



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЭиАС  
С.И. Лукьянов

26.02.2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***СТАТИСТИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ***

Направление подготовки (специальность)  
15.04.06 МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА

Направленность (профиль/специализация) программы  
Мехатронные системы в автоматизированном производстве

Уровень высшего образования - магистратура  
Программа подготовки - академическая магистратура

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Автоматизированных систем управления
Курс	1
Семестр	2

Магнитогорск  
2020 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 15.04.06 МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА (уровень магистратуры) (приказ Минобрнауки России от 21.11.2014 г. № 1491)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Автоматизированных систем управления 12.02.2020, протокол № 6

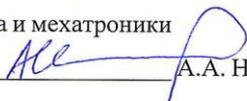
Зав. кафедрой  С.М. Андреев

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС 26.02.2020 г. протокол № 5

Председатель  С.И. Лукьянов

Согласовано:

Зав. кафедрой Автоматизированного электропривода и мехатроники

 А.А. Николаев

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры АСУ, канд. техн. наук  М.Ю. Рябчиков

Рецензент:

зам. директора ЗАО "КонсОМ СКС" , канд. техн. наук  
 Ю.Н. Волшуков



**Лист актуализации рабочей программы**

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2020 - 2021 учебном году на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

Протокол от 02 сентября 2020 г. № 1  
Зав. кафедрой  С.М. Андреев

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.М. Андреев

### **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

изучение студентами основ анализа систем при наличии случайных воздействий для получения навыков в области анализа и систематизации технической информации и развитии представления об отечественном и зарубежном опыте в области средств автоматизации и управления. Цели направлены на развитие навыков по подготовке технического задания на проектирование систем с использованием стандартных средств автоматизации.

Для достижения поставленной цели в дисциплине «Статистическая динамика автоматических систем» решаются задачи по изучению:

- вероятностных характеристик дискретных, непрерывных случайных величин и процессов;
- методов моделирования случайных воздействий;
- методов синтеза систем при случайных воздействиях.

### **2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина Статистическая динамика автоматических систем входит в базовую часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Защита интеллектуальной собственности

Основы научной коммуникации

Патентование

Методы и теория оптимизации

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Научно-исследовательская работа

Подготовка к защите и защита выпускной квалификационной работы

### **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины (модуля) «Статистическая динамика автоматических систем» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
	ПК-4 способностью осуществлять анализ научно-технической информации, обобщать отечественный и зарубежный опыт в области мехатроники и робототехники, средств автоматизации и управления, проводить патентный поиск
Знать	- классификацию видов математических моделей простых систем управления; - критерии выбора типа модели по сложности объекта или системы управления; - методы математического моделирования сложных динамических объектов и систем управления;

Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>- работать со специализированным программным обеспечением для построения моделей систем и объектов управления;</li> <li>- интерпретировать результаты моделирования объектов и систем и оценивать их достоверность;</li> <li>- осуществлять анализ информации о свойствах объекта моделирования;</li> <li>- применять современные методы исследования и проектирования средств автоматизации и управления при случайных воздействиях;</li> </ul>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками проектирования и разработки математических моделей объектов и систем;</li> <li>- навыками реализации алгоритмов численного моделирования с использованием программных средств;</li> </ul>
ПК-9 способностью к подготовке технического задания на проектирование мехатронных и робототехнических систем их подсистем и отдельных устройств с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники, а также новых устройств и подсистем	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>- основные положения теории статистической динамики, принципы и методы построения и преобразования моделей систем управления и действующих на систему воздействий;</li> <li>- методы статистического описания воздействий на систему и их моделирования;</li> <li>- методы расчёта и оптимизации систем при случайных воздействиях;</li> <li>- основные методы синтеза систем управления при наличии известных характеристик случайных воздействий;</li> </ul>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>- применять принципы и методы построения моделей, методы анализа и синтеза при исследовании систем управления, при наличии возмущающих воздействий случайного характера;</li> <li>- использовать корреляционные функции случайного сигнала и его спектральную плотность для решения задач синтеза систем управления;</li> <li>- анализировать качество работы систем при случайных воздействиях;</li> <li>- осуществлять синтез и оптимизацию автоматических систем на основе методов статистической динамики</li> </ul>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>- принципами и методами моделирования, анализа, синтеза систем автоматического управления при действии на систему случайных воздействий;</li> <li>- навыками самостоятельного выбора методов анализа и синтеза систем управления при их проектировании в соответствии с техническим заданием на разработку.</li> <li>- навыками использования при проектировании систем устройств с типовыми свойствами.</li> </ul>
ОПК-4 готовностью собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по тематике исследования, использовать достижения отечественной и зарубежной науки, техники и технологии в своей профессиональной деятельности	

Знать	- основы программирования систем диспетчерского управления для организации сбора данных технологического процесса; - интерфейсы доступа к системам диспетчерского управления для сбора и обработки информации;
Уметь	- организовать сбор данных технологического процесса;
Владеть	- навыками обработки данных технологического процесса для последующего их использования при решении задач статистической динамики;



2.1 Законы распределения случайных величин (СВ). Вероятностные числовые характеристики СВ. Типовые законы	2	1	2		2	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к лабораторным занятиям, выполнение индивидуально	Устный опрос по работе № 1 «Структура эксперимента. Случайные величины»	ПК-4, ПК-9
2.2 Моделирование одномерных и многомерных случайных величин. Моделирование временных рядов данных		1		2	3	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к практическим занятиям, выполнение индивидуально	Устный опрос по работе № 2 «Моделирование многомерной случайной величины»	ПК-4, ПК-9
Итого по разделу		2	2	2	5			
3. Статистические характеристики								
3.1 Понятие случайного процесса (СП). Функции распределения и плотности вероятности СП.	2	1			2	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Поиск дополнительно	Устный опрос	ПК-9
3.2 Понятие корреляционной функции случайного процесса. Стационарность. Среднее значение по множеству. Среднее значение		1		4	3	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к практическим занятиям, выполнение индивидуально	Устный опрос по работе № 3 «Разработка модели возмущений с учетом частотных особенностей изменения	ПК-9
Итого по разделу		2		4	5			
4. Связь между статистическими характеристиками								
4.1 Корреляционные функции (КФ) для типовых сигналов. Спектральные плотности случайных	2	1			2	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Поиск дополнительно	Устный опрос	ПК-4, ПК-9

4.2 Связь между КФ на входе и выходе линейной САУ. Связь между спектральными плотностями. Случай двух и более входных воздействий		1	4		3	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к лабораторным занятиям, выполнение индивидуально	Устный опрос по работе № 6 «Спектральная плотность на входе и выходе системы»	ПК-4, ПК-9
Итого по разделу		2	4		5			
5. Расчет линейных САУ при случайных								
5.1 Критерии точности стохастических САУ. Аналитический метод определения средней		1			2	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Поиск дополнительно	Устный опрос	ПК-4, ПК-9
5.2 Определение СКО при случайных и регулярных воздействиях, действующих одновременно	2				2	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Поиск дополнительно	Устный опрос	ПК-4, ПК-9
5.3 Синтез систем с минимальной средней квадратической ошибкой		1	2		4,4	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к лабораторным занятиям, выполнение индивидуально	Устный опрос по работе № 7 «Синтез системы с минимумом среднего значения квадрата ошибки»	ПК-4, ПК-9
Итого по разделу		2	2		8,4			
6. Организация сбора и анализа технологических								
6.1 Основы программирования систем диспетчерского управления для организации сбора и анализа данных	2	1			2	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Поиск дополнительно	Устный опрос	ОПК-4

6.2 Интерфейсы доступа к системам диспетчерского управления для сбора и обработки информации	1		2	3	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к практическим занятиям, выполнение индивидуально	Устный опрос по работе № 8 «Ввод-вывод данных в системе диспетчерского управления Intouch»	ОПК-4, ПК-4, ПК-9
Итого по разделу	2		2	5			
Итого за семестр	12	12/4	12/4	33,		экзамен	
Итого по дисциплине	12	12/4 И	12/4 И	33, 4		экзамен	ПК-4, ПК-9 ОПК-4

## 5 Образовательные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Статистическая динамика автоматических систем» используются:

Традиционные образовательные технологии – информационная лекция (вводную лекцию, где дает первое представление о предмете и знакомство студентов с назначением и задачами курса); лекции – консультации, изложение нового материала сопровождается постановкой вопросов и дискуссией в поисках ответов на эти вопросы; лабораторные работы.

Технологии проблемного обучения – проблемные лекции является результатом усвоения полученной информации посредством постановки проблемного вопроса и поиска путей его решения; лабораторные работы с использованием проблемного обучение, которое заключается в стимулировании студентов к самостоятельной «добыче» знаний, необходимых для решения конкретной проблемы.

Информационно-коммуникационные образовательные технологии – в ходе проведения лекционных занятий предусматривается использование электронного демонстрационного материала (лекции-визуализации), использование Интернет ресурсов для промежуточных аттестаций и проверки остаточных знаний

Лекционный материал закрепляется в ходе лабораторных работ, на которых выполняются групповые или индивидуальные задания по пройденной теме.

Лабораторные занятия проводятся в интерактивной форме с использованием следующих методов интерактивного обучения:

- актуализация познавательной деятельности учащихся путем побуждения к осмыслению логики и последовательности проведения научного исследования, к выделению в нем главных и наиболее существенных этапов; при этом определяется конечная цель исследования, а пути его проведения и формы представления результата обучающийся выбирает сам;

- отсутствие жестко регламентированного порядка выполнения работы по обработке экспериментальных данных, когда студент оперирует вспомогательной информацией о способах поиска необходимых программных средств, функций, протоколов передачи и обработки данных, что вырабатывает способность к познанию;

- при постановке и анализе результатов исследования для достижения поставленных целей обучающиеся должны делать сравнения, сопоставлять новые факты, приемы использованные другими участниками группы, обращать внимание на причины, вызывающие то или иное явление и быть способными продемонстрировать индивидуальность своего подхода к решению задачи;

- проведение занятий в форме поиска причин допущенных ошибок при проведении исследования, причин несовпадения результатов с полученными другими группами обучающихся, побуждение к стремлению находить и устранять чужие и свои ошибки.

Самостоятельная работа стимулирует студентов к самостоятельной проработке в процессе выполнения контрольных работ, а также в процессе подготовки к устному опросу, тестированию и итоговой аттестации.

В ходе проведения лекционных занятий предусматривается:

- использование электронного демонстрационного материала по современной измерительной технике;

- активные и интерактивные формы обучения: вариативный опрос, дискуссии, устный опрос, тестовый опрос, индивидуальная «защита» лабораторных работ и т.д.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Ким, Д. П. Теория автоматического управления : учебник и практикум для вузов / Д. П. Ким. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 276 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-9294-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/450559> (дата обращения: 20.09.2020).

2. Коломейцева, М. Б. Системы автоматического управления при случайных воздействиях : учебное пособие для вузов / М. Б. Коломейцева, В. М. Беседин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 104 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11166-8. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/455298> (дата обращения: 20.09.2020).

### **б) Дополнительная литература:**

1. Ягодкина, Т. В. Теория автоматического управления : учебник и практикум для вузов / Т. В. Ягодкина, В. М. Беседин. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 470 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-06483-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/450572> (дата обращения: 20.09.2020).

2. Ким, Д. П. Теория автоматического управления. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы. Задачник : учебное пособие для вузов / Д. П. Ким. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 331 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01459-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452303> (дата обращения: 20.09.2020).

### **в) Методические указания:**

1. Рябчиков, М. Ю. Статистическая динамика систем управления : учебное пособие / М. Ю. Рябчиков, Е. С. Рябчикова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2016. - 110 с. : ил., табл., схемы, граф., гистогр. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3126.pdf&show=dcatalogues/1/1136001/3126.pdf&view=true> (дата обращения: 14.05.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-9967-0868-0. - Имеется печатный аналог.

2. Ким, Д. П. Теория автоматического управления. Линейные системы. Задачник : учебное пособие для вузов / Д. П. Ким, Н. Д. Дмитриева. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 169 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-8603-7. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452301> (дата обращения: 20.09.2020).

3. Рябчиков, М. Ю. Планирование эксперимента и обработка результатов измерений : практикум / М. Ю. Рябчиков, Е. С. Рябчикова ; МГТУ. - Магнитогорск, 2013. - 141 с. : ил., гистогр., граф., схемы, табл. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=619.pdf&show=dcatalogues/1/1107849/619.pdf&view=true> (дата обращения: 14.05.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-9967-0379-1. - Имеется печатный аналог.

4. Рябчиков, М. Ю. Алгоритмы и способы самонастройки средств регулирования в современных микропроцессорных контроллерах : практикум / М. Ю. Рябчиков, С. М. Андреев, Е. С. Рябчикова ; МГТУ. - Магнитогорск, 2012. - 136 с. : ил., схемы, табл. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=602.pdf&show=dcatalogues/1/1104154/602.pdf&view=true> (дата обращения: 14.05.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог.

5. Жмудь, В. А. Моделирование и численная оптимизация замкнутых систем автоматического управления в программе VisSim : учебное пособие / В. А. Жмудь. - Новосибирск : НГТУ, 2016. - 124 с. - ISBN 978-5-7782-2103-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/546586> (дата обращения: 20.09.2020). – Режим доступа: по подписке.

Методические указания к выполнению лабораторных и практических работ приведены также в приложении 3.

**г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

**Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows XP Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Office 2003 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
MathWorks MathLab v.2014 Classroom License	К-89-14 от 08.12.2014	бессрочно
MathCAD v.15 Education University Edition	Д-1662-13 от 22.11.2013	бессрочно

### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>
Российская Государственная библиотека. Каталоги	<a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp">http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp</a>
Федеральный образовательный портал – Экономика. Социология. Менеджмент	<a href="http://ecsocman.hse.ru/">http://ecsocman.hse.ru/</a>
Университетская информационная система РОССИЯ	<a href="https://uisrussia.msu.ru">https://uisrussia.msu.ru</a>
Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий «Web of science»	<a href="http://webofscience.com">http://webofscience.com</a>
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных	<a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a>
Международная база полнотекстовых журналов Springer Journals	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a>
Международная коллекция научных протоколов по различным отраслям знаний	<a href="http://www.springerprotocols.com/">http://www.springerprotocols.com/</a>

Международная база научных материалов в области физических наук и инжиниринга	<a href="http://materials.springer.com/">http://materials.springer.com/</a>
Международная база справочных изданий по всем отраслям знаний SpringerReference	<a href="http://www.springer.com/references">http://www.springer.com/references</a>
Международная реферативная база данных по чистой и прикладной математике zbMATH	<a href="http://zbmath.org/">http://zbmath.org/</a>
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий «Springer Nature»	<a href="https://www.nature.com/siteindex">https://www.nature.com/siteindex</a>
Архив научных журналов «Национальный электронно-информационный конкорциум» (НЭИКОН)	<a href="https://archive.neicon.ru/xmlui/">https://archive.neicon.ru/xmlui/</a>

## **9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа  
Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации
2. Учебная аудитория для проведения лабораторных работ и практических занятий:  
компьютерный класс  
Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
3. Помещения для самостоятельной работы обучающихся  
Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
4. Учебные аудитории для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточных консультаций  
Доска, мультимедийный проектор, экран
5. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования  
Стеллажи для хранения учебно-методической документации

### Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

По дисциплине «Статистическая динамика автоматических систем» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает выполнение и защиту лабораторных и практических работ, решение индивидуальных задач.

Перечень лабораторных и практических работ	Вопросы к защите
<p>№1. Структура эксперимента. Случайные величины.  (порядок выполнения представлен в [3] раздела методических указаний)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Перечислите этапы эксперимента.</li> <li>2. Отличия пассивного и активного эксперимента.</li> <li>3. укажите основные цели сэмплинга данных.</li> <li>4. Какие статистические оценки качества данных Вы знаете?</li> <li>5. Как оценить адекватность статистической модели?</li> <li>6. Как оценить воспроизводимость эксперимента?</li> <li>7. Укажите цели дисперсионного и корреляционного анализа.</li> <li>8. Перечислите принципы выбора типа статистической модели.</li> <li>9. Изобразите функции плотности распределения для основных законов распределения случайной величины.</li> <li>10. Приведите алгоритм генерации случайной величины по заданному закону распределения.</li> </ol>
<p>№2. Моделирование многомерной случайной величины  (порядок выполнения представлен в приложении)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Запишите формулу для коэффициента линейной корреляции Пирсона и поясните ее.</li> <li>2. Приведите примеры зависимостей между двумя параметрами с разными значениями коэффициента корреляции.</li> <li>3. Поясните отличие ковариации от корреляции.</li> <li>4. Поясните алгоритм моделирования <math>m</math>-мерного случайного вектора, распределенного по нормальному закону.</li> <li>5. Что такое ковариационная и корреляционная матрицы?</li> </ol>
<p>№3. Разработка модели возмущений с учетом частотных особенностей изменения случайной величины</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Понятие автокорреляционной и взаимной корреляционной функции.</li> <li>2. Как рассчитать автокорреляционную функцию в среде excel.</li> <li>3. Приведите примеры вида автокорреляционной функции для различных случайных процессов.</li> </ol>

Перечень лабораторных и практических работ	Вопросы к защите
(порядок выполнения представлен в приложении)	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Перечислите модели для трендовой составляющей ряда.</li> <li>5. Перечислите модели периодической составляющей ряда.</li> <li>6. Опишите модель авторегрессии и проинтегрированного скользящего среднего.</li> <li>7. Перечислите этапы создания частотной модели временного ряда.</li> <li>8. Как понизить дискретность данных в excel?</li> <li>9. Как реализовать модель авторегрессии в среде VisSim?</li> </ol>
<p>№4. Выбор типа регулятора и его ручная настройка в системе автоматического управления</p> <p>(порядок выполнения представлен в [2] раздела методических указаний)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какие принципы выбора типа регулятора Вы знаете?</li> <li>2. Перечислите этапы ручной итерационной настройки параметров ПИД-регулятора.</li> <li>3. Опишите алгоритм ручной настройки ПИД-регулятора, основанный на выводе систему на границу устойчивости.</li> <li>4. Как реализовать модель системы управления в среде VisSim?</li> <li>5. Как настроить параметры передаточной функции элемента в среде VisSim.</li> <li>6. Как реализовать дифференцирующее звено в среде VisSim?</li> <li>7. Как структурировать модель системы управления в среде VisSim?</li> </ol>
<p>№5. Применение моделей объекта в контурах регулирования и способы проведения индивидуальной настройки реакций системы на сигнал задания и прочие возмущения</p> <p>(порядок выполнения представлен в [2] раздела методических указаний)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Опишите структуру ПИД-регулятора с весовыми коэффициентами при уставке.</li> <li>2. Опишите структуру регулятора с внутренней моделью.</li> <li>3. Как получить модель динамики объекта с применением типовых воздействий?</li> <li>4. Опишите структуру регулятора с двумя степенями свободы.</li> <li>5. Как выполнить проектирование регулятора с двумя степенями свободы.</li> <li>6. Почему рациональные настройки ПИД-регулятора для отработки различных возмущений могут отличаться?</li> </ol>

Перечень лабораторных и практических работ	Вопросы к защите
<p>№6. Спектральная плотность на входе и выходе системы (порядок выполнения представлен в приложении)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Что такое спектральная плотность случайного процесса? Связь спектральной плотности с корреляционной функцией.</li> <li>2. Приведите примеры вида спектральной плотности для различных случайных процессов.</li> <li>3. Какими выражениями часто аппроксимируют спектральную плотность?</li> <li>4. Почему при аппроксимации спектральной плотности используют выражения, которые могут быть представлены как функции частоты или как функции комплексной переменной?</li> <li>5. Как связаны спектральная плотность на входе и выходе системы?</li> </ol>
<p>№7. Синтез системы с минимумом среднего значения квадрата ошибки регулирования (порядок выполнения представлен в приложении)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какова связь спектральной плотности с критериями качества управления?</li> <li>2. Что такое взаимная спектральная плотность и как она используется при синтезе систем управления?</li> <li>3. Приведите и поясните различные варианты взаимного расположения амплитудной характеристики и спектральных плотностей полезного сигнала и помехи.</li> <li>4. Какие можно выделить этапы при синтезе системы с заданной структурой с минимумом средней квадратической ошибкой?</li> <li>5. Как получить аналитическое выражение для интеграла спектральной плотности случайного процесса?</li> <li>6. Приведите пример выражения для расчета интеграла от дробно-рациональной четной функции.</li> </ol>
<p>№8. Ввод-вывод данных в системе диспетчерского управления Intouch (порядок выполнения представлен в [1] раздела методических)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какие интерфейсы используют SCADA для доступа к технологической информации?</li> <li>2. Какие интерфейсы предоставляют SCADA для отображения и вывода данных технологического процесса?</li> <li>4. Приведите алгоритм настройки SCADA Intouch для доступа к технологическим данным через протокол DDE.</li> </ol>

<b>Перечень лабораторных и практических работ</b>	<b>Вопросы к защите</b>
указаний)	

**Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации  
по дисциплине «Статистическая динамика автоматических систем»**

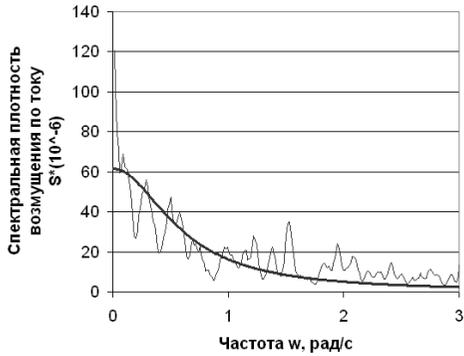
**а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:**

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
<b>ОПК-4 - готовностью собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по тематике исследования, использовать достижения отечественной и зарубежной науки, техники и технологии в своей профессиональной деятельности</b>		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>– <i>основы программирования систем диспетчерского управления для организации сбора данных технологического процесса;</i></li> <li>– <i>интерфейсы доступа к системам диспетчерского управления для сбора и обработки информации;</i></li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какие интерфейсы используют SCADA для доступа к технологической информации?</li> <li>2. Какие интерфейсы предоставляют SCADA для отображения и вывода данных технологического процесса?</li> <li>3. Типы данных в SCADA Intouch.</li> <li>4. Алгоритм конфигурирования архивов и графиков реального времени в SCADA Intouch.</li> <li>5. Как организовать масштабирования считанных технологических данных процесса в Intouch?</li> <li>6. Структура тэга Intouch. Назначение основных полей тэга.</li> </ol>

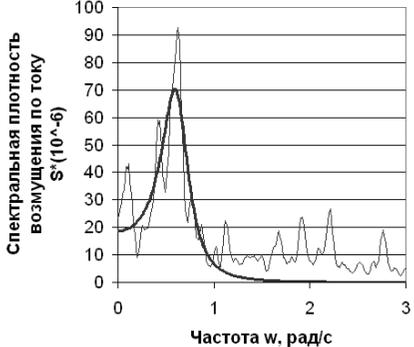
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Уметь	<i>организовать сбор данных технологического процесса;</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Выполните настройку SCADA Intouch для доступа к технологическим данным промышленного контролера S7-400, хранящимся в области памяти MW0.</li> <li>2. Разработайте проект SCADA Intouch для считывания с открытой книги Excel ячейки A1 через протокол DDE и вывод на экран считанного значения.</li> <li>3. Выполните считывание значения заданного тэга WinCC в среде VBA Excel с использованием функций WinAPI.</li> </ol>
Владеть	<i>навыками обработки данных технологического процесса для последующего их использования при решении задач статистической динамики;</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. В среде Intouch организуйте вывод на график реального времени текущего значения синусоиды, рассчитываемого с применением программы, реализованной в Window Script.</li> <li>2. В среде Intouch организуйте запись значения тэга, изменяемого слайдером в архивы.</li> <li>3. Для заданного временного ряда выполните понижение дискретности данных.</li> <li>4. Удалите трендовую составляющую из заданного временного ряда.</li> <li>5. Для заданного временного ряда рассчитайте корреляционную функцию.</li> <li>6. Для заданного временного ряда рассчитайте спектральную плотность.</li> </ol>
<b>ПК-4 - способностью осуществлять анализ научно-технической информации, обобщать отечественный и зарубежный опыт в области мехатроники и робототехники, средств автоматизации и управления, проводить патентный поиск</b>		
Знать	– <i>классификацию видов математических моделей простых</i>	1. Перечислите этапы эксперимента.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p><i>систем управления;</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <i>критерии выбора типа модели по сложности объекта или системы управления;</i></li> <li>– <i>методы математического моделирования сложных динамических объектов и систем управления;</i></li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Отличия пассивного и активного эксперимента.</li> <li>3. Укажите основные цели сэмплинга данных.</li> <li>4. Какие статистические оценки качества данных Вы знаете?</li> <li>5. Как оценить адекватность статистической модели?</li> <li>6. Как оценить воспроизводимость эксперимента?</li> <li>7. Укажите цели дисперсионного и корреляционного анализа.</li> <li>8. Перечислите принципы выбора типа статистической модели.</li> <li>9. Изобразите функции плотности распределения для основных законов распределения случайной величины.</li> <li>10. Приведите алгоритм генерации случайной величины по заданному закону распределения.</li> <li>11. Запишите формулу для коэффициента линейной корреляции Пирсона и поясните ее.</li> <li>12. Поясните отличие ковариации от корреляции.</li> <li>13. Поясните алгоритм моделирования <math>m</math>-мерного случайного вектора, распределенного по нормальному закону.</li> <li>14. Перечислите модели для трендовой составляющей ряда.</li> <li>15. Перечислите модели периодической составляющей ряда.</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>16. Опишите модель авторегрессии и проинтегрированного скользящего среднего.</p> <p>17. Перечислите этапы создания частотной модели временного ряда.</p> <p>18. Как понизить дискретность данных в excel?</p> <p>19. Как реализовать модель авторегрессии в среде VisSim?</p> <p>20. Опишите структуру ПИД-регулятора с весовыми коэффициентами при уставке.</p> <p>21. Опишите структуру регулятора с внутренней моделью.</p> <p>22. Как получить модель динамики объекта с применением типовых воздействий?</p> <p>23. Опишите структуру регулятора с двумя степенями свободы.</p> <p>24. Как выполнить проектирование регулятора с двумя степенями свободы.</p> <p>25. Почему рациональные настройки ПИД-регулятора для отработки различных возмущений могут отличаться?</p> <p>26. Какие принципы выбора типа регулятора Вы знаете?</p> <p>27. Перечислите этапы ручной итерационной настройки параметров ПИД-регулятора.</p> <p>28. Опишите алгоритм ручной настройки ПИД-регулятора, основанный на выводе систему на границу устойчивости.</p> <p>29. Как реализовать модель системы управления в среде VisSim?</p>

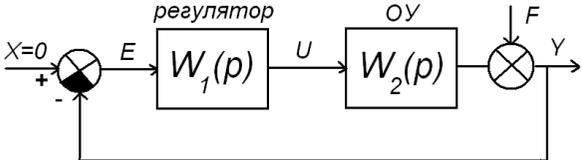
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		30. Как настроить параметры передаточной функции элемента в среде VisSim. 31. Как реализовать дифференцирующее звено в среде VisSim? 32. Как структурировать модель системы управления в среде VisSim?
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>– <i>работать со специализированным программным обеспечением для построения моделей систем и объектов управления;</i></li> <li>– <i>интерпретировать результаты моделирования объектов и систем и оценивать их достоверность;</i></li> <li>– <i>осуществлять анализ информации о свойствах объекта моделирования;</i></li> <li>– <i>применять современные методы исследования и проектирования средств автоматизации и управления при случайных воздействиях;</i></li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Приведите примеры зависимостей между двумя параметрами с разными значениями коэффициента корреляции.</li> <li>2. Реализуйте дифференцирующее звено в VisSim</li> <li>3. По заданному случайному процессу настройте модель на основе формирующего фильтра.</li> <li>4. Аппроксимируйте заданную экспериментальную спектральную плотность зависимостью <math display="block">S(\omega) = \frac{2DT}{1 + \omega^2 T^2}.</math></li> </ol> <div style="text-align: center;">  </div> <ol style="list-style-type: none"> <li>5. Выполните ручную настройку ПИД-регулятора методом, основанным на выводе</li> </ol>

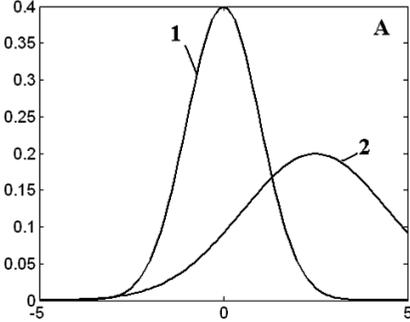
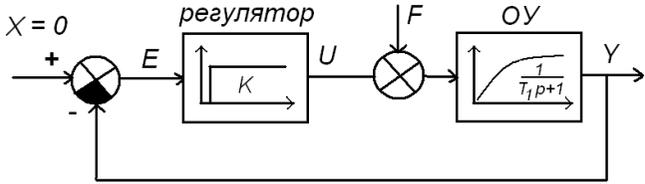
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>системы на границу устойчивости.</p> <p>6. В среде VisSim реализуйте систему управления с двумя степенями свободы.</p> <p>7. По заданному временному ряду выполните подбор параметров авторегрессионной модели и оцените ее адекватность.</p>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>– <i>навыками проектирования и разработки математических моделей объектов и систем;</i></li> <li>– <i>навыками реализации алгоритмов численного моделирования с использованием программных средств;</i></li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Реализовать модель авторегрессии в среде Excel с заданными параметрами <math>AR1 = 0,9</math>; <math>AR2 = 0,5</math>.</li> <li>2. Выполните моделирование работы системы управления с интегральным регулятором и передаточной функцией объекта <math>H(s)=1/(2s+1)</math> при действии возмущений в форме белого шума по каналу управления в среде VisSim.</li> <li>3. Аппроксимируйте заданную экспериментальную спектральную плотность наиболее подходящей зависимостью.</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		
<p><b>ПК-9 - способностью к подготовке технического задания на проектирование мехатронных и робототехнических систем их подсистем и отдельных устройств с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники, а также новых устройств и подсистем</b></p>		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>– <i>основные положения теории статистической динамики, принципы и методы построения и преобразования моделей систем управления и действующих на систему воздействий;</i></li> <li>– <i>методы статистического описания воздействий на систему и их моделирования;</i></li> <li>– <i>методы расчёта и оптимизации систем при случайных воздействиях;</i></li> <li>– <i>основные методы синтеза систем</i></li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Что такое спектральная плотность случайного процесса? Связь спектральной плотности с корреляционной функцией.</li> <li>2. Приведите примеры вида спектральной плотности для различных случайных процессов.</li> <li>3. Какими выражениями часто аппроксимируют спектральную плотность?</li> <li>4. Почему при аппроксимации спектральной плотности используют выражения, которые могут быть представлены как функции частоты или как функции комплексной переменной?</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p><i>управления при наличии известных характеристик случайных воздействий;</i></p>	<p>5. Как связаны спектральная плотность на входе и выходе системы?</p> <p>6. Какова связь спектральной плотности с критериями качества управления?</p> <p>7. Что такое взаимная спектральная плотность и как она используется при синтезе систем управления?</p> <p>8. Приведите и поясните различные варианты взаимного расположения амплитудной характеристики и спектральных плотностей полезного сигнала и помехи.</p> <p>9. Какие можно выделить этапы при синтезе системы с заданной структурой с минимумом средней квадратической ошибкой?</p> <p>10. Как получить аналитическое выражение для интеграла спектральной плотности случайного процесса?</p> <p>11. Приведите пример выражения для расчета интеграла от дробно-рациональной четной функции.</p> <p>12. Что такое ковариационная и корреляционная матрицы?</p> <p>13. Понятие автокорреляционной и взаимной корреляционной функции.</p> <p>14. Как рассчитать автокорреляционную функцию в среде excel.</p> <p>15. Приведите примеры вида автокорреляционной функции для различных случайных процессов.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>– применять принципы и методы построения моделей, методы анализа и синтеза при исследовании систем управления, при наличии возмущающих воздействий случайного характера;</li> <li>– использовать корреляционные функции случайного сигнала и его спектральную плотность для решения задач синтеза систем управления;</li> <li>– анализировать качество работы систем при случайных воздействиях;</li> <li>– осуществлять синтез и оптимизацию автоматических систем на основе методов статистической динамики.</li> </ul>	<p>1. Для заданного процесса определите его корреляционную функцию и спектральную плотность.</p> <p>The figure illustrates the relationship between a time-domain signal <math>x(t)</math>, its correlation function <math>R_x(\tau)</math>, and its spectral density <math>S_x(\omega)</math> for five different cases:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>а) Constant signal:</b> <math>x(t) = A_0</math>. The correlation function is <math>R_x(\tau) = A_0^2</math>. The spectral density is <math>S_x(\omega) = 2\pi A_0^2 \delta(\omega)</math>.</li> <li><b>б) Decaying signal:</b> <math>x(t)</math> decays from <math>D_x</math>. The correlation function is <math>R_x(\tau) = D_x e^{-\alpha \tau }</math>. The spectral density is <math>S_x(\omega) = 2D_x \alpha / (\alpha^2 + \omega^2)</math>.</li> <li><b>в) Random signal:</b> <math>x(t)</math> is a random signal with variance <math>D_x</math>. The correlation function is <math>R_x(\tau) = D_x \delta(\tau)</math>. The spectral density is <math>S_x(\omega) = D_x</math>.</li> <li><b>г) Белый шум (White noise):</b> <math>x(t)</math> is white noise with power <math>N</math>. The correlation function is <math>R_x(\tau) = N \delta(\tau)</math>. The spectral density is <math>S_x(\omega) = N</math>.</li> <li><b>д) Sinusoidal signal:</b> <math>x(t) = A \sin(\omega_0 t + \varphi)</math>. The correlation function is <math>R_x(\tau) = (A^2/2) \cos \omega_0 \tau</math>. The spectral density consists of two impulses: <math>S_x(\omega) = \frac{A^2}{4} \delta(\omega - \omega_0) + \frac{A^2}{4} \delta(\omega + \omega_0)</math>.</li> </ul>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>2. С использованием среды VisSim оцените влияние параметров настройки регулятора на среднее значение квадрата ошибки регулирования в заданном контуре управления.</p> <p>3. Выполните оптимизацию параметров настройки регулятора в заданной системе управления с заданными параметрами возмущений для достижения минимума среднего значения квадрата ошибки регулирования.</p>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>– <i>принципами и методами моделирования, анализа, синтеза систем автоматического управления при действии на систему случайных воздействий;</i></li> <li>– <i>навыками самостоятельного выбора методов анализа и синтеза систем управления при их проектировании в соответствии с техническим заданием на разработку.</i></li> <li>– <i>навыками использования при проектировании систем устройств с типовыми свойствами</i></li> </ul>	<p>1. На вход F системы подано воздействие, имеющее случайный характер со спектральной плотностью <math>S_F</math>. Получите выражение для спектральной плотности сигнала рассогласования:</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>2. Выполните моделирование реализации случайной величины с заданным законом</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>распределения.</p>  <p>3. Для заданной системы получите в аналитической форме зависимость среднего значения квадрата ошибки регулирования от параметров объекта, регулятора и возмущений, предполагая, что их спектральная плотность может быть представлена выражением <math>S(\omega) = \frac{2DT}{1 + \omega^2 T^2} \therefore</math></p> 



#### **б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Статистическая динамика автоматических систем» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена и в форме выполнения и защиты курсовой работы.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

#### **Показатели и критерии оценивания экзамена:**

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

*Работа №2. Моделирование многомерной случайной величины*

**Исходные данные:** временные ряды по 2-3 технологическим параметрам.

*Порядок выполнения работы*

1. Построить графики по исходным данным.
2. Выбрать интервалы времени, на которых дисперсии технологических параметров по возможности не изменяются.
3. Удалить трендовые составляющие рядов данных.
4. Рассчитать корреляционную и ковариационную матрицы.
5. Рассчитать матрицу  $C$  (см. [1] основной литературы).
6. Получить новую реализацию многомерной случайной величины.
7. По полученной реализации рассчитать корреляционную матрицу и сравнить ее с корреляционной матрицей исходных данных.

С примером выполнения заданий работы можно ознакомиться в [1] методических указаний.

**Работа №3. Разработка модели возмущений с учетом частотных особенностей**

**изменения случайной величины**

**Исходные данные:** временные ряды по одному технологическому параметру.

*Порядок выполнения работы*

1. Построить график по исходным данным.
2. Выбрать интервалы времени, на которых дисперсия и частотные особенности изменения технологического параметра по возможности не изменяются.
3. Удалить трендовую составляющую ряда данных.
4. Рассчитать автокорреляционную функцию.
5. Определить число коэффициентов авторегрессионной модели.
6. При необходимости понизить дискретность данных.
7. Настроить авторегрессионную модель временного ряда.
8. Получить новую реализацию случайного процесса.
9. По новой реализации случайного процесса рассчитать автокорреляционную функцию и сравнить ее с автокорреляционной функцией исходных данных.

С примером выполнения заданий работы можно ознакомиться в [1] методических указаний.

*Работа №6. Спектральная плотность на входе и выходе системы*

*Порядок выполнения работы*

**Исходные данные:** параметры авторегрессионной модели, полученные в работе №3.

*Часть 1. Численное моделирование действия возмущений на систему.*

1. Реализовать разработанную ранее авторегрессионную модель возмущений по одному параметру в среде VisSim.

2. В среде VisSim получить реализацию возмущений  $X$  протяженностью 500 секунд и вывести случайную величину на график. Экспортировать данные графика в текстовый файл 1.
3. Подать возмущения  $X$  на вход инерционного звена первого порядка с постоянной времени согласно варианту работы №1. Рассчитать среднее значение квадрата сигнала  $Y$  на выходе звена.

***Часть 2. Аналитический расчет действия возмущений на систему.***

4. Получить спектральную плотность случайной величины  $X$  в файле 1 и экспортировать ее в текстовый файл.
5. Импортировать файл спектральной плотности в excel и выполнить аппроксимацию спектральной плотности одним из двух, рассмотренных в [1] **методических указаний** выражений (тем, которое больше подходит).
6. В среде VisSim получить амплитудную частотную характеристику инерционного звена и экспортировать ее в файл. Либо воспользоваться аналитическим способом нахождения амплитудной характеристики.
7. Используя информацию об амплитудной характеристике системы (инерционного звена) и спектральной плотности сигнала  $X$ , рассчитать спектральную плотность сигнала  $Y$  на выходе системы.
8. Рассчитать среднее значение квадрата  $Y$  и сравнить его со значением, полученным в ходе численного моделирования.

**С примером выполнения заданий работы можно ознакомиться в [1] методических указаний.**

**Работа №7. Синтез системы с минимумом среднего значения квадрата ошибки регулирования**

**Исходные данные:** структура системы управления, параметры модели возмущений согласно работе №3.

***Порядок выполнения работы***

1. Вывести аналитическое выражение связывающее среднее значение квадрата ошибки регулирования с параметрами модели объекта управления, регулятора и возмущений.
2. При трех различных вариантах значений параметров регулятора рассчитать по полученному выражению среднее значение квадрата ошибки регулирования.
3. Проверить результаты расчетов, выполнив моделирование работы системы в среде VisSim.

**С примером выполнения заданий работы можно ознакомиться в [1] методических указаний.**