

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
 ФЕДЕРАЦИИ  
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
 образования  
 "САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
 АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 23

УТВЕРЖДАЮ  
 Руководитель направления  
 профессор, д-р техн. наук  
 (должность, уч. степень, звание)  
 О.П. Куркова  
 (инициалы, фамилия)  
 (подпись)  
 «22»\_06\_2023 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Технологическое обеспечение надежности электронных средств»  
 (Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	11.04.03
Наименование направления подготовки/ специальности	Конструирование и технология электронных средств
Наименование направленности	Проектирование и технология аэрокосмических приборов и электронных средств
Форма обучения	очная

Санкт-Петербург– 2023

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

проф., д.т.н., проф.  
 (должность, уч. степень, звание)

*Шелест*  
 (подпись, дата)

Д.К.Шелест  
 (инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 23

«05»\_06\_2023 г, протокол №\_7/23\_

Заведующий кафедрой № 23

д.т.н., проф.  
 (уч. степень, звание)

*Бестугин*  
 (подпись, дата)

А.Р. Бестугин  
 (инициалы, фамилия)

Ответственный за ОП ВО 11.04.03(02)

проф., д.т.н., проф.  
 (должность, уч. степень, звание)

*Куркова*  
 (подпись, дата)

О.П. Куркова  
 (инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №2 по методической работе

доц., к.т.н., доц.  
 (должность, уч. степень, звание)

*Балышева*  
 (подпись, дата)

О.Л. Балышева  
 (инициалы, фамилия)

## Аннотация

Дисциплина «Технологическое обеспечение надежности электронных средств» входит в образовательную программу высшего образования – программу магистратуры по направлению подготовки/ специальности 11.04.03 «Конструирование и технология электронных средств» направленности «Проектирование и технология аэрокосмических приборов и электронных средств». Дисциплина реализуется кафедрой «№23».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

УК-2 «Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла»

ПК-1 «Способен формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электронных средств и технологических процессов, а также смежных областей науки и техники, способность обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач»

ПК-7 «Способен разрабатывать проектно-конструкторскую документацию в соответствии с методическими и нормативными требованиями»

ПК-8 «Способен разрабатывать технические задания на проектирование технологических процессов производства электронных средств»

ПК-9 «Способен проектировать технологические процессы производства электронных средств с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства»

ПК-11 «Способен обеспечивать технологичность электронных средств и процессов их изготовления, оценивать экономическую эффективность технологических процессов»

ПК-14 «Способен осуществлять руководство структурным подразделением по сборке и монтажу приборов бортовой аппаратуры и кабелей при изготовлении изделий ракетно- космической промышленности»

ПК-15 «Способен планировать и управлять производственными процессами при изготовлении изделий "система в корпусе"»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с формированием углубленной конструкторско-технологической подготовки студентов направлений 11.04.03 в области теории и практики обеспечения надежности изделий электронной аппаратуры (ЭА) и приборостроения (П) технологическими методами и средствами, а также формирование углубленной технологической подготовки магистрантов.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: *лекции, лабораторные работы, самостоятельную работу студента и консультации.*

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме зачета.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский»

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью преподавания дисциплины “Технологическое обеспечение надежности ЭС” (ЭС) является формирование углубленной конструкторско-технологической подготовки студентов направлений 11.04.03 в области теории и практики обеспечения надежности изделий электронной аппаратуры (ЭА) и приборостроения (П) технологическими методами и средствами, а также формирование углубленной технологической подготовки магистрантов.

1.2. Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Универсальные компетенции	УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	УК-2.3.1 знать этапы жизненного цикла проекта; виды ресурсов и ограничений для решения проектных задач; необходимые для осуществления проектной деятельности правовые нормы и принципы управления проектами
Профессиональные компетенции	ПК-1 Способен формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электронных средств и технологических процессов, а также смежных областей науки и техники, способность обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач	ПК-1.3.1 знает принципы построения и функционирования электронных средств и технологических процессов ПК-1.У.1 умеет рассчитывать режимы работы электронных средств ПК-1.В.1 владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследований
Профессиональные компетенции	ПК-7 Способен разрабатывать проектно-конструкторскую	ПК-7.3.1 знает нормативные требования к разработке проектно-конструкторской документации ПК-7.У.1 умеет использовать стандарты и

	документацию в соответствии с методическими и нормативными требованиями	нормативные требования при разработке документации ПК-7.В.1 владеет навыками разработки документации для организации выпуска изделий
Профессиональные компетенции	ПК-8 Способен разрабатывать технические задания на проектирование технологических процессов производства электронных средств	ПК-8.3.1 знает современные технологические процессы производства электронных средств ПК-8.У.1 умеет проводить анализ и выбор перспективных материалов, технологических процессов и оборудования для производства электронных средств ПК-8.В.1 владеет навыками подготовки технического задания на проектирование технологических процессов производства электронных средств
Профессиональные компетенции	ПК-9 Способен проектировать технологические процессы производства электронных средств с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства	ПК-9.3.1 знает требования технологической и нормативной документации технологических процессов выпуска электронных средств ПК-9.У.1 умеет проектировать технологические процессы производства электронных средств ПК-9.В.1 владеет навыками использования автоматизированных систем технологической подготовки производства
Профессиональные компетенции	ПК-11 Способен обеспечивать технологичность электронных средств и процессов их изготовления, оценивать экономическую эффективность технологических процессов	ПК-11.3.1 знает принципы выработки рекомендаций по корректировке и оптимизации параметров и режимов технологических операций и технологических процессов производства электронных средств ПК-11.У.1 умеет анализировать характеристики изделий электронной техники и процессов их изготовления ПК-11.В.1 владеет навыками оценки экономической эффективности технологических процессов
Профессиональные компетенции	ПК-14 Способен осуществлять руководство структурным подразделением по сборке и монтажу приборов бортовой аппаратуры и кабелей при изготовлении изделий ракетно-космической промышленности	ПК-14.У.1 умеет организовывать внедрение прогрессивных технологий приборно-кабельного производства ПК-14.В.1 владеет навыками определять экономическую эффективность внедрения новых технологий приборно-кабельного производства

Профессиональные компетенции	ПК-15 Способен планировать и управлять производственными процессами при изготовлении изделий "система в корпусе"	ПК-15.3.2 знает основы экономики и организации производства изделий микро- и нанoeлектроники ПК-15.У.1 умеет разрабатывать планы и планы-графики реализации эффективного производства изделий "система в корпусе" ПК-15.В.1 владеет навыками организовывать работу сотрудников, задействованных в производстве изделий "система в корпусе"
------------------------------	--	--

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- Основы теории надежности;
- Методология технологического проектирования;
- Автоматизация технологической подготовки производства;
- Технология сборки и монтажа узлов приборов;
- Технологии производственного контроля приборов.

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и могут использоваться при изучении других дисциплин:

- Конструирование и технология устройств МСТ;
- Автоматизация технологической подготовки производства;
- Информационные технологии в производстве ЭС.

## 3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№3
1	2	3
<b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)</b>	3/ 108	3/ 108
<b>Из них часов практической подготовки</b>	14	14
<b>Аудиторные занятия, всего час.</b>	34	34
в том числе:		
лекции (Л), (час)	17	17
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
лабораторные работы (ЛР), (час)	17	17
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)		
<b>Самостоятельная работа, всего (час)</b>	74	74
<b>Вид промежуточной аттестации:</b> зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Зачет	Зачет

## 4. Содержание дисциплины

### 4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
<b>Семестр 3</b>					
<p><b>Раздел 1.</b> Задачи анализа и синтеза надежности изделий ЭС</p> <p><b>Тема 1.1.</b> Тема 1.1 Роль и место дисциплины в системе подготовки магистров в направлении подготовки <u>11.04.03</u> «Конструирование и технология электронных средств».</p> <p><b>Тема 1.2</b> Тенденции развития требований к надежности изделий ЭС и проблемы технологической отработки на надежность. Эффективность конструкторско-технологических методов повышения надежности.</p> <p><b>Тема 1.3</b> Предмет и содержание дисциплины, связь с другими дисциплинами. Система ГОСТов определяющих технологию и ее основные понятия. Показатели надежности.</p> <p>Тема 1.4 Физические основы надежности. Физика возникновения отказа: источники (причины), процессы, дефекты, приводящие к отказу. Внезапные отказы, модель возникновения. Законы распределения наработки между отказами. Постепенные отказы, причины. Модель возникновения постепенных отказов. Законы распределения наработки между отказами.</p>	3		2		15
<p><b>Раздел 2.</b> Задачи обеспечения надежности изделий на основных этапах жизненного цикла ЭС.</p> <p><b>Тема 2.1</b> Методы обеспечения надежности ЭС. Системное проектирование. Схемотехническое проектирование. Конструкторское проектирование. Влияние электромагнитной совместности на надежность микроэлектронных систем. Технологическое проектирование (ТПП). Производство (опытное, серийное массовое). Испытания. Эксплуатация.</p> <p><b>Тема 2.2</b> Понятие об оптимальной надежности. Обеспечение первоначального уровня надежности при конструировании и производстве ЭС.</p>	3		3		15

<p>Раздел 3. Модели надежности ЭС на этапе технологического процесса изготовления</p> <p>Тема 3.1 Вероятностные модели отказов ЭС. Вероятностно-физические модели отказов ЭС. Модели расчета интенсивности внезапных отказов ЭС. Методы анализа надежности сложной ЭА: FTA, ETA, RBD. Методы анализа параметрической надежности.</p> <p>Тема 3.2 Методы анализа надежности на основе марковских моделей.</p> <p>Тема 3.3 Методы анализа надежности на основе диаграмм Парето.</p> <p>Тема 3.4 Анализ надежности микроэлектронных компонентов и микропроцессоров. Виды отказов микросхем и печатных плат.</p>	3		5		15
<p>Раздел 4. Методы технологической отработки изделий на надежность</p> <p>Тема 4.1 Методы обеспечения надежности ЭС на этапе технологического процесса производства ЭС. Структурная схема ТП производства ЭС.</p> <p>Тема 4.2 Технологические факторы, влияющие на надежность ЭС. Взаимосвязь надежности и технологичности изделий ЭС.</p> <p>Тема 4.3 Надежность унифицированных комплектующих изделий, надежность оригинальных компонентов, надежность соединений.</p> <p>Тема 4.4 Методы технологической отработки изделий на надежность на этапах технологического процесса. Входной контроль компонентов (отбраковка ненадежных компонентов). Подготовка компонентов. Монтаж и установка компонентов. Пайка. Контроль паяных соединений. Герметизация узлов (защита от внешних возмущающих факторов и ухудшение температурных режимов). Контроль работоспособности. Сборка модуля. Технологическая тренировка, циклические тренировки, электростатическая тренировка. Общие требования и рекомендации по конструктивным и технологическим способам обеспечения надежности.</p> <p>Тема 4.5 Экспериментальная отработка на надежность, моделирование роста надежности.</p>	4		3		15

<p>Раздел 5. Методы управления надежностью на этапах ТП</p> <p>Тема 5.1 Метод анализа влияния отказов на надежность (безотказность и готовность) на основе использования диаграмм Парето. История создания и общие принципы анализа Парето.</p> <p>Тема 5.2 Диаграмма по видам отказов для анализа влияния на безотказность.</p> <p>Тема 5.3 Диаграмма по видам отказов для анализа влияния на готовность.</p> <p>Тема 5.4 Методика оценки влияния наиболее существенных факторов на параметры надежности.</p>	4		2		14
Итого в семестре:	17		17		74
Итого	17	0	17	0	74

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
	Учебным планом не предусмотрено

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено					
Всего					

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 3				
1	Исследование методов формирования	3	4	1



	случайных величин для моделирования технологических процессов			
2	Исследование точности технологических процессов производства ЭА	3	4	2
3	Исследование стабильности технологических процессов производства ЭА	3	4	3
4	Технологические задачи проверки статистических гипотез	4	4	4
5	Исследование методов автоподналадки технологического оборудования	4	4	5
Всего		17		

4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы  
Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся  
Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 3, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	36	36
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)	4	4
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	4	4
Домашнее задание (ДЗ)	30	30
Контрольные работы заочников (КРЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)		
Всего:	74	74

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)  
Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий  
Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.  
Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в
-------	--------------------------	--------------------------

URL адрес	библиотеке (кроме электронных экземпляров)
Чеканов А.Н. Расчеты и обеспечение надежности электронной аппаратуры: учеб. пособие. – М.: КНОРУС, 2012. – 440 с. <a href="http://static2.ozone.ru/multimedia/book_file/1007137727.pdf">http://static2.ozone.ru/multimedia/book_file/1007137727.pdf</a>	5
Теоретические основы надежности электронной аппаратуры. Сборник задач: учебное пособие/ В.П. Ларин, Д. К. Шелест, С.И. Артамонов, А.Е.Новиков - СПб.: ГУАП, 2012.- 131с. 100 экз. <a href="http://guap.ru/k23/study_meth">http://guap.ru/k23/study_meth</a>	100

### Дополнительная литература

Перечень дополнительной литературы приведен в таблице 9.

Таблица 9– Перечень дополнительной литературы

Шифр	Библиографическая ссылка/ URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке(кроме электронных экземпляров)
681.2 (ГУАП) Л25	Ларин В.П., Шелест Д.К. Конструирование и производст-во типовых приборов и устройств: Учеб. пособие для вузов / СПбГУАП. СПб. 2005. – 300 экз. <a href="http://guap.ru/guap/kaf23old35/um3_main.shtml">http://guap.ru/guap/kaf23old35/um3_main.shtml</a> <a href="http://guap.ru/guap/kaf12/meth_dip.doc">guap.ru/guap/kaf12/meth_dip.doc</a>	100
621.01 П 52 519.6 П 520	Половко А.М., Гуров С.В. Основы теории надежности. Практикум. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 560 с. <a href="http://library.polytech21.ru/">http://library.polytech21.ru/</a> <a href="http://knigi.tor2.net/index.php?id=2786400">http://knigi.tor2.net/index.php?id=2786400</a>	10
УДК 621.38(075.8) ББК 32.85я73 Я574	Баранова А.В., Ямпурин Н.П. Основы надежностиЭС.- М.: Академия. 2010. <a href="http://www.academia-moscow.ru/ftp_share/books/fragments/fragment_21187.pdf">http://www.academia-moscow.ru/ftp_share/books/fragments/fragment_21187.pdf</a>	5
	Технологические методы обеспечения надежности деталей машин/ <u>И. М. Жарский, И. Л. Баршай, Н. А. Свидунович, Н. В. Спиридонов.</u> - Минск. Изд-во: <u>Вышэйшая школа</u> , 2011.-299 с. <a href="http://rep.bntu.by/">http://rep.bntu.by/</a> <a href="http://www.livelib.ru/book/1000669854">http://www.livelib.ru/book/1000669854</a> <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pll_id=65606">http://e.lanbook.com/books/element.php?pll_id=65606</a> <a href="http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=506971">http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=506971</a>	5
	Труханов В.М. <u>Новый подход к обеспечению надежности сложных систем.- фундаментальные основы инженерных наук.</u> -2010.-241с. <a href="http://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_17729">http://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_17729</a> .	5

## 7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
<a href="http://ndsis.ru/">http://ndsis.ru/</a>	Надежность информационных систем.
<a href="http://www.atmel.com">www.atmel.com</a> ;	Reliability Monitor Report, ATMEL PROPRIETARY, High Temperature Operating Life.
<a href="http://e.lanbook.com/">http://e.lanbook.com/</a>	Электронно-библиотечная система ЭБС «Лань» по договору № 695-7 от 30.11.2011
<a href="http://znanium.com/">http://znanium.com/</a>	ЭБС «ZNANIUM» по договору № 186-ЭБС от 08.02.2012

## 8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

8.2. Перечень информационно-справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

## 9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Мультимедийная лекционная аудитория	13-17, 14-06Г
2	Специализированная лаборатория «Конструирование и технология приборов и электронных средств»	13-07

## 10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Зачет	Список вопросов;

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 – Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал;</li> <li>– уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;</li> <li>– опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления;</li> <li>– умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– свободно владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы;</li> <li>– не допускает существенных неточностей;</li> <li>– увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления;</li> <li>– аргументирует научные положения;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы;</li> <li>– допускает несущественные ошибки и неточности;</li> <li>– испытывает затруднения в практическом применении знаний направления;</li> <li>– слабо аргументирует научные положения;</li> <li>– затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li> <li>– частично владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся не усвоил значительной части программного материала;</li> <li>– допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении;</li> <li>– испытывает трудности в практическом применении знаний;</li> <li>– не может аргументировать научные положения;</li> <li>– не формулирует выводов и обобщений.</li> </ul>

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.  
Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. Зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
	<p>1. Классификация методов обеспечения надежности</p> <p>2. Технологичность конструкции – фактор обеспечения надежности</p> <p>3. Унификация и стандартизация конструкций как методы обеспечения надежности</p> <p>4. Принципы равнопрочности или кратности сроков службы составляющих ее компонентов – метод обеспечения надежности.</p>	УК-2.3.1
	<p>5. Равномерное распределение нагрузок на составляющие компоненты ЭС- фактор повышения надежности на этапе ее конструирования</p> <p>EOS (электрические перегрузки),</p> <p>- ESD (электростатический разряд),</p> <p>- EMI (электромагнитные помехи),</p> <p>- тепловой удар (термошок).</p> <p>6. Простота конструкторских решений — залог надежности</p> <p>7. Приработка изделий ЭС – технологический способ обеспечения надежности. Виды приработки</p> <p>8. Микроминиатюризация ЭС как способ обеспечения и повышения надежности.</p>	ПК-1.3.1
	<p>9. Методы герметизации и защиты приборов от внешних дестабилизирующих факторов как методы обеспечения надежности</p> <p>10. Структурная избыточность в устройстве и резервирование - способы обеспечения надежности ЭС.</p> <p>11. Культура производства, технологическая дисциплина - как фактор повышения надежности ЭС на этапе ее производства</p> <p>12. Степень совершенства технологических процессов- как фактор повышения надежности ЭС на этапе ее производства</p>	ПК-1.У.1
	<p>13. Практически строгая реализация технологических режимов- как фактор повышения надежности ЭС на этапе ее производства</p> <p>14. Высокий уровень автоматизации производства- как фактор повышения надежности ЭС на этапе их производства</p> <p>15. Ритмичность работы предприятия- как фактор повышения надежности ЭС на этапе их производства</p> <p>16. Эффективность системы технического контроля- как фактор повышения надежности ЭС на этапе их производства</p>	ПК-1.В.1
	<p>17. Соблюдение чистоты, необходимого уровня тишины в рабочих помещениях- как фактор повышения надежности ЭС на этапе их производства</p> <p>18. Соблюдение эргономических норм и норм технической</p>	ПК-7.3.1

	<p>эстетики - как фактор повышения надежности ЭС на этапе их производства</p> <p>19. Входной контроль комплектующих изделий - как фактор повышения надежности ЭС на этапе их производства</p> <p>20. Воздействие климатических факторов в процессе эксплуатации - как фактор повышения надежности ЭС на этапе их производства</p>	
	<p>21. Воздействие электрических и магнитных полей как фактор повышения надежности ЭС на этапе их производства</p> <p>22. Механические факторы определяющие надежность ЭС</p> <p>23. Квалификация обслуживающего персонала как фактор повышения надежности ЭС на этапе их производства</p> <p>24. Уровень технической эксплуатационной документации (описаниями, инструкциями и т. п.) как фактор повышения надежности ЭС на этапе ее производства</p>	ПК-7.У.1
	<p>25. Организация технического обслуживания, профилактических и ремонтных работ - как фактор повышения надежности ЭС на этапе их производства</p> <p>26. Механизмы отказов полупроводниковых ЭС</p> <p>27. Механизмы отказов резисторов</p> <p>28. Механизмы отказов конденсаторов</p>	ПК-7.В.1
	<p>29. Механизмы отказов катушек индуктивности</p> <p>30. Механизмы отказов трансформаторов</p> <p>31. Механизмы отказов реле</p> <p>32 Механизмы отказов печатных плат</p>	ПК-8.3.1
	<p>33. Механизмы отказов - трибоэлектрический эффект при трении.</p> <p>34. Механизмы отказов - каждый "плавающий" вывод микросхемы может работать как антенна</p> <p>35. Рекомендации по устранению проблем, связанных с наличием электромагнитных помех:</p> <p>36. Правила выбора щадящего режима для конденсаторов</p>	ПК-8.У.1
	<p>37. Правила выбора щадящего режима для диодов</p> <p>38. Правила выбора щадящего режима для транзисторов</p> <p>39. Правила выбора щадящего режима для аналоговых микросхем</p> <p>40. Правила выбора щадящего режима для цифровых микросхем</p>	ПК-8.В.1
	<p>41. Экранирование системы в целом как метод снижения вредного воздействия внешних электромагнитных помех.</p> <p>42. Применение радиаторов, охлаждающих вентиляторов или просто отверстий в корпусе для естественной вентиляции воздуха – способы обеспечения надежности ЭС</p> <p>43. Повреждения печатных плат вызванные тепловыми перегрузками:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- перегорание проводников вследствие протекания большого тока,</li> <li>- потеря адгезии и расслаивание,</li> <li>- обесцвечивание,</li> </ul>	ПК-9.3.1

	<p>- деформирование, - обугливание платы.</p> <p>44. Рекомендации по повышению надежности приборов, связанных с перегревом</p>	
	<p>45. Термоциклирование как фактор повышения надежности ЭС на этапе ее производства</p> <p>46. Испытания, использующие воздействие комбинации повышенных температур и иных жестких условий окружающей среды, обозначаются как HAST (Highly Accelerated Stress Tests) как фактор повышения надежности ЭС на этапе их производства.</p> <p><b>HAST (Highly Accelerated Stress Tests).</b> Для них используются модели расчёта вероятности отказов электронных компонентов по Аррениусу (Arrhenius), Эйрингу (Eyring), Рейху-Хакиму (Reich-Hakim), Пеку (Peck), Лавсону (Lawson).</p> <p>47. Отбраковочные испытания как фактор повышения надежности ЭС на этапе их производства.</p> <p>48. Промышленные стандарты выжигания дефектов в электронных компонентах приведены в документах MIL-STD-883, MIL-STD-750 и MIL-STD-S-19500</p>	ПК-9.У.1
	<p>49. Дефекты, выявляемые воздействием повышенных температур:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- насыщение влагой,</li> <li>- дефекты металлизации и контактов,</li> <li>- объёмные дефекты в кристаллах кремния,</li> <li>- ионное загрязнение и окисление,</li> <li>- поверхностные дефекты.</li> </ul> <p>50. Методы отбраковки компонентов</p> <p>51. Марковские случайные процессы</p> <p>52. Модель случайного процесса с дискретными состояниями и дискретным временем (марковские цепи). Однородная марковская цепь.</p>	ПК-9.В.1
	<p>53. Модель случайного процесса с дискретными состояниями и дискретным временем (марковские цепи). Неоднородная марковская цепь</p> <p>54. Модель случайного процесса с дискретными состояниями и непрерывным временем (непрерывные марковские цепи)</p> <p>55. Основные понятия и свойства потоков случайных событий</p>	ПК-11.3.1
	<p>56. Методика анализа надежности на базе марковских моделей</p> <p>57. Оценка надежности информационной системы</p> <p>58. Оценка надежности технологической системы</p>	ПК-14.В.1
	<p>59. Анализ вероятностных характеристик транспортной системы</p> <p>60. Оценка надежности невосстанавливаемой системы</p> <p>61. Оценка надежности восстанавливаемой системы</p> <p>62. Оценка надежности резервированной системы</p>	ПК-15.В.1

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

#### 11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Целью дисциплины является – получение студентами необходимых знаний, умений и навыков в области технологического обеспечения надежности, создание поддерживающей образовательной среды преподавания, показывающей взаимосвязь дисциплин учебного плана с надежностью создаваемых узлов, приборов и систем, предоставление возможности студентам развить и продемонстрировать навыки в области создания высокоэффективных приборных систем, реализующих системный подход к обеспечению качества, учитывающий достижения различных дисциплин и носящих междисциплинарный характер.

##### 11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:



- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

#### 11.2. Методические указания для обучающихся по участию в семинарах

Основной целью для обучающегося является систематизация и обобщение знаний по изучаемой теме, разделу, формирование умения работать с дополнительными источниками информации, сопоставлять и сравнивать точки зрения, конспектировать прочитанное, высказывать свою точку зрения и т.п. В соответствии с ведущей дидактической целью содержанием семинарских занятий являются узловое, наиболее трудные для понимания и усвоения темы, разделы дисциплины. Спецификой данной формы занятий является совместная работа преподавателя и обучающегося над решением поставленной проблемы, а поиск верного ответа строится на основе чередования индивидуальной и коллективной деятельности.

При подготовке к семинарскому занятию по теме прослушанной лекции необходимо ознакомиться с планом его проведения, с литературой и научными публикациями по теме семинара.

##### Требования к проведению семинаров

[http://guap.ru/k23/study\\_meth](http://guap.ru/k23/study_meth)

Теоретические основы надежности электронной аппаратуры. Сборник задач: учебное пособие/ В.П. Ларин, Д. К. Шелест, С.И. Артамонов, А.Е.Новиков - СПб.: ГУАП, 2012.- 131с.

<http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/651/47651/23609>

#### 11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающимся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимся практических занятий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;

- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

#### Требования к проведению практических занятий

Методические указания к проведению практических занятий имеются в изданном виде, в виде электронных ресурсов информационной системы<sup>23</sup> и библиотеки ГУАП.

[http://guap.ru/k23/study\\_meth](http://guap.ru/k23/study_meth)

1. Теоретические основы надежности электронной аппаратуры. Сборник задач: учебное пособие/ В.П. Ларин, Д. К. Шелест, С.И. Артамонов, А.Е.Новиков - СПб.: ГУАП, 2012.- 131с.

2. Ларин В.П., Шелест Д.К.и др. Лабораторный практикум по теории надежности приборов и электронных средств / Учеб. пособие. 2011. [*Электронный ресурс*], *Инф. Система кафедры 23*.

3. Методические рекомендации по организации, выполнению и оценке научно-исследовательской работы магистрантов/ составитель: проф. В.П. Ларин. СПб. ГУАП. 2010.-16с.

4. Ларин В.П. Выпускные квалификационные работы магистров. Методические указания и рекомендации по подготовке.- СПб. ГУАП. 2011.- 42с.

11.4. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

#### Задание и требования к проведению лабораторных работ

[http://guap.ru/guap/standart/blank\\_main.shtml](http://guap.ru/guap/standart/blank_main.shtml)

[http://guap.ru/guap/standart/titl\\_main.shtml](http://guap.ru/guap/standart/titl_main.shtml)

[http://guap.ru/guap/standart/prav\\_main.shtml](http://guap.ru/guap/standart/prav_main.shtml)

#### Структура и форма отчета о лабораторной работе

Титульный лист отчета о лабораторной работе оформляется в соответствии с [http://guap.ru/guap/standart/titl\\_main.shtml](http://guap.ru/guap/standart/titl_main.shtml).

Изложение текста и оформление работ следует выполнять в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32 – 2001.

#### Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

[http://guap.ru/guap/standart/titl\\_main.shtml](http://guap.ru/guap/standart/titl_main.shtml)  
[http://guap.ru/guap/standart/prav\\_main.shtml](http://guap.ru/guap/standart/prav_main.shtml)

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению курсового проектирования/выполнения курсовой работы  
Учебным планом не предусмотрено

11.6. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

– учебно-методический материал по дисциплине;

[http://guap.ru/guap/kaf23old35/um3\\_main.shtml](http://guap.ru/guap/kaf23old35/um3_main.shtml)

Методические рекомендации по организации, выполнению и оценке научно-исследовательской работы магистрантов/ составитель: проф. В.П. Ларин. СПб. ГУАП. 2010.-16с.

11.7. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

11.8. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

– зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся в ходе изучения учебной дисциплины в целом или промежуточная (по окончании семестра) оценка знаний обучающимся по отдельным разделам дисциплины с аттестационной оценкой «зачтено» или «не зачтено».

Система оценок при проведении промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программы высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

[http://guap.ru/guap/kaf23old35/um2\\_main.shtml](http://guap.ru/guap/kaf23old35/um2_main.shtml)

Ларин В.П. Выпускные квалификационные работы магистров. Методические указания и рекомендации по подготовке.-СПб. ГУАП. 2011. - 42с.

*Инф. система каф. 23\_Шелест\_О\_ТОНЭ\_Конспект к ПЗ*

Инф. система каф. 23\_Шелест\_О\_ТОНЭ\_МУ по ЛР  
Инф. система каф. 23\_Шелест\_О\_ТОНЭ\_МУ по СРС

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой
30.08.2023	Изменения не вносились		