



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
Программа дисциплины «Моделирование и обеспечение надежности РЭС» для направления
09.04.01 «Информатика и вычислительная техника» подготовки магистра

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
"Национальный исследовательский университет
"Высшая школа экономики"**

Московский институт электроники и математики им. А.Н. Тихонова
Департамент компьютерной инженерии

**Рабочая программа дисциплины
«Моделирование и обеспечение надежности РЭС»**

для образовательной программы «Компьютерные системы и сети»
направления подготовки 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»
уровень магистр

Разработчик программы:
Полесский С.Н., к.т.н., доцент, spolesky@hse.ru

Согласована техническим специалистом департамента С.В.Москвиной

Одобрена на заседании Департамента компьютерной инженерии «31» августа 2017 г.
Руководитель департамента В.А. Старых _____

Утверждена Академическим советом образовательной программы
«31» августа 2017 г., протокол №15.

Академический руководитель образовательной программы
А.В. Вишнеков _____

Москва, 2017

Настоящая программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения кафедры-разработчика программы.



1 Область применения и нормативные ссылки

Настоящая программа учебной дисциплины устанавливает минимальные требования к знаниям и умениям студента и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа предназначена для преподавателей, ведущих данную дисциплину, учебных ассистентов и студентов направления подготовки 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника», обучающихся по магистерской программе «Компьютерные системы и сети» специализация «Системы моделирования в технике», изучающих дисциплину «Моделирование и обеспечение надежности РЭС».

Программа разработана в соответствии с:

- ФГОС ВПО по направлению подготовки 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника» уровень магистратуры;
- Рабочим учебным планом университета по направлению подготовки 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника» магистерской программе «Компьютерные системы и сети», утвержденным в 2017 г.

2 Цели освоения дисциплины

Дисциплина «Моделирование и обеспечение надежности РЭС» относится к естественно-научному циклу и имеет своей целью изучение вопросов, связанных с моделированием надежности радиоэлектронных средств, организацией и проведением испытаний на надежность, методами обеспечения надежности.

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать

- современные подходы к оценке качества; историю становления менеджмента надежности;
- пути обеспечения надежности на этапах разработки, производства и эксплуатации изделий - петля качества;
- стандартные модели управления надежностью по ГОСТ Р 27.XXX;
- развитие систем менеджмента качества в соответствии с международными стандартами ИСО-9000;



- цели, задачи и функции системы управления надежностью; учёт и анализ затрат на надежность и определение их эффективности;
- виды, операции и алгоритмы контроля надежности;
- виды и содержание испытаний;
- основные понятия и количественные показатели надежности радиоэлектронных средств;
- факторы, влияющие на надежность;
- основные вопросы эксплуатационной надежности;
- методику научно-исследовательской деятельности в области обеспечения надежности;
- методы исследования надежности технических и программных средств;
- методы и средства компьютерного моделирования отказов элементов, узлов и устройств радиоэлектронных средств;
- информационные и телекоммуникационные технологии и их применение в задачах обеспечения надежности;
- постановления, распоряжения, приказы, методические и нормативные материалы в сфере надежности;
- специальную научно-техническую и патентную литературу по методам и средствам обеспечения надежности;
- информационные технологии в научных исследованиях и отечественные и зарубежные программные продукты расчета показателей надежности и обработки статистических данных;
- методы исследования и проведение испытаний на надежность;
- методы анализа и обработки статистических данных;
- математические модели надежности исследуемых объектов;
- действующие стандарты, положения и методические указания в сфере обеспечения надежности, программ испытаний на надежность, оформления конструкторской документации.

Уметь

- применять на практике основные инструменты контроля надежности и устанавливать их последовательность в зависимости от поставленной цели;
- разрабатывать структурную схему автоматизированной системы управления надежностью на различных иерархических уровнях их проектирования;



- применять современные организационно-экономические методы стимулирования и управления надежностью;
- ориентироваться в надежности современных радиоэлектронных средств;
- эффективно применять типовые программные средства, ориентированные на решение задач расчета надежности и статистической обработки результатов испытаний;
- формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-исследовательской и педагогической деятельности, требующие углубленных профессиональных знаний;
- выбирать необходимые методы исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые методы обеспечения надежности, исходя из особенностей конкретного исследования;
- обрабатывать полученные результаты, анализировать и осмысливать их, с учетом имеющихся литературных данных;
- вести библиографическую работу с привлечением современных информационных технологий; представлять итоги проделанной работы в виде отчетов, рефератов, статей, оформленных в соответствии с имеющимися требованиями, с привлечением современных средств редактирования и печати.

Иметь навыки (приобрести опыт)

- практическое освоение инструментальных средств информационных технологий, как основы CALS-технологий в области надежность-ориентированного проектирования;
- применение методов организация и проведения испытаний на надежность.
- основными принципами менеджмента надежности по ГОСТ Р 27.XXX;
- методикой и математико-статистическим аппаратом для выявления существенных факторов, влияющих на характеристики надежности проектируемых систем;
- оценка групп показателей надежности по применению изделия;
- прогнозирование показателей надежности проектируемых систем.

Дисциплина «Моделирование и обеспечение надежности РЭС» способствует формированию у студентов следующих компетенций:

Компетенция	Код по ФГОС/НИУ	Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата)	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции
Способен к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению науч-	ОК-3	Демонстрирует способность самостоятельного поиска, анализа информации по темам, выносимым на самостоятельное	Самостоятельная работа студента



Компетенция	Код по ФГОС/НИУ	Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата)	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции
ного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности		изучение	
Способен самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности	ОК-7	Использование самостоятельно информационных технологий и практической деятельности при выполнении самостоятельной работы по тематике дисциплины	Самостоятельная работа студента
Знание методов оптимизации и умение применять их при решении задач профессиональной деятельности	ПК-3	Демонстрирует способность самостоятельной применять методы оптимизации при решении проектных задач в профессиональной деятельности	Лекции, практические занятия, самостоятельная работа студента
Способность формировать технические задания и участвовать в разработке аппаратных и (или) программных средств вычислительной техники	ПК-11	Демонстрирует способность самостоятельной постановки задачи, составления ТЗ для дальнейшей реализации проекта	Лекции, практические занятия, самостоятельная работа студента
Способен выбирать методы и разрабатывать алгоритмы решения задач управления и проектирования объектов автоматизации	ПК-12	Формализует проблему как оптимизационную задачу, выбирает метод ее решения, интерпретирует и анализирует результат	Лекции, практические занятия, самостоятельная работа студента

4 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Настоящая дисциплина входит в вариативную часть дисциплин образовательной программы подготовки студентов по направлению 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника» магистерской программы «Компьютерные системы и сети» специализации «Системы моделирования в технике».

Изучение данной дисциплины базируется на следующих дисциплинах:

- Математический анализ, Дифференциальные уравнения, Алгебра и геометрия, Программирование, Схемотехника, Теория вероятности и математической статистики, Компьютерная и



инженерная графика, Автоматизация проектных работ, Системы схемотехнического моделирования, Системный анализ и проектирования сложных систем.

Для освоения учебной дисциплины, студенты должны владеть следующими знаниями и компетенциями:

- знать основные понятия и методы указанных дисциплин;
- уметь логически правильно выстраивать рассуждения;
- владеть навыками программирования;
- основные понятия математического моделирования;
- классификация математических моделей;
- основы системного подхода в проектировании технических средств;
- основные принципы математического моделирования разнородных физических процессов;
- основные программы компьютерного математического моделирования.

Основные положения дисциплины должны быть использованы в дальнейшем при изучении следующих дисциплин:

- Проектирование технических систем, Моделирование физических процессов в технических системах, Научно-исследовательская практика и Научно-исследовательская работа.

5 Тематический план учебной дисциплины

№	Название раздела	Всего часов	Аудиторные часы			Самостоятельная работа
			Лекции	Семинары	Практические занятия	
1	Понятие надежности. Количественные показатели надежности радиоэлектронных средств	42	6		6	30
2	Математические методы в теории надежности. Методы расчета надежности восстанавливаемых и восстанавливаемых объектов	52	6		6	40
3	Расчет надежности радиоэлектронных средств. Обеспечение надежности при проектировании и производстве	52	6		6	40
4	Оценка показателей надежности объектов по экспериментальным испытаниям. Основные вопросы эксплуатационной надежности	44	6		6	32
	Итого	190	24		24	142



6 Формы контроля знаний студентов

Тип контроля	Форма контроля	1 год				Параметры **
		1	2	3	4	
Текущий (неделя)	Доклад на практическом занятии	*	*			Презентация, 10-15 слайдов. Электронная форма.
Промежуточный	Экзамен	*				Устный экзамен: сдача календарного плана, промежуточный анализ выбранной темы самостоятельной работы
Итоговый	Экзамен		*			Устный экзамен: аналитическое заключение по самостоятельной работе, презентация работы, дополнительно 2 вопроса в билете

7 Критерии оценки знаний, навыков

На лекционных и практических занятиях студент должен проявить способность отбирать и разрабатывать методы исследования объектов профессиональной деятельности на основе общих тенденций развития проектных работ в области обеспечения надежности, а также использование современных технических и программных средств. При подготовке докладов, презентаций и рефератов студент должен продемонстрировать способность к самостоятельному обучению новым методам исследования и способность к формализации в своей предметной области с учетом ограниченных используемых методов исследования.

При выполнении самостоятельной проектной работы по теме студент должен показать способность к проектной деятельности в профессиональной сфере на основе информационных технологий с использованием CALS-технологий, умение использовать автоматизированные системы для расчета надежности технических систем, осуществлять качественный и количественный анализ проектов с использованием прикладных программ. В соответствии с задачей, поставленной в теме работы студент должен показать умение формировать техническое задание и способность руководить вопросами проектных исследования надежности.

Оценки по всем формам текущего контроля выставляются по 10-ти балльной шкале.



8 Содержание дисциплины

Раздел 1. Понятие надежности. Количественные показатели надежности радиоэлектронных средств

Тема 1. Понятие надежности.

Общие вопросы надежности и качества. Особенность изучения курса. Современные организационно-экономические методы управления надежностью.

(6 ч. практических занятий)

Самостоятельная работа (15 ч.)

Литература: [1, 3].

Тема 2. Количественные показатели надежности радиоэлектронных средств.

Надежность, как научная дисциплина. Содержание и структура дисциплины. Основные определения теории надежности. Классификация отказов. Количественные показатели надежности систем. Показатели надежности восстанавливаемых и невосстанавливаемых систем. Принципы описания надежности производственных систем. Исходные данные при расчете надежности.

(6 ч. практических занятий)

Самостоятельная работа (15 ч.)

Литература: [1, 5].

Раздел 2. Математические методы в теории надежности. Методы расчета надежности невосстанавливаемых и восстанавливаемых объектов

Тема 1. Математические методы в теории надежности

Основные законы распределения. Поток случайных событий и их математическое описание. Марковские процессы, дискретные в пространстве и во времени. Матрицы переходных вероятностей. Марковские цепи. Вероятностное моделирование в задачах оценки надежности проектируемых объектов. Общий алгоритм моделирования надежности и область его применения. Решение задач надежности с использованием моделей теории массового обслуживания.

(6 ч. практических занятий)

Самостоятельная работа (20 ч.)

Литература: [1, 4, 5].

Тема 2. Методы расчета надежности невосстанавливаемых и восстанавливаемых объектов



Методы расчета надежности проектируемых объектов с дискретным состоянием. Расчет при параллельно-последовательном соединении элементов. Виды резервирования объектов: активное и пассивное резервирование; общее и раздельное резервирование; резервирование с целой и дробной кратностью; резервирование с учетом обрыва и короткого замыкания. Метод путей и сечения. Виды избыточности. Задача оптимального резервирования и методы её решения. Методы расчета и оценки оптимальных комплектов ЗИП

(6 ч. практических занятий)

Самостоятельная работа (20 ч.)

Литература: [1, 4, 5].

Раздел 3. Расчет надежности радиоэлектронных средств. Обеспечение надежности при проектировании и производстве

Тема 1. Расчет надежности радиоэлектронных средств

Методы расчета надежности нерезервированных систем при внезапных отказах и пуассоновских потоках отказов и восстановлений. Особенности резервирования восстанавливаемых объектов. Резервирование с учетом восстановления ненагруженного, нагруженного и облегченного режимов. Анализ надежности функционирования технических систем с учетом выполнения заданных функций. Особенности надежности характеристик ЭВМ и вычислительных комплексов. Оценка надежности сетей. Информационная и программная надежность.

(6 ч. практических занятий)

Самостоятельная работа (20 ч.)

Литература: [1, 2, 5].

Тема 2. Обеспечение надежности при проектировании и производстве

Модели надежности программного обеспечения (модель Шумана, модель Нельсона и др.) и методы расчета программных средств. Роль программы обеспечения надежности при проектировании и производстве.

(6 ч. практических занятий)

Самостоятельная работа (20 ч.)

Литература: [1, 2, 5].



Раздел 4. Оценка показателей надежности объектов по экспериментальным испытаниям. Основные вопросы эксплуатационной надежности

Тема 1. Оценка показателей надежности объектов по экспериментальным испытаниям

Параметрические методы расчета надежности передачи информации в автоматизированных системах. Выбросы случайных функций. Пути получения экспериментальных данных об отказах. Значение и виды испытаний на надежность. Построение экспериментальных зависимостей. Выбор типа теоретического распределения наработки на отказ. Оценка параметров теоретических распределений наработки на отказ.

(6 ч. практических занятий)

Самостоятельная работа (16 ч.)

Литература: [3, 4, 8].

Тема 2. Основные вопросы эксплуатационной надежности

Средства обеспечения надежности вычислительных сетей в период эксплуатации. Влияние технического обслуживания на надежность. Обеспечение систем ЗИП. Распределение норм надежности объектов по элементам. Мероприятия по повышению надежности объектов при их проектировании и изготовлении. Формирование требований к надежности вычислительных сетей. Служба надежности. Программа обеспечения надежности. Выбор метода подтверждения выполнения норм надежности.

(6 ч. практических занятий)

Самостоятельная работа (16 ч.)

Литература: [3, 4, 10].

9 Образовательные технологии

Занятия по курсу проходят в форме практических занятий. На практических занятиях преподаватель демонстрирует методы решения задач, а также разбираются некоторые примеры реальных объектов исследований, которые вызывают интерес у студентов, а также рассматриваются реальные объекты для расчета с предприятий. Кроме того, со студентами прорабатываются их темы их самостоятельной работы, а также вопросы, которые возникают в процессе выполнения у студентов при самостоятельном решении. Для достижения хороших результатов при изучении дисциплины студентам необходимо самостоятельно дома решать задания, выданные преподавателем, а также разбирать материалы практических занятий или соответствующие темы в рекомендованных учебни-



ках. Отдельные темы предлагаются студентам для самостоятельного изучения. На занятиях затем студенты выступают с сообщениями по заданной теме.

10 Оценочные средства для текущего контроля и аттестации студента

10.1 Тематика заданий текущего контроля (типовые темы самостоятельной работы)

1. Обеспечение надежности электронного функционального узла радиоэлектронного средства с применением методов математического моделирования.
2. Расчет надежности невосстанавливаемых объектов;
3. Расчет надежности восстанавливаемых объектов;
4. Особенности расчета надежностных характеристик ЭВМ и систем;
5. Исследование надежности программных средств.

10.2 Вопросы для оценки качества освоения дисциплины

Примерный перечень вопросов к экзамену:

1. Основные понятия надежности радиоэлектронных средств.
2. Показатели надежности радиоэлектронных средств.
3. Модели распределений, используемых в теории надежности.
4. Математические зависимости для оценки надежности.
5. Функциональные зависимости надежности.
6. Теорема сложения вероятностей.
7. Теорема умножения вероятностей.
8. Формула полной вероятности.
9. Причины потери работоспособности технического объекта.
10. Источники и причины изменения начальных параметров технической системы.
11. Процессы, снижающие работоспособность системы.
12. Законы состояния.
13. Законы старения.
14. Множественные отказы.
15. Показатели надежности невосстанавливаемого элемента.
16. Показатели надежности восстанавливаемого элемента.
17. Показатели надежности системы, состоящей из независимых элементов.
18. Выбор и обоснование показателей надежности технических систем.
19. Распределение нормируемых показателей надежности.
20. Расчет показателей надежности радиоэлектронных средств.



21. Структурная схема надежности системы с последовательным соединением элементов.
22. Структурные схемы надежности систем с параллельным соединением элементов.
23. Структурные схемы надежности систем с другими видами соединения элементов.
24. Проектный расчет надежности радиоэлектронных средств.
25. Применение теории надежности для оценки безопасности технических систем.
26. Показатели надежности при оценке безопасности систем «человек – машина» (СЧМ).
27. Логико-графические методы анализа надежности.
28. Определения и символы, используемые при построении дерева.
29. Построение дерева отказов.
30. Преимущества и недостатки метода дерева отказов.
31. Методы обеспечения надежности сложных систем.
32. Модули и методы расчета программного обеспечения.

11 Порядок формирования оценок по дисциплине

Преподаватель оценивает работу студентов на лекционных и практических занятиях, а также выполнении самостоятельной работы в рамках выбранной темы по подготовке к каждому занятию. На оценку текущего контроля (за практическую работу) влияет:

- правильность выполнения работы;
- грамотность, аккуратность, понятность и последовательность изложения материала в отчетах по выполнению практических работ;
- знание базовых определений и терминов.

Оценки за работу на практических занятиях преподаватель выставляет в рабочую ведомость. Накопленная оценка $O_{накопленная}$ определяется по 10-ти бальной шкале по результатам текущего контроля (практические занятия) перед итоговым контролем и объявляется на последнем практическом занятии.

Накопленная оценка за текущий контроль учитывает результаты студента по текущему контролю следующим образом:

$$O_{накопленная} = 0,333 * O_{текущий} + 0,333 * O_{ауд} + 0,333 * O_{сам.работа}$$

где $O_{текущий}$ рассчитывается как взвешенная сумма всех форм текущего контроля,

предусмотренных в РУП.

$$O_{текущий} = 0,5O_{реф} + 0,5O_{дз} ;$$



Результатирующая оценка за дисциплину рассчитывается следующим образом (дисциплина преподается 2 модуля):

$$O_{\text{промежуточная } i} = 0,5 \cdot O_{\text{текущая } i \text{ этапа}} + 0,5 \cdot O_{\text{промежуточный зачет}}$$

где $O_{\text{текущая } i \text{ этапа}}$ рассчитывается по приведенной выше формуле.

Итоговая оценка по дисциплине оценивается по следующей формуле:

$$O_{\text{накопленная итоговая}} = (O_{\text{промежуточная } 1} + O_{\text{промежуточная } 2}) : \text{на } 2 \text{ модуля}$$

где $O_{\text{промежуточная } 1} + O_{\text{промежуточная } 2}$ – промежуточные оценки этапа 1, а $O_{\text{накопленная } 2}$ – накопленная оценка последнего этапа перед итоговым зачетом.

Способ округления результирующей оценки по учебной дисциплине – арифметический.

На экзамене студент может получить дополнительный вопрос (дополнительную практическую задачу), правильный ответ на который оценивается в 1 балл.

12 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1 Основная литература

1. Острейковский В.А. Теория надежности: Учебник для вузов. 2-е изд. - М.: Высшая школа, 2008. - 464 с.
2. Жаднов В.В., Сарафанов А.В. Управление качеством при проектировании теплонагруженных радиоэлектронных средств: Учебное пособие. - М.: Изд-во «Солон-Пресс», 2012. - 464 с.
3. Черкесов Г.Н. Оценка надежности систем с учетом ЗИП: Учебное пособие. - СПб: Изд-во «БХВ-Петербург», 2012. - 480 с.
4. Ямпурин Н.П. Баранова А.В. Основы надежности электронных средств: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. / под ред. Н.П. Ямпурин. - М.: Издательский центр «Академия», 2010. - 240 с.
5. Ушаков И.А. Курс теории надежности систем: Учебное пособие для вузов. - М.: Дрофа, 2008. - 239 с.
6. Каштанов В.А., Медведев А.И. Теория надежности сложных систем. - М.: Физматлит, 2010. - 608 с.
7. Абрамешин А.Е., Жаднов В.В., Полесский С.Н. Информационная технология обеспечения надежности электронных средств наземно-космических систем: научное издание. / Отв. ред. В.В. Жаднов. - Екатеринбург: Изд-во «Форт Диалог-Исеть», 2012. - 565 с.
8. Ястребенский Т.А., Иванова Г.М. Надежность автоматизированных систем управления технологическими процессами. –М.: Энергоиздат, 1989, 264 с.



9. Дружинин Г.В. Надежность автоматизированных производственных систем. –М.: Энергоиздат, 1986, 480 с.
10. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Прикладные задачи теории вероятностей. –М.: Радио и связь, 1983, 415 с.
11. Погребальный С.Б., Стрельников В.П. Проектирование и надежность многопроцессорных ЭВМ. –М.: Радио и связь, 1988, 165 с.
12. Каштанов В.А., Медведев А.И. Теория надежности сложных систем. –М.: Европейский центр по качеству, 2002.
13. Жаднов В. В., Кулыгин В. Н., Лушпа И. Л., Полесский С. Н. Надежность технических средств. Учебно-методическое пособие (практикум). М. : РадиоСофт, 2015.
14. Юрков Н. К., Затылкин А. В., Полесский С. Н., Иванов И. А., Лысенко А. В. Основы теории надежности электронных средств. Пенза : Издательство ПГУ, 2012.

12.2 Дополнительная литература

1. Полесский С., Жаднов В. Обеспечение надежности НКПТС. - LAMBERT Academic Publishing, 2011. - 280 p.
2. Шалумов А.С., Кофанов Ю.Н., Жаднов В.В. Автоматизированная система АСОНИКА для проектирования высоконадежных радиоэлектронных средств на принципах CALS-технологий. т. 1. / Под ред. Ю.Н. Кофанова, Н.В. Малютина, А.С. Шалумова. - М.: Энергоатомиздат, 2007. - 538 с.
3. Жаднов В.В., Кофанов Ю.Н., Малютин Н.В. Автоматизация проектных исследований надёжности радиоэлектронной аппаратуры: Научное издание. - М.: Радио и связь, 2003. - 156 с.
4. Власов Е.П., Жаднов В.В., Жаднов И.В. Расчёт надёжности компьютерных систем: Учебное издание - Киев: Изд-во «Корнійчук», 2003. - 187 с.
5. Надежность ЭРИ: Справочник. - М.: МО РФ, 2006.
6. MIL-HDBK-217F. Reliability prediction of electronic equipment.
7. ГОСТ 24.701-86 Единая система стандартов АСУ. Надежность АСУ. Основные положения.
8. Надежность автоматизированных систем. Под.ред. Я.А. Хетагурова. –М.: Высшая школа, 1979, 268 с.
9. Глазунов Л.П., Грабовецкий В.П., Щербаков О.В. Основы теории надежности автоматизированных систем управления. –М.: Энергоиздат, 1984, 268 с.
10. Голинкевич Т.А. Прикладная теория надежности. –М.: Высшая школа, 1985, 168 с.
11. MIL-HDBK-338B. Electronic reliability design handbook, 1988, 680 p.



12. Жаднов В.В. Расчет надежности электронных модулей: Научное издание. - М.: «Солон-Пресс», 2016. - 232 с. (серия «Библиотека студента»)

12.3 Программные средства

Для успешного освоения дисциплины, студент использует следующие программные средства:

- Программный комплекс АСОНИКА-К (<http://www.asonika-k.ru>);
- RAM Commander (демо-версия, www.alddservice.com);
- WindChill Quality Solutions (relex) (демо-версия <http://pts-russia.com/products/windchill-quality-solutions/relex-windchill-quality.html>);
- MS Office (Word, Excel, Visio);
- MathCad 14 (www.ptc.com).

12.4 Дистанционная поддержка дисциплины

Домашние задания отправляются студентам по e-mail или выдается на практических занятиях. Выполненные задания студенты отправляют преподавателю, он осуществляет их предварительную проверку. Доступны электронные версии некоторых пособий (список литературы).

13 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Практические занятия проводятся в дисплейном классе на РС-совместимых персональных компьютерах с установленным лицензионным и свободно-распространяемым программным обеспечением для осуществления решения текущих задач по дисциплине. Для проведения лекций и практических занятий используется проектор