц, О. А. Морозов. — Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2020. — 26 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. <a href="https://e.lanbook.com/book/191690">https://e.lanbook.com/book/191690</a>

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Math Works-MATLAB, Simulink R2014b(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

### 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для

		различных видов занятий
Практические занятия и семинары	629 (36)	ЭВМ с системой "Персональный виртуальный компьютер" (ЮУрГУ) для доступа к MATLAB